

Klinika Rehabilitacji
Instytut „Pomnik – Centrum Zdrowia Dziecka”

Mgr Anna Boryczka-Trefler

**PORÓWNANIE SKUTECZNOŚCI LECZENIA STÓP PŁASKO-KOŚLAWYCH U
DZIECI DWIEMIAMETODAMI: LECZONYCH METODĄ KLASYCZNAĄ LUB
MANUALNĄ TERAPIĄ TRÓJPLASZCZYZNOWĄ WG. B. ZUKUNFT-HUBER, PT**

Rozprawa doktorska w oparciu o cykl publikacji naukowych
w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu

Promotor: Prof. dr hab. n. med. Małgorzata Syczewska

Podziękowania

Chciałbym wyrazić moje najgłębsze i serdeczne podziękowania za nieocenione wsparcie oraz przewodnictwo, które udzieliła mi pani promotor **prof. dr hab. n. med. Małgorzata Syczewska** w trakcie mojej pracy doktoranckiej. Zaangażowanie, cenne rady, oraz przykład etyki pracownika naukowego pani Profesor były dla mnie niezmiernie inspirujące i wyjątkowo wartościowe. To właśnie dzięki wyjątkowej wiedzy, doświadczeniu i profesjonalizmowi mojej promotor udało mi się osiągnąć ten znaczący etap w karierze naukowej.

Chciałbym również serdecznie podziękować wszystkim **współautorom** za nieoceniony wkład i zaangażowanie w proces tworzenia pracy naukowej. Ich wiedza i pomysły stanowiły istotny wkład w jej treść.

Słowa wdzięczności kieruję również do mojej mentorki **dr Jolanty Stępowskiej** za nieocenioną pomoc i wsparcie, które otrzymałam podczas wspólnej drogi. Mądrość, doświadczenie i zaangażowanie dr Stępowskiej były dla mnie niezastąpione.

Wykaz publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej:

- 1) **Anna Boryczka-Trefler**, M.Kalinowska, E.Szczerbik, J.Stępowska, A.Łukaszewska, M.Syczewska How to define paediatric flatfoot. Comparison of 2 methods: foot posture in static and dynamic conditions in children 5 to 9 years old. *Foot & Ankle Specialist*, 2023; 16: 43-49,70 pkt
- 2) **Anna Boryczka-Trefler**, M.Kalinowska, E.Szczerbik, J.Stępowska, A.Łukaszewska, M.Syczewska Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9. *Diagnostics* 2022, 12, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>, Impact Factor 3.600, 70 pkt
- 3) **Anna Boryczka-Trefler**, M.Kalinowska, E.Szczerbik, J.Stępowska, A.Łukaszewska, M.Syczewska Comparison of 2 conservative treatment approaches for the flat foot in children aged 5 to 10: Foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy. *Clinical Pediatrics*, 2023, on-line first, published 11.05.2023 <https://doi.org/10.1177/00099228231172480>. Impact Factor 1,5, 70 pkt
- 4) **Anna Boryczka-Trefler**, M.Kalinowska, E.Szczerbik, J.Stępowska, A.Łukaszewska, M.Syczewska Changes of the gait induced by two different conservative methods applied to correct flexible flat feet in children 5 to 9 years old: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy. *Biomedical Human Kinetics*, 2023, zaakceptowany do druku, Impact Factor 0,8, 140 pkt

SPIS TREŚCI

| | |
|--|----|
| Streszczenie w języku polskim..... | 6 |
| Streszczenie w języku angielskim..... | 8 |
| Słowa kluczowe..... | 10 |
| Wykaz zastosowanych skrótów..... | 11 |
| Wstęp..... | 12 |
| Cel rozprawy doktorskiej..... | 14 |
| Materiał i metody badawcze..... | 16 |
| Wyniki i dyskusja..... | 20 |
| Podsumowanie..... | 30 |
| Bibliografia..... | 34 |
| Kopie opublikowanych prac | |
| Zgoda Komisji Bioetycznej | |
| Oświadczenia autora rozprawy doktorskiej | |
| Oświadczenia współautorów | |

Streszczenie w języku polskim

Stopa płasko-koślawą jest jedną z najbardziej powszechnych wad postawy wśród dzieci. Częstość występowania korygowalnej stopy płasko-koślawej wśród dzieci szacuje się na kilka do kilkudziesięciu procent i uważa się, że różnice w częstości wynikają z różnych czynników takich jak: wiek, płeć, waga, zastosowane metody diagnostyczne, ich precyzja oraz przyjęte kryteria oceny. Dla klinicystów zajmujących się problemem wad stóp u dzieci bardzo ważne jest dysponowanie standardową, niezawodną metodą diagnostyczną w celu identyfikacji korygowalnej stopy płasko-koślawej. Tymczasem istnieje wiele różnych metod diagnostycznych, począwszy od obserwacji klinicznych i pomiarów po techniki obrazowania, badanie w obciążeniu jak i bez obciążenia, w warunkach statycznych i dynamicznych. Nadal nie ma też zgody co do tego, kiedy, czy w ogóle i jakiego rodzaju interwencję należy podjąć w przypadku stwierdzonego płaskostopia u dzieci. Obecnie dostępnych jest wiele różnych metod leczenia, które dzielimy na nieinwazyjne i chirurgiczne. Leczenie nieinwazyjne obejmuje stosowanie wkładek ortopedycznych, ortez, odpowiedniego obuwia, modyfikację obuwia, zwiększenie aktywności fizycznej, zmniejszenie masy ciała, manipulacje stawowe, zakładanie gipsów, ćwiczenia wzmacniające i rozciągające mięśnie oraz leki przeciwzapalne. Najczęściej stosowaną nieinwazyjną metodą leczenia stóp płasko-koślawych u dzieci są wkładki ortopedyczne do butów. Ostatnio coraz większą popularność zyskuje metoda leczenia deformacji stóp zwana trójwymiarową terapią manualną, opracowana przez niemiecką fizjoterapeutkę Barbarę Zukunft-Huber.

Głównym celem pracy była ocena i porównanie skuteczności dwóch zachowawczych metod leczenia korygowalnych stóp płasko-koślawych u dzieci: trójwymiarowej manualnej terapii stóp wg Barbary Zukunft-Huber wraz z bandażowaniem korekcyjnym stóp i stosowaniem indywidualnych wkładek ortopedycznych oraz wyłącznie stosowanie indywidualnych wkładek ortopedycznych. Dodatkowym celem było sprawdzenia w jaki sposób metoda diagnostyczna zastosowana do oceny stóp u dzieci wpływa na rozpoznanie stopy płasko-koślawej. Rozprawa doktorska została przygotowana w formie zbioru oryginalnych prac opublikowanych w międzynarodowych, recenzowanych czasopismach. W badaniu wzięło udział 49 dzieci (37 chłopców i 12 dziewczynek) w wieku 5-9 lat ze zdiagnozowaną korygowalną stopą płasko-koślawą. Uzyskane wyniki potwierdziły, że wybór metody diagnozującej stopę płasko-koślawą oddziałuje na wyniki badań dotyczących wpływu stopy płasko-koślawej na parametry chodu oraz że, stopy i ich funkcję powinno się oceniać w warunkach dynamicznych, podczas chodu. Potwierdziłam również, że dołączenie dodatkowej interwencji pod postacią trójwymiarowej terapii manualnej i bandaży korekcyjnych poprawi skuteczność stosowania wkładek ortopedycznych. Analizując wyniki z platformy pedobarograficznej w grupie leczonej przez rok terapią skojarzoną zaobserwowano istotne statystycznie zmiany 11 parametrów. Wszystkie zmiany były to zmiany korzystne, czyli po roku leczenia nastąpiła poprawa 11 z 29 badanych parametrów w kierunku zmniejszenia cech płaskostopia. W grupie leczonej wyłącznie za pomocą wkładek do butów, po roku leczenia zaobserwowano istotne statystycznie zmiany 7 z 29 parametrów z platformy pedobarograficznej, w tym 6 były to zmiany korzystne.

W przypadku instrumentalnej analizy chodu: po 12 miesiącach stosowania terapii nie stwierdziliśmy żadnych statystycznie istotnych zmian parametrów czasowo-przestrzennych i wartości kątowych w stawach kończyn dolnych (parametry kinematyczne).

Jeśli chodzi o parametry kinetyczne, to analizując wyniki po 12 miesiącach leczenia, zaobserwowaliśmy statystycznie istotny wzrost szczytowego momentu zgięcia podszwowego i mocy w stawie skokowym w obu grupach oraz dodatkowo statystycznie istotny wzrost szczytowego momentu zgięcia w stawie biodrowym w grupie dodatkowo leczonej technikami manualnymi i bandażowaniem korekcyjnym. Zaobserwowane zmiany szczytowych momentów i mocy w stawach były zmianami korzystnymi. Podsumowując, metoda Zukunft-Huber (łącząca techniki manualne, bandażowanie korekcyjne i wkładki) wydaje się być bardziej efektywna niż samo noszenie wkładek.

Streszczenie w języku angielskim

Flatfoot is one of the most common postural deformity among children. The estimated prevalence of flexible flatfoot in children ranges from several to several dozen percent. It is believed that differences in prevalence result from various factors such as age, gender, weight, diagnostic methods employed, their precision, and the criteria used for assessment. For clinicians dealing with children's foot deformities, having a standardized and reliable diagnostic method for identifying flexible flatfoot is of utmost importance. However, there are many different diagnostic methods available, ranging from clinical evaluations and measurements to imaging techniques, assessments with and without load, and in both static and dynamic conditions. There is also no consensus on when, if at all, and what type of intervention should be undertaken in the case of diagnosed flatfoot in children. Currently, various treatment methods are available, which can be categorized as non-invasive and surgical. Non-invasive treatments include the use of orthopedic insoles, orthoses, suitable footwear, footwear modifications, increased physical activity, weight reduction, joint manipulations, casting, strengthening and stretching exercises, and anti-inflammatory drugs. The most commonly used non-invasive treatment for flatfoot in children is orthopedic insoles. Recently, there has been a growing interest in a foot deformity treatment method known as three-dimensional manual therapy, developed by the German physiotherapist Barbara Zukunft-Huber.

The main objective of this study was to assess and compare the effectiveness of two conservative treatment methods for flexible flatfoot in children: three-dimensional manual foot therapy according to Barbara Zukunft-Huber, combined with corrective foot bandaging and the use of individual orthopedic insoles, and the sole use of individual orthopedic insoles. An additional aim was to examine how the diagnostic method employed for assessing children's feet influences the diagnosis of flatfoot. The doctoral dissertation was prepared in the form of a collection of original papers published in international, peer-reviewed journals.

The study included 49 children (37 boys and 12 girls) aged 5-9 years with a diagnosed flexible flatfoot. The results obtained confirmed, that the choice of the foot diagnostic method affects the results of studies related to the impact of flatfoot on gait parameters and that feet and their function should be assessed under dynamic conditions, during walking. I also confirmed that adding additional intervention in the form of three-dimensional manual therapy and corrective bandaging improves the effectiveness of orthopedic insole use. Analysing the results from the pedobarographic platform in the group treated for one year with combined therapy, statistically significant changes in 11 parameters were observed. All changes were positive, meaning that after a year of treatment, there was an improvement in 11 out of 29 analysed parameters, towards reducing flatfoot characteristics. In the group treated solely with shoe insoles, statistically significant changes in 7 out of 29 parameters from the pedobarographic platform were observed after one year of treatment, with 6 of these being positive changes.

Regarding instrumental gait analysis: after 12 months of treatment, no statistically significant changes were observed in the spatio-temporal and angular parameters in the lower limb joints (kinematic parameters).

As for kinetic parameters, when analysing the results after 12 months of treatment, we observed a statistically significant increase in peak plantar flexion moment and power in the ankle joint

in both groups. Additionally, there was a statistically significant increase in peak flexion moment in the hip joint in the group that received additional manual techniques and corrective bandaging. The observed changes in peak moments and power in the joints were positive changes.

In summary, the Zukunft-Huber method (combining manual techniques, corrective bandaging, and insoles) appears to be more effective than the use of insoles alone.

SŁOWA KLUCZOWE:

Stopa płasko-koślawą korygowalną, dzieci, warunki statyczne, warunki dynamiczne, parametry chodu, indywidualne wkładki ortopedyczne, trójpłaszczyznowa terapia manualna stóp

Wykaz zastosowanych skrótów

SFF – symptomatic flat foot - elastyczna stopa płasko-koślawą objawowa

ASFF – asymptomatic flat foot - elastyczna stopa płasko-koślawą bezobjawowa

FPI - Foot Print Index

AI – Arch Index – wskaźnik wysklepienia

FO – Foot Orthoses - ortezy/wkładki ortopedyczne

FZ1 - pierwszy szczyt siły reakcji podłoża pionowej

FZ2 - drugi szczyt siły reakcji podłoża pionowej

FZ3 - pierwszy szczyt siły reakcji podłoża pionowej

FX1 - boczny szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przyśrodkowo-bocznej

FX2 - przyśrodkowy szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przyśrodkowo-bocznej

FY1 - przedni szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przednio-tylnej

FY2 - tylny szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przednio-tylnej

MH1 - głowa I kości śródstopia

MH2 - głowa II kości śródstopia

MH3 - głowa III kości śródstopia

MH4 - głowa IV kości śródstopia

MH5 - głowa V kości śródstopia

WSTĘP

Stopa płasko-koślawą definiowana jest jako częściowe lub całkowite zapadnięcie się przyśrodkowego łuku podłużnego spowodowane obniżeniem się kości łódkowatej, co z kolei jest efektem niestabilności i nieprawidłowej osi stawu skokowego dolnego [1]. Towarzyszą temu następujące trójwymiarowe deformacje stawów stopy: ewersja kości piętowej, zgięcie podszwowe kości piętowej i skokowej w stosunku do kości piszczelowej, odwiedzenie i supinacja przodostopia oraz zgięcie grzbietowe stawu Choparta [2-9]. Objawy te nasilają się zwłaszcza podczas obciążania. Dzieje się tak, ponieważ podczas chodu w fazie podporu, stawy łuku przyśrodkowego pozostają odblokowane dłużej niż powinny, co prowadzi do nadmiernej pronacji tyłostopia i supinacji przodostopia [1].

Stopę płasko-koślawą u dzieci dzielimy na sztywną (niekorygowalną) i elastyczną (korygowalną). Jeśli bez obciążenia łuk stopy odbudowuje się, stopa jest definiowana jako elastyczna (korygowalna). Jeśli natomiast łuk nie odbudowuje się, stopę kwalifikujemy jako sztywną. Sztywna stopa płasko-koślawą dotyczy około 1% populacji [6, 10, 11]. Elastyczna stopa płasko-koślawą może być objawowa (SFF – symptomatic flat foot) lub bezobjawowa (ASFF – asymptomatic flat foot). Bezobjawową stopę płasko-koślawą dzielimy dalej na dwie grupy: stopę płasko-koślawą rozwojową, w której wraz z wiekiem rozwija się łuk podłużny, oraz stopę płasko-koślawą nierozwojową, której cechy morfologiczne z czasem ulegają pogorszeniu [5,12]. U dzieci z objawową stopą płasko-koślawą (SFF) występują takie symptomy jak bóle stóp, zaburzenia równowagi czy ograniczenia aktywności [2, 6, 10, 11]. Kothari oraz Lin zaobserwowali u dzieci z objawowym płaskostopem (SFF) zmniejszoną prędkość chodu [13, 8]. Lin wykazał też u dzieci z płaskostopem obniżoną sprawność kończyn dolnych w takich zadaniach fizycznych jak kucanie, stanie, stanie na palcach, chodzenie na palcach, chodzenie na piętach, stanie na jednej nodze czy podskoki [8]. Dzieci z objawowym płaskostopem (SFF) częściej skazują się na ból bioder, kolan czy pleców [14]. Uzyskują również niższe wyniki w kwestionariuszu Oxford Ankle Foot Questionnaire dla dzieci (OxAFQ_C), oceniającym jakość życia [13]. Stopa płasko-koślawą utrzymująca się w wieku dorosłym wiązana jest z bólami dolnego odcinka kręgosłupa, bólem przedniej części stawu kolanowego, zwyrodnieniem i niestabilnością stawów oraz ograniczeniami funkcjonalnymi [15, 16, 17]. Stopa płasko-koślawą jest jedną z najbardziej powszechnych wad postawy wśród dzieci [18-22]. Częstość występowania korygowalnej stopy płasko-koślawej wśród dzieci szacuje się na kilka do kilkudziesięciu procent i uważa się, że częstość ta zależy od różnych czynników takich jak: wiek, płeć, waga, zastosowane metody diagnostyczne, ich precyzja oraz przyjęte kryteria oceny [3, 22, 23]. Jest to również najczęściej zgłaszany problem przez rodziców i opiekunów, zmuszający ich do szukania profesjonalnej pomocy medycznej [10, 24-27]. Chen i in. stwierdzili, że problem płaskostopia dotyczy od 2,8% do 24,2% dzieci [4], natomiast Radzińska w swoich badaniach wykazała, że częstość występowania płaskostopia wśród dzieci wczesnoszkolnych (klasy 1-3) jest znacznie wyższa i wynosi 33% [20]. Pfeiffer w swoim badaniu ocenił 835 dzieci w wieku od 3 do 6 lat i udowodnił, że występowanie płaskostopia w tej grupie wynosi 44% [22]. Jednak patologiczną (niekorygowalną) stopę płasko-koślawą stwierdzono u mniej niż 1% badanych dzieci. W zdiagnozowaniu niekorygowalnej stopy płasko-koślawej Pfeiffer zastosował kryteria przyjęte przez Niemieckie Towarzystwo Ortopedyczne, a są to: koślawość guza piętowego $>20^\circ$ i/lub niemożność dokonania aktywnej autokorekty podczas stania na palcach.

Dla klinicystów zajmujących się problemem wad stóp u dzieci bardzo ważne jest dysponowanie standardową, niezawodną metodą diagnostyczną w celu identyfikacji korygowalnej stopy płasko-koślawej. Tymczasem istnieje wiele różnych metod diagnostycznych, począwszy od obserwacji klinicznych i pomiarów po techniki obrazowania, badanie w obciążeniu jak i bez obciążenia, w warunkach statycznych i dynamicznych. Ale wiarygodność tych metod, ich trafność i powtarzalność pozostają wciąż nieudowodnione [11, 12]. W swoim artykule przeglądowym Banwell znalazł około 20 różnych sposobów badania oraz 40 różnych definicji stopy płasko-koślawej u dzieci [25]. Tylko w niektórych z zakwalifikowanych do przeglądu artykułów porównano różne metody badań czy definicje stopy płasko-koślawej. Większość pomiarów była wykonana w warunkach statycznych, bez uwzględnienia dynamicznej funkcji stopy. Pomimo wielu badań naukowych nadal nie ma zgody co do tego, kiedy, czy w ogóle i jakiego rodzaju interwencję należy podjąć w przypadku stwierdzonego płaskostopia u dzieci. Obecnie dostępnych jest wiele różnych metod leczenia tej wady. Metody te dzielimy na nieinwazyjne i chirurgiczne. Leczenie nieinwazyjne obejmuje stosowanie wkładek ortopedycznych, ortez, odpowiedniego obuwia, modyfikację obuwia, zwiększenie aktywności fizycznej, zmniejszenie masy ciała, manipulacje stawowe, zakładanie gipsów, ćwiczenia wzmacniające i rozciągające mięśnie oraz leki przeciwzapalne [5, 6, 10, 26, 28].

Najczęściej stosowaną nieinwazyjną metodą leczenia stóp płasko-koślawych u dzieci są wkładki ortopedyczne do butów [10, 28-32]. Jednak pomimo wielu badań naukowych, wciąż brakuje przekonujących dowodów na ich skuteczność [10, 11, 26-28, 33, 34]. Najnowszy przegląd literatury naukowej dotyczącej skuteczności stosowania wkładek ortopedycznych w leczeniu stóp płasko-koślawych został opublikowany w 2020 roku przez Dars'a [10]. W swoim artykule stwierdził, że wciąż niewiele jest dowodów pozwalających na wyciągnięcie wiążących wniosków na temat skuteczności stosowania wkładek u dzieci ze stopą płasko-koślawą.

Do podobnych wniosków doszli wcześniej Choi [35], McKenzie [27] i Evans [34]. Ze względu na niejednorodność i niedociągnięcia metodologiczne przeglądanych prac naukowych, wszyscy wyżej wymienieni naukowcy nie byli w stanie wyciągnąć ostatecznych wniosków na temat skuteczności stosowania wkładek ortopedycznych. Pomimo tego, zsumowane wyniki wszystkich przeglądanych badań wskazują, że noszenie wkładek ortopedycznych może mieć pozytywny wpływ na zmniejszenie bólu oraz poprawę postawy i funkcji stopy. Pandey i in. zaobserwowali w swoim badaniu pozytywny wpływ noszenia wkładek lub zmodyfikowanego obuwia oraz zastosowanych ćwiczeń na zmniejszenie bólu, poprawę chodu oraz obniżenie wskaźnika FPI (Foot Print Index – stosunek szerokości przodostopia do śródstopia) i Valgus Index (opisującego koślawość guza piętowego) [36]. Whitford i Esterman porównując 2 grupy dzieci (noszące indywidualnie dopasowane wkładki i noszące fabrycznie gotowe wkładki) zaobserwowali po roku podobne wyniki w zakresie zmniejszenia bólu i poprawy funkcji motorycznych w obu grupach [29]. Hong-Jae Lee i in. odnotowali znaczne zmniejszenie intensywności i częstotliwości występowania bólu u dzieci noszących indywidualnie dopasowane wkładki przez 1-3 miesiące. Ponadto stwierdzono u nich poprawę równowagi [37]. Jafarnehadgero odnotował pozytywny wpływ wkładek ortopedycznych na niektóre parametry kinetyczne i kinematyczne takie jak: maksymalna ewersja stawu skokowego, maksymalna rotacja wewnętrzna w stawie skokowym, minimalny i maksymalny kąt odwiedzenia w stawie kolanowym, maksymalna rotacja wewnętrzna i zewnętrzna w stawie

kolanowym, maksymalny wyprost w stawie biodrowym, maksymalna rotacja zewnętrzna w stawie biodrowym oraz maksymalne wartości tylnych i poziomych sił reakcji podłoża [38, 39]. Zaobserwował też różny wpływ stosowania wkładek na momenty sił w stawach kończyny dominującej i niedominującej. Natomiast Kido i in. zaobserwowali, że w porównaniu ze zwykłymi wkładkami podpierającymi, wkładki terapeutyczne istotnie zmniejszyły ewersję stawu skokowo-piętowego [40].

Ostatnio coraz większą popularność wśród fizjoterapeutów w Europie zyskuje metoda leczenia deformacji stóp zwana trójwymiarową terapią manualną, opracowana przez niemiecką fizjoterapeutkę Barbarę Zukunft-Huber [41]. Terapia ta jest efektem kilkudziesięciu lat doświadczenia w pracy. Początkowo trójwymiarowa terapia manualna stóp była stosowana u niemowląt z różnymi wrodzonymi deformacjami stopy, a następnie została rozszerzona ona dla starszych dzieci z różnymi wadami stóp, w tym z płaskostopiem.

Trójwymiarowa manualna terapia stóp polega na zastosowaniu specjalnych technik manualnych przywracających prawidłowe ustawienie stawów stopy, a następnie bandażowaniu stóp dla podtrzymania efektu. Dla starszych dzieci ze stopą płasko-koślawą, oprócz specjalnych technik manualnych i bandażowania, Zukunft-Huber poleca wkładki ortopedyczne do noszenia w ciągu dnia, ze względu na trudności z noszeniem bandaży korekcyjnych w butach np. w szkole.

Ponieważ ta metoda leczenia opracowana przez B. Zukunft-Huber łączy wkładki ortopedyczne i terapię manualną z bandażowaniem korekcyjnym, głównym celem mojej rozprawy doktorskiej było porównanie skuteczności tego podejścia z leczeniem polegającym na samym tylko noszeniu wkładek, aby sprawdzić, czy dodatkowa interwencja przyniesie lepsze rezultaty w leczeniu stopy płasko-koślawej.

CEL BADAŃ

Głównym celem pracy była ocena i porównanie skuteczności dwóch zachowawczych metod leczenia korygowalnych stóp płasko-koślawych u dzieci: trójwymiarowej manualnej terapii stóp wg Barbary Zukunft-Huber wraz z bandażowaniem korekcyjnym stóp i stosowaniem indywidualnych wkładek ortopedycznych oraz wyłącznie stosowanie indywidualnych wkładek ortopedycznych. Dodatkowym celem było sprawdzenia w jaki sposób metoda diagnostyczna zastosowana do oceny stóp u dzieci wpływa na rozpoznanie stopy płasko-koślawej.

Hipotezy badawcze:

- Wybór metody diagnozującej stopę płasko-koślawą oddziałuje na wyniki badań dotyczących wpływu stopy płasko-koślawej na parametry chodu.
- Diagnostyka stopy płasko-koślawej powinna odbywać się w warunkach dynamicznych, podczas chodu.
- Zastosowanie dodatkowej interwencji pod postacią trójwymiarowej terapii manualnej i bandaży korekcyjnych w leczeniu stóp płasko-koślawych u dzieci poprawi skuteczność stosowania wkładek ortopedycznych.

Cele szczegółowe:

- Definicja korygowalnej stopy płasko-koślawej
- Porównanie wyników diagnozy stóp płasko-koślawych przeprowadzonej w warunkach statycznych i dynamicznych
- Wpływ korygowalnej stopy płasko-koślawej na kinematyczne parametry chodu w zależności od wybranej metody diagnostycznej
- Wpływ korygowalnej stopy płasko-koślawej na kinetyczne parametry chodu w zależności od wybranej metody diagnostycznej
- Wpływ korygowalnej stopy płasko-koślawej na czasowo-przestrzenne parametry chodu w zależności od wybranej metody diagnostycznej
- Porównanie wyników leczenia stóp płasko-koślawych po zastosowaniu dwóch różnych metod terapii – wyniki dotyczące parametrów kinematycznych, kinetycznych i czasowo-przestrzennych chodu, a także rozkładu nacisków na stopach podczas chodu

Rozprawa doktorska została przygotowana w formie zbioru oryginalnych prac w języku angielskim opublikowanych w międzynarodowych, recenzowanych czasopismach:

- 1) A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska, How to define paediatric flatfoot. Comparison of 2 methods: foot posture in static and dynamic conditions in children 5 to 9 years old. *Foot & Ankle Specialist*, 2023; 16: 43-49, , 70 pkt
- 2) A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska, Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9. *Diagnostics* 2022, 12, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>, Impact Factor 3.600, 70 pkt
- 3) A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska, Comparison of 2 conservative treatment approaches for the flat foot in children aged 5 to 10: Foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy. *Clinical Pediatrics*, 2023, on-line first, published 11.05.20023 <https://doi.org/10.1177/00099228231172480>. Impact Factor 1,5, 70 pkt
- 4) A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska, Changes of the gait induced by two different conservative methods applied to correct flexible flat feet in children 5 to 9 years old: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy. *Biomedical Human Kinetics*, 2023, zaakceptowany do druku, Impact Factor 0,8, 140 pkt

Łączna punktacja zbioru prac wynosi IF = 5,9 oraz MEN = 350 pkt, a we wszystkich jestem pierwszym autorem.

Zagadnienia te były również przedmiotem doniesień konferencyjnych:

1. XIII Sympozjum "Analiza ruchu - teoria i praktyka w zastosowaniach klinicznych 2018 „Porównanie wyników badania stóp dzieci w wieku 5-8 lat w warunkach statycznych i dynamicznych”

2. XVI Sympozjum "Analiza ruchu - teoria i praktyka w zastosowaniach klinicznych" 2021 „Stereotyp chodu dzieci w wieku 5 do 9 lat z płaskostopiem”
3. XVII Sympozjum "Analiza ruchu - teoria i praktyka w zastosowaniach klinicznych" 2022 „Porównanie wyników leczenia stopy płasko-koślawej u dzieci w wieku 5-9 lat dwiema metodami za pomocą pedobarografii”

MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

MATERIAŁ

W badaniu wzięło udział 49 dzieci (37 chłopców i 12 dziewczynek). Rekrutację do badania przeprowadzono w Klinice Rehabilitacji Instytutu „Pomnik - Centrum Zdrowia Dziecka” w Warszawie. Kryteria włączenia były następujące: wiek 5-9 lat i przynajmniej jedna stwierdzona podczas badania lekarskiego korygowalna stopa płasko-koślawą. Z badania wyłączono dzieci ze sztywną stopą płasko-koślawą, ze stopą płasko-koślawą będącą następstwem uszkodzenia OUN (ośrodkowego układu nerwowego), chorób nerwowo-mięśniowych, chorób genetycznych, urazu lub interwencji chirurgicznej kończyn dolnych. Charakterystykę demograficzną badanej grupy przedstawia tabela nr 1.

Tabela 1. Charakterystyka demograficzna badanej grupy

| | Liczba dzieci | Mediana | Minimum | Maksimum | Percentyl 25 | Percentyl 75 |
|------------|---------------|---------|---------|----------|--------------|--------------|
| Wzrost | 49 | 124,50 | 109,50 | 140,00 | 119.00 | 129.00 |
| Masa ciała | 49 | 24,00 | 18,70 | 39,00 | 21.0 | 28.0 |
| BMI | 49 | 16,23 | 12,61 | 21,72 | 15.11 | 17.5 |
| Wiek | 49 | 6,41 | 5,04 | 10,37 | 5.87 | 7.48 |

Na przeprowadzenie badania uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Instytutu „Pomnik - Centrum Zdrowia Dziecka” w Warszawie – nr zgody 196/KBE/2015. Zapoznano rodziców dzieci biorących udział w badaniu z jego przebiegiem oraz poinformowano o możliwości zrezygnowania z udziału w badaniu na każdym jego etapie, bez konieczności podania przyczyny. Rodzice poświadczyli formularz świadomej zgody na udział dzieci w badaniu naukowym własnoręcznym podpisem.

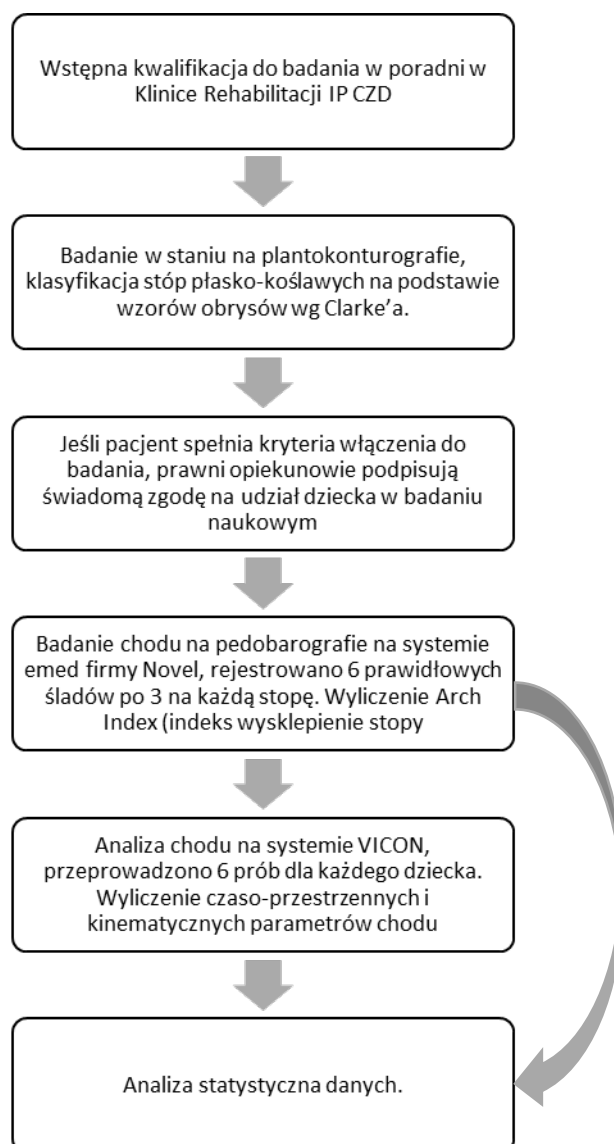
METODY BADAWCZE

Publikacja 1

A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska, How to define paediatric flatfoot. Comparison of 2 methods: foot posture in static and dynamic conditions in children 5 to 9 years old. *Foot & Ankle Specialist*, 2023; 16: 43-49, , 70 pkt, Opublikowany online 19 lutego 2021

Publikacja 2

A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska, Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9. *Diagnostics* 2022, 12, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>, Impact Factor 3.600, 70 pkt



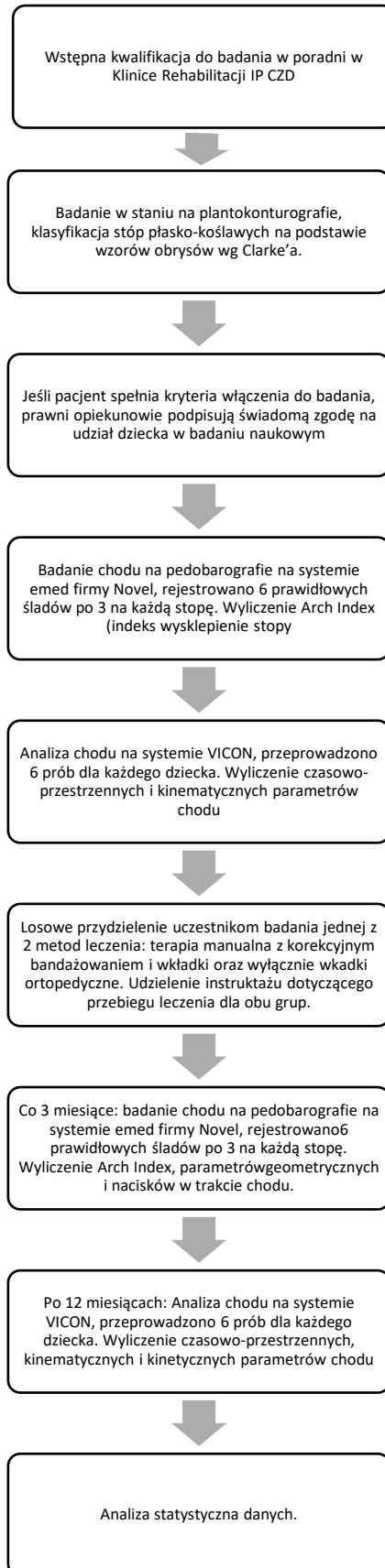
Rys. 1 Przedstawia schemat badania dotyczącego publikacji 1 i publikacji 2.

Publikacja 3

A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska, Comparison of 2 conservative treatment approaches for the flat foot in children aged 5 to 10: Foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy. *Clinical Podiatry*, 2023, on-line first, published 11.05.2023 <https://doi.org/10.1177/00099228231172480>. Impact Factor 1,5, 70 pkt

Publikacja 4

A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska, Changes of the gait induced by two different conservative methods applied to correct flexible flat feet in children 5 to 9 years old: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy. *Biomedical Human Kinetics*, 2023, zaakceptowany do druku



Rys.2 Przedstawia schemat badania dotyczącego publikacji 3 i publikacji 4.

WYNIKI I DYSKUSJA

W rozprawie doktorskiej przygotowanej jako zbiór prac uzyskane wyniki potwierdziły postawione wcześniej hipotezy badawcze. W dwóch pierwszych pracach ze zbioru, a mianowicie w:

A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska, How to define paediatric flatfoot. Comparison of 2 methods: foot posture in static and dynamic conditions in children 5 to 9 years old. *Foot & Ankle Specialist*, 2023; 16: 43-49, , 70 pkt

A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska, Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9. *Diagnostics* 2022, 12, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>, Impact Factor 3.600, 70 pkt

wyniki potwierdziły dwie pierwsze hipotezy, że wybór metody diagnozującej stopę płasko-koślawą oddziałuje na wyniki badań dotyczących wpływu stopy płasko-koślawej na parametry chodu oraz że, stopy i ich funkcję powinno się oceniać w warunkach dynamicznych podczas chodu.

Ponieważ w badaniu wg testu Wilcoxon dla par obserwacji, nie znaleziono różnic między parametrami dla stopy prawej i lewej, dane z prawej i lewej stopy zostały scalone i były one w dalszej części pracy analizowane razem. A ponieważ celem badania było porównanie 2 metod a nie grup pacjentów, stopy badano jako niezależne jednostki.

W badaniu stopę sklasyfikowano jako stopę płasko-koślawą najpierw w warunkach statycznych, na podstawie badania klinicznego i wzoru obrysów Clarke'a uzyskanych na pedografie Harris & Beath, a następnie w czasie chodu na platformie pedobarograficznej Novel, na podstawie indeksu wysklepienia (Arch Index), wyliczonego przez oprogramowanie emed.

W oparciu o badanie kliniczne i wzór obrysów Clarke'a, stopa płasko-koślawą to stopa o obniżonym lub zapadniętym łuku podłużnym z wyraźnym wybrzuszeniem poniżej kostki przyśrodkowej będącym następstwem wystającej głowy kości skokowej i jednocześnie zakwalifikowana do typu 7-10 wg wzoru obrysów Clarke'a (rys.3).



Rys. 3. Wzór obrysów wg Clarke'a

Współczynnik Arch Index (indeks wysklepienia) obliczony przez oprogramowanie emed dla stopy płaskiej jest równy lub $> 0,27$.

W statyce (w staniu), na podstawie badania klinicznego i wzoru obrysów Clarke'a do stóp płasko-koślawych zaliczono 87 stóp (typ 7 – 10) a 11 stóp (typ 6) do stóp prawidłowych. Natomiast na podstawie wartości Arch Index (indeksu wysklepienia) wyliczonego podczas chodu na platformie pedobarograficznej, 56 stóp zakwalifikowano do stóp płasko-koślawych ($AI \geq 0,27$), a 42 stopy do stóp prawidłowych ($AI < 0,27$). Porównując oba badania, okazało się, że 35 stóp sklasyfikowanych na podstawie badania klinicznego i obrysów Clarke'a jako stopy płasko-koślawe, wg AI wyliczonego w czasie chodu, były prawidłowe, a 4 stopy sklasyfikowane wg obrysów Clarke'a jako prawidłowe, wg AI zostały sklasyfikowane jako płasko-koślawe. (Tab.2)

Tabela 2. Podsumowanie liczby stóp sklasyfikowanych jako płaskie na podstawie indeksu wysklepienia z emed (Arch Index) oraz wzoru obrysów stóp wg Clarke'a.

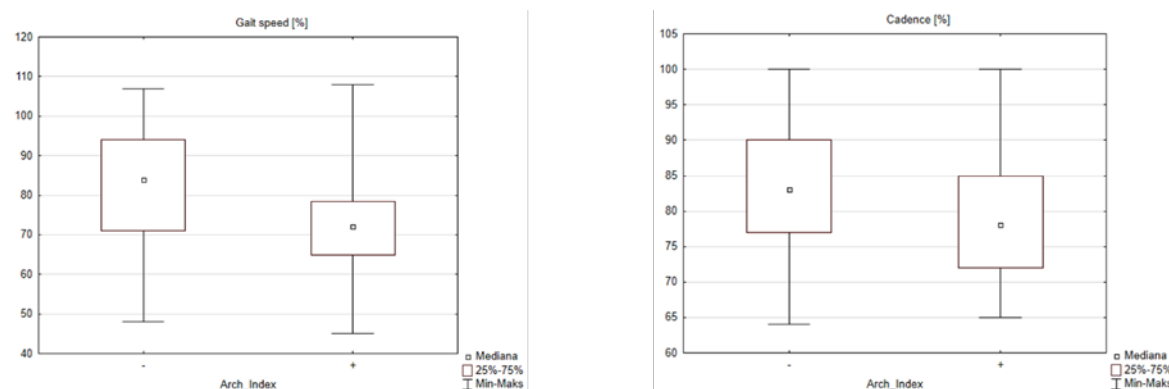
| | Ocena na podst. wzoru obrysów wg Clarke'a – stopa prawidłowa | Ocena na podst. wzoru obrysów wg Clarke'a – stopa płasko-kośława | Razem |
|--|--|--|-------|
| Ocena na podst. emed (AI) – stopa prawidłowa | 7 | 35 | 42 |
| Ocena na podst. emed (AI) – stopa płasko-kośława | 4 | 52 | 56 |

| | | | |
|-------|----|----|----|
| | | | |
| Razem | 11 | 87 | 98 |

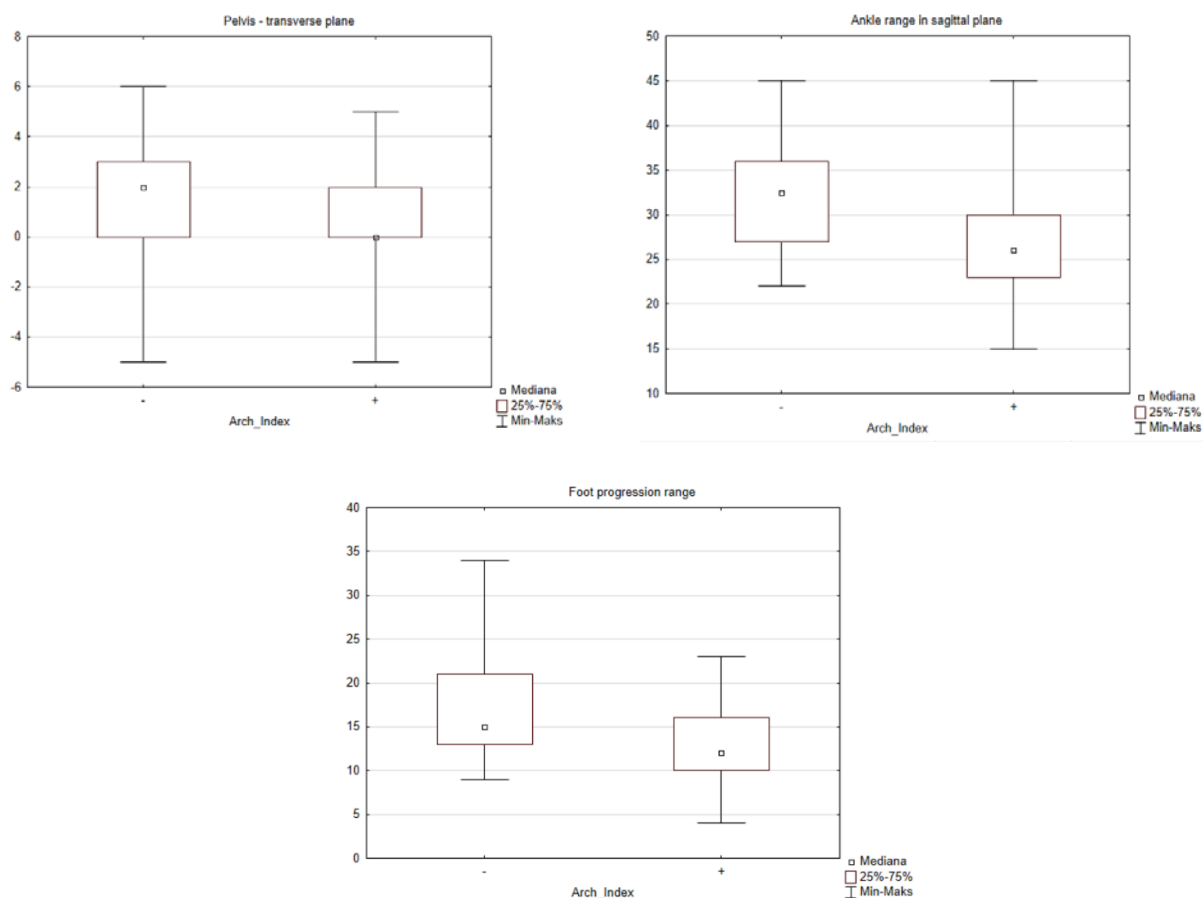
W drugiej publikacji ze zbioru: Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9. Diagnostics 2022, 12, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>, udowodniłam, jak wybór metody diagnozującej stopę płasko-koślawą oddziałuje na wyniki badań dotyczących wpływu stopy płasko-koślawej na parametry kinematyczne i czasowo-przestrzenne chodu.

W przypadku, gdy stopę płasko-koślawą definiowano na podstawie badania klinicznego i wzorów obrysów Clarke’a w statyce, nie znaleziono statystycznie znaczących różnic dotyczących parametrów czasowo-przestrzennych, kinematycznych i sił reakcji podłoża między stopami prawidłowymi a stopami płasko-koślawymi.

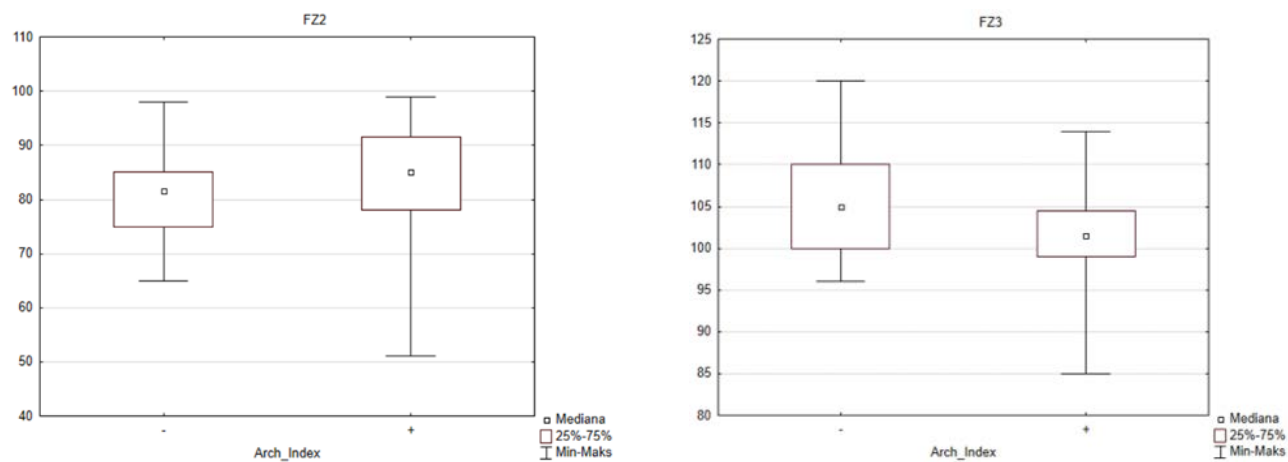
W przypadku, gdy klasyfikacji dokonano na podstawie wartości indeksu wysklepienia (Arch Index) wyliczonego podczas chodu na platformie pedobarograficznej, pomiędzy stopami prawidłowymi a stopami płasko-koślawymi znaleziono statystycznie znamienne różnice dotyczące następujących parametrów: znormalizowana prędkość chodu (rys.4A), znormalizowana częstość kroków (rys.4B), rotacja miednicy w płaszczyźnie poprzecznej (rys.5A), zakres ruchu w stawie skokowym w płaszczyźnie strzałkowej (rys.5B), zakres progresji stopy (rys.5C) i 2 parametry będące składowymi pionowych sił reakcji podłoża FZ2 (faza podporu – pełne obciążenie stopy) (rys.6A) i FZ3 (faza przenoszenia - odbicie) (rys.6B).



Rysunek 4. Wpływ stopy zdefiniowanej na podstawie AI (indeksu wysklepienia) na parametry czasowo-przestrzenne chodu: (A) prędkość, „-„ – stopa prawidłowa (mediana = 84%), „+” stopa płasko-koślawą (mediana=72%) oraz (B) częstość kroków, „-„ – stopa prawidłowa (mediana = 83%), „+” stopa płasko-koślawą (mediana=78%)



Rysunek 5. Wpływ typu stopy zdefiniowanej na podstawie AI (indeksu wysklepienia) na parametry kinematyczne chodu: **(A)** rotacja miednicy w płaszczyźnie poprzecznej, „-„ – stopa prawidłowa (mediana = 2.0), „+” stopa płasko-kośława (mediana = 0.0), **(B)** zakres ruchu w stawie skokowym w płaszczyźnie strzałkowej, „-„ – stopa prawidłowa (mediana = 32.5), „+” stopa płasko-kośława (mediana = 26.0) oraz **(C)** zakres progresji stopy, „-„ – stopa prawidłowa (mediana = 15.0), „+” stopa płasko-kośława (mediana = 12.



Rysunek 6. Wpływ typu stopy zdefiniowanej na podstawie AI (indeksu wysklepienia) na składowe pionowych sił reakcji podłoża: (A) FZ2 (faza podporu – pełne obciążenie stopy) „-„ – stopa prawidłowa (mediana = 81.5% c.c.), „+” stopa płasko-koślawą (mediana = 85.0% c.c.) oraz (B) FZ3 (faza wymachu – odbicie), „-„ – stopa prawidłowa (mediana = 105.0% c.c.), „+” stopa płasko-koślawą (mediana = 101.5% c.c.).

W dwóch kolejnych pracach, a mianowicie:

Comparison of 2 conservative treatment approaches for the flat foot in children aged 5 to 10: Foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy. Clinical Podiatric, 2023, on-line first, published 11.05.2023 <https://doi.org/10.1177/00099228231172480> oraz

Changes of the gait induced by two different conservative methods applied to correct flexible flat feet in children 5 to 9 years old: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy. Biomedical Human Kinetics, 2023, zaakceptowany do druku uzyskałam potwierdzenie trzeciej hipotezy badawczej, zakładającej, że dołączenie dodatkowej interwencji pod postacią trójwymiarowej terapii manualnej i bandaży korekcyjnych w leczeniu stóp płasko-koślawych u dzieci poprawi skuteczność stosowania wkładek ortopedycznych.

Dzieci biorące udział w badaniu zostały losowo podzielone na 2 grupy: grupa leczona wyłącznie z zastosowaniem wkładek ortopedycznych i grupa leczona z zastosowaniem wkładek ortopedycznych oraz dodatkowo z zastosowaniem trójwymiarowej terapii manualnej i bandaży korekcyjnych.

Porównując 2 badane grupy, po wykonaniu testu t-Studenta stwierdzono istotne różnice między nimi w odniesieniu do następujących parametrów: indeks wysklepienia, kąt koślawości palucha, szerokość przodostopia, szerokość podbicia, szerokość śródstopia, siła nacisku na głowę I kości śródstopia (MH1), siła nacisku na głowę III kości śródstopia (MH3), siła nacisku na głowę IV kości śródstopia (MH4), siła nacisku na głowę V kości śródstopia (MH5), siła nacisku na śródstopie, powierzchnia pod głową I kości śródstopia (MH1) i powierzchnia śródstopia. Jest to ograniczenie tego badania. Dlatego nie porównywaliśmy wyników leczenia bezpośrednio między tymi grupami, lecz obserwowaliśmy wyniki rocznego leczenia wewnątrz każdej grupy z osobna.

Analizując wyniki z platformy pedobarograficznej w grupie leczonej przez rok terapią manualną wraz z bandażowaniem korekcyjnym i wkładkami ortopedycznymi zaobserwowano istotne statystycznie zmiany 11 parametrów: zmniejszenie wartości wskaźnika wysklepienia stopy ($p < 0,001$), szerokości śródstopia ($p = 0,006$), siły nacisku na śródstopie ($p = 0,002$) i powierzchni śródstopia ($p < 0,001$) oraz statystycznie istotny wzrost siły), siły nacisku na głowę II kości śródstopia MH2 ($p < 0,001$),), siły nacisku na głowę III kości śródstopia MH3 ($p < 0,001$),), siły nacisku na głowę IV kości śródstopia MH4 ($p < 0,001$) i), siły nacisku na głowę V kości śródstopia MH5 ($p = 0,032$), powierzchni pod głową IV kości śródstopia MH4 ($p = 0,004$) i powierzchni pod tyłostopem ($p < 0,001$). Wszystkie zmiany dotyczące 11 parametrów były to zmiany korzystne, czyli po roku leczenia nastąpiła poprawa 11 z 29 badanych parametrów w kierunku zmniejszenia cech płaskostopia

W grupie leczonej wyłącznie za pomocą wkładek do butów po roku leczenia zaobserwowano istotne statystycznie zmiany 7 parametrów z platformy pedobarograficznej: zmniejszenie wartości wskaźnika wysklepienia stopy ($p < 0,001$), szerokości śródstopia ($p = 0,006$), siły

nacisku na śródstopie ($p= 0,007$) i powierzchni śródstopia ($p< 0,001$) szerokości śródstopia ($p=0,034$) i jednocześnie istotny statystycznie wzrost siły nacisku na głowę II kości śródstopia MH2 ($p=0,003$) i powierzchni pod tyłostopem ($p=0,016$). Z tych 7 parametrów, 6 parametrów uległo poprawie w kierunku zmniejszenia cech płaskostopia, natomiast wzrost siły nacisku na głowę II kości śródstopia MH2 ($p=0,003$) jest zmianą niekorzystną.

Analizując parametry czasowo-przestrzenne oraz siły reakcji podłoża, zarówno w grupie leczonej z zastosowaniem wkładek i terapii Zukunft-Huber, jak i w grupie leczonej tylko za pomocą wkładek, nie zaobserwowano żadnych, znamienne statystycznie zmian po roku stosowania terapii: tabela 3 i 4. Patrząc na niewielkie różnice stwierdzone po leczeniu, można uznać je przypadkowe, a więc nieistotne dla zastosowanej interwencji.

Tabela 3. Porównanie wyników leczenia w grupie leczonej tylko z zastosowaniem wkładek

| | t | p | śr±SD przed | śr±SD po |
|--|-------|--------|----------------|-------------|
| Prędkość [%] (w odniesieniu do danych referencyjnych) | 0.171 | 0.864 | 75.3±16.4 | 76.8±21.7 |
| Częstotliwość [%] (w odniesieniu do danych referencyjnych) | 0.182 | 0.855 | 80.6±8.5 | 77.4±19.9 |
| Szerokość kroku [m] | 0.500 | 0.617 | 0.15±0.029 | 0.14±0.035 |
| Długość kroku [%] (w odniesieniu do danych referencyjnych) | 0.167 | 0.868 | 92.4±15.3 | 92.5±23.8 |
| Faza podporu [%] | 2.089 | 0.037 | 61.0±2.0 | 59.9±1.5 |
| Faza pojedynczego podporu [%] | 0.696 | 0.486 | 39.6±3.7 | 40.0±1.8 |
| Miednica w płaszczyźnie strzałkowej [°] | 4.773 | 0.000 | 6.2±5.0 | 10.4±4.2 |
| Zakres ruchu miednicy w płaszczyźnie strzałkowej [°] | 0.612 | 0.540 | 3.2±1.0 | 3.3±0.7 |
| Miednica w płaszczyźnie czołowej [°] | 0.196 | 0.844 | 0.08±1.2 | 0.4±1.9 |
| Zakres ruchu miednicy w płaszczyźnie czołowej [°] | 1.066 | 0.286 | 7.3±1.9 | 7.8±2.2 |
| Miednica w płaszczyźnie poprzecznej [°] | 0.913 | 0.361 | 1.1±2.6 | 0.8±2.7 |
| Zakres ruchu miednica w płaszczyźnie poprzecznej [°] | 0.567 | 0.571 | 10.1±5.1 | 9.2±3.2 |
| Staw biodrowy – kontakt pięty z podłożem [°] | 4.526 | <0.001 | 22.7±6.3 | 28.4±5.7 |
| Staw biodrowy (hamowanie) [°] | 5.167 | <0.001 | -14.5±8.5 | -9.3±6.1 |
| Staw biodrowy faza wymachu [°] | 4.066 | <0.001 | 24.7±6.8 | 29.8±6.4 |
| Dodatkowe zgięcie w st. biodrowym w fazie wymachu [°] | 1.750 | 0.080 | 2.0±2.2 | 1.2±2.2 |
| Staw biodrowy zakres ruchu [°] | 0.177 | 0.860 | 37.8±6.1 | 38.4±3.7 |
| Staw biodrowy rotacja w fazie podporu [°] | 0.530 | 0.596 | -2.3±13.1 | -0.08±14.0 |
| Staw biodrowy rotacja w fazie wymachu [°] | 0.177 | 0.860 | 0.3±18.3 | 0.3±19.2 |
| Staw biodrowy rotacja zakres ruchu [°] | 0.857 | 0.391 | 22.4±12.1 | 23.9±10.0 |

| | | | | |
|---|--------|-------|-----------|------------|
| Staw biodrowy odwiedzenie [°] | 1.393 | 0.164 | -0.5±3.7 | -0.9±6.6 |
| Staw biodrowy pł czołowa [°] | 2.694 | 0.007 | 10.2±2.9 | 11.8±4.7 |
| Staw biodrowy zakres ruchu w pł czołowej [°] | 1.033 | 0.301 | 0.6±3.7 | -1.0±3.8 |
| Staw kolanowy - kontakt pięty z podłożem [°] | 1.250 | 0.211 | 10.3±5.2 | 14.9±24.7 |
| Staw kolanowy – przyjęcie ciężaru ciała [°] | 0.750 | 0.453 | 0.8±5.0 | -0.6±4.9 |
| Staw kolanowy faza podporu [°] | 1.549 | 0.121 | 52.1±5.0 | 53.4±4.9 |
| Staw kolanowy faza wymachu [°] | 0.866 | 0.386 | -3.2±17.4 | -5.8±3.2 |
| Staw kolanowy – hamowanie [°] | -0.250 | 0.802 | 54.7±5.6 | 56.6±4.2 |
| Staw kolanowy zakres ruchu [°] | 2.739 | 0.006 | -4.7±4.3 | -2.3±5.4 |
| Staw skokowy - kontakt pięty z podłożem [°] | 1.237 | 0.216 | 13.5±3.2 | 14.0±3.8 |
| Staw skokowy zgięcie grzbietowe w fazie wymachu [°] | -0.000 | 1.000 | -15.1±8.3 | -14.3±11.0 |
| Przedwczesne oderwanie pięty | 1.373 | 0.167 | 2.7±4.1 | 2.4±3.3 |
| Staw skokowy maks. Zgięcie podeszwowe [°] | -0.177 | 0.860 | 29.5±6.3 | 30.4±6.4 |
| Staw skokowy faza wymachu [°] | -0.000 | 1.000 | -0.12±7.9 | -0.9±6.9 |
| Staw skokowy zakres ruchu [°] | 1.044 | 0.296 | 15.1±6.0 | 14.5±5.6 |
| FZ1 (pierwszy szczyt siły reakcji podłoża pionowej) [N/kg] | 0.171 | 0.864 | 104.1±8.6 | 105.2±8.7 |
| FZ2 (drugi szczyt siły reakcji podłoża pionowej) [N/kg] | 0.676 | 0.499 | 83.5±8.8 | 81.2±6.2 |
| FZ3 (pierwszy szczyt siły reakcji podłoża pionowej) [N/kg] | 0.171 | 0.864 | 103.7±6.6 | 106.6±6.6 |
| FX1 (boczny szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przyśrodkowo-bocznej) [N/kg] | 0.913 | 0.361 | 8.9±2.3 | 8.7±1.9 |
| FX2 (przyśrodkowy szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przyśrodkowo-bocznej) [N/kg] | 0.000 | 1.000 | 1.1±1.9 | 0.9±1.0 |
| FY1 (przedni szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przednio-tylnej) [N/kg] | 0.182 | 0.855 | 17.1±4.6 | 18.2±3.2 |
| FY2 (tylny szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przednio-tylnej) [N/kg] | 0.177 | 0.860 | 17.5±4.4 | 19.3±4.0 |

Tabela 4. Porównanie wyników leczenia w grupie leczonej za pomocą wkładek i terapii manualnej z bandażowaniem korekcyjnym

| | t | p | śr±SD przed | śr±SD po |
|--|-------|-------|-------------|-----------|
| Prędkość [%] (w odniesieniu do danych referencyjnych) | 0.474 | 0.635 | 77.1±15.2 | 70.8±25.9 |
| Częstotliwość [%] (w odniesieniu do danych referencyjnych) | 0.154 | 0.877 | 79.6±9.7 | 72.2±24.6 |

| | | | | |
|--|--------|--------|------------|------------|
| Szerokość kroku [m] | 1.107 | 0.268 | 0.17±0.038 | 0.15±0.039 |
| Długość kroku [%] (w odniesieniu do danych referencyjnych) | 0.312 | 0.755 | 95.4±12.4 | 96.0±16.5 |
| Faza podporu [%] | 1.562 | 0.118 | 60.9±1.8 | 60.2±1.8 |
| Faza pojedynczego podporu [%] | 1.423 | 0.155 | 39.3±2.6 | 40.1±2.3 |
| Miednica w płaszczyźnie strzałkowej [°] | 0.171 | 0.864 | 10.0±4.8 | 9.0±6.3 |
| Zakres ruchu miednicy w płaszczyźnie strzałkowej [°] | 3.064 | 0.002 | 3.7±1.3 | 3.0±1.0 |
| Miednica w płaszczyźnie czołowej [°] | 3.601 | <0.001 | -0.7±2.1 | 0.9±1.6 |
| Zakres ruchu miednicy w płaszczyźnie czołowej [°] | 2.245 | 0.025 | 6.3±4.1 | 6.9±2.0 |
| Miednica w płaszczyźnie poprzecznej [°] | 0.980 | 0.327 | 0.9±2.0 | 1.4±2.5 |
| Zakres ruchu miednica w płaszczyźnie poprzecznej [°] | 0.857 | 0.391 | 9.5±4.1 | 9.7±3.5 |
| Staw biodrowy – kontakt pięty z podłożem [°] | 0.329 | 0.742 | 27.5±6.9 | 27.9±7.1 |
| Staw biodrowy (hamowanie) [°] | 1.460 | 0.144 | -11.2±6.2 | -10.4±7.1 |
| Staw biodrowy faza wymachu [°] | 0.320 | 0.749 | 29.8±6.9 | 29.9±6.8 |
| Dodatkowe zgięcie w st. biodrowym w fazie wymachu [°] | 0.671 | 0.502 | 1.9±2.0 | 1.2±2.0 |
| Staw biodrowy zakres ruchu [°] | 0.487 | 0.626 | 39.0±5.6 | 37.9±5.5 |
| Staw biodrowy rotacja w fazie podporu [°] | 1.135 | 0.256 | -8.2±15.4 | -7.1±13.7 |
| Staw biodrowy rotacja w fazie wymachu [°] | 0.474 | 0.635 | 1.1±14.5 | -0.1±16.3 |
| Staw biodrowy rotacja zakres ruchu [°] | -0.158 | 0.874 | 22.8±7.9 | 25.0±9.3 |
| Staw biodrowy odwiedzenie [°] | 0.961 | 0.337 | -0.3±3.4 | -2.1±7.3 |
| Staw biodrowy pł czołowa [°] | 1.167 | 0.243 | 9.3±2.5 | 12.1±6.2 |
| Staw biodrowy zakres ruchu w pł czołowej [°] | 0.236 | 0.814 | 0.7±3.7 | 0.2±2.8 |
| Staw kolanowy - kontakt pięty z podłożem [°] | 0.459 | 0.646 | 12.2±5.6 | 10.1±5.1 |
| Staw kolanowy – przyjęcie ciężaru ciała [°] | -0.236 | 0.814 | 1.8±4.9 | 1.0±4.4 |
| Staw kolanowy faza podporu [°] | -0.224 | 0.823 | 52.7±7.7 | 54.1±4.7 |
| Staw kolanowy faza wymachu [°] | -0.000 | 1.000 | -6.1±3.6 | -6.6±3.9 |
| Staw kolanowy – hamowanie [°] | 0.707 | 0.479 | 54.9±8.6 | 57.4±7.0 |
| Staw kolanowy zakres ruchu [°] | 1.543 | 0.123 | -3.6±3.9 | -1.3±3.8 |
| Staw skokowy - kontakt pięty z podłożem [°] | 0.000 | 1.000 | 9.4±2.6 | 13.2±3.6 |
| Staw skokowy zgięcie grzbietowe w fazie wymachu [°] | 0.833 | 0.405 | -10.1±12.9 | -6.9±15.2 |
| Przedwczesne oderwanie pięty | 0.167 | 0.868 | 3.0±5.2 | 3.1±2.9 |
| Staw skokowy maks. Zgięcie podeszwowe [°] | 1.315 | 0.188 | 27.6±6.4 | 28.3±5.8 |
| Staw skokowy faza wymachu [°] | 0.487 | 0.626 | -4.7±9.0 | -4.3±8.1 |

| | | | | |
|---|--------|-------|------------|------------|
| Staw skokowy zakres ruchu [°] | -0.000 | 1.000 | 12.9±4.4 | 12.9±5.9 |
| FZ1 (pierwszy szczyt siły reakcji podłoża pionowej) [N/kg] | 0.657 | 0.511 | 105.6±11.2 | 107.8±12.2 |
| FZ2 (drugi szczyt siły reakcji podłoża pionowej) [N/kg] | 0.961 | 0.337 | 82.2±10.2 | 82.0±6.3 |
| FZ3 (pierwszy szczyt siły reakcji podłoża pionowej) [N/kg] | 1.601 | 0.109 | 101.9±5.9 | 105.1±7.5 |
| FX1 (boczny szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przyśrodkowo-bocznej) [N/kg] | 0.696 | 0.486 | 9.6±2.0 | 9.1±7.5 |
| FX2 (przyśrodkowy szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przyśrodkowo-bocznej) [N/kg] | 0.000 | 1.000 | 0.8±1.1 | 0.7±1.0 |
| FY1 (przedni szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przednio-tylnej) [N/kg] | 0.154 | 0.877 | 17.8±5.7 | 18.0±4.0 |
| FY2 (tylny szczyt siły reakcji podłoża w płaszczyźnie przednio-tylnej) [N/kg] | -0.158 | 0.874 | 18.1±5.4 | 18.5±3.7 |
| Prędkość [%] (w odniesieniu do danych referencyjnych) | | | | |
| Częstotliwość [%] (w odniesieniu do danych referencyjnych) | | | | |

Analizując parametry kinetyczne po roku terapii stwierdzono istotne statystycznie różnice między badanymi grupami dotyczące momentów sił i mocy. W grupie leczonej metodą B. Zukunft-Huber po roku leczenia zaobserwowano statystycznie istotne zmiany momentu zgięcia stawu biodrowego, momentu zgięcia podszwowego stawu skokowego oraz siły stawu skokowego. W grupie leczonej wyłącznie za pomocą wkładek po 12 miesiącach stwierdzono statystycznie istotne różnice momentu zgięcia podszwowego stawu skokowego i mocy stawu skokowego.

Tabela 5. Porównanie wyników w obu grupach przed i po leczeniu za pomocą testu t-Studenta dla powiązanych prób – momenty i siły

| Zmienna | Grupa leczona wyłącznie za pomocą wkładek | | Grupa leczona za pomocą wkładek i manualną terapią trójpłaszczyznową wraz z bandażowaniem | |
|--|---|------------------|---|------------------|
| | t | p | t | p |
| Zgięcie w st. biodrowym [Nm/kg] | -1.694 | 0.099 | -2.301 | 0.027 |
| Wyprost w st. biodrowym [Nm/kg] | 0.283 | 0.779 | -1.332 | 0.190 |
| Zgięcie w st. kolanowym [Nm/kg] | -0.512 | 0.611 | -1.101 | 0.323 |
| Wyprost w st. kolanowym [Nm/kg] | -0.847 | 0.402 | -0.969 | 0.338 |
| Zgięcie podszwowe w st. skokowym [Nm/kg] | -4.546 | <0.001 | -7.023 | <0.001 |

| | | | | |
|-------------------------------|--------|-------|--------|-------|
| Siła w st. skokowym [W/kg] | -2.785 | 0.008 | -2.027 | 0.049 |
|-------------------------------|--------|-------|--------|-------|

Tabela 6. Test t-Studenta dla prób zależnych w obu grupach przed i po leczeniu. Inny niż przed terapią - - # - p<0.05, ## - p<0.01, ### - p<0.001

| Zmienna | Grupa leczona wyłącznie za pomocą wkładek | | | Grupa leczona za pomocą wkładek i manualną terapią trójpłaszczyznową wraz z bandażowaniem | | |
|---|---|-------------------------|--|---|-------------------------|--|
| | przed śr±SD | po śr±SD | Siła Wielkość efektu Cohen's d | przed śr±SD | po śr±SD | Siła Wielkość efektu Cohen's d |
| Szczytowy moment zgięcia grzbietowego st. skokowego [Nm/kg] | 0.99±0.17 | 1.1±0.13 ^{###} | 0.98 0.727 | 0.95±0.17 | 1.1±0.16 ^{###} | 0.99 0.909 |
| Siła w st. skokowym [W/kg] | 2.28±0.68 | 2.67±0.69 ^{##} | 0.87 0.569 | 2.17±0.86 | 2.36±0.71 [#] | 0.62 0.241 |
| Szczytowy moment zgięcia st. biodrowego [Nm/kg] | | | | 0.66±0.37 | 0.82±0.37 [#] | 0.69 0.432 |

PODSUMOWANIE

Hipotezy badawcze:

- Wybór metody diagnozującej stopę płasko-koślawą oddziałuje na wyniki badań dotyczących wpływu stopy płasko-koślawej na parametry chodu.
- Diagnostyka stopy płasko-koślawej powinna odbywać się w warunkach dynamicznych, podczas chodu.
- Zastosowanie dodatkowej interwencji pod postacią trójwymiarowej terapii manualnej i bandaży korekcyjnych w leczeniu stóp płasko-koślawych u dzieci poprawi skuteczność stosowania wkładek ortopedycznych

W rozprawie doktorskiej potwierdziłam prawdziwość postawionych wcześniej hipotez badawczych. Uzyskane wyniki badań dowiodły, że rzeczywiście wybór metody zastosowanej do diagnozy stóp płasko-koślawych będzie w konsekwencji determinować wyniki badań dotyczących wpływu stopy płasko-koślawej na parametry chodu, oraz że klasyfikacja przeprowadzona w warunkach dynamicznych, identyfikuje dzieci ze stopą płasko-koślawą, u których funkcja chodu jest obiektywnie zaburzona.

Badane w warunkach statycznych cechy strukturalne stopy wcale nie muszą korelować z jakością funkcji stopy i ich znaczenie kliniczne w oderwaniu od funkcji może być wątpliwe. Na pewnym etapie rozwojowym stopa sklasyfikowana jako nieprawidłowa na podstawie cech strukturalnych w statyce, w warunkach dynamicznych może funkcjonować prawidłowo i odwrotnie, stopa strukturalnie wydająca się stopą prawidłową, może funkcjonować nieprawidłowo. W szczególności ocena i klasyfikacja stóp na podstawie dwuwymiarowych odcisków wydaje się być niewystarczająca, aby odzwierciedlić złożoność ludzkiej stopy, która jest strukturą trójwymiarową i której ruchy odbywają się zazwyczaj jednocześnie w trzech płaszczyznach. Stopy, zdiagnozowane w staniu jako płasko-koślawe, niekiedy dobrze funkcjonują podczas chodu, ponieważ, jak się wydaje, mają potencjał dynamicznej korekty samych siebie. Ponieważ pomiędzy wynikami w statyce i dynamice jest zasadnicza różnica, powstaje pytanie, czy ocena stóp wyłącznie w warunkach statycznych jest wystarczająca do zdiagnozowania stopy płasko-koślawej i podjęcia właściwej decyzji dotyczącej leczenia. Wyzwaniem dla klinicysty jest stwierdzenie, czy badana stopa u dziecka mieści się, czy już wykracza poza prawidłowe wzorce rozwojowe, w szczególności w odniesieniu do funkcji chodu i postawy całego ciała. Wydaje się, że podstawą planowania leczenia powinny być testy dynamiczne, które realnie identyfikują dzieci z problemami funkcjonalnymi. Dzieci ze stopą płasko-koślawą zdiagnozowaną w warunkach statycznych, u których nie występują zaburzenia chodu, prawdopodobnie powinny zostać objęte obserwacją, a nie od razu leczeniem. Klasyfikacja przeprowadzona w warunkach dynamicznych identyfikuje te dzieci ze stopą płasko-koślawą, które mają obiektywne zaburzenia chodu i rzeczywiście wymagają leczenia.

W swojej rozprawie doktorskiej uzyskałam również potwierdzenie trzeciej hipotezy badawczej, zakładającej, że dołączenie dodatkowej interwencji pod postacią trójwymiarowej terapii manualnej i bandaży korekcyjnych w leczeniu stóp płasko-koślawych u dzieci poprawi skuteczność stosowania wkładek ortopedycznych.

Dzieci biorące udział w badaniu zostały losowo przydzielone do jednej z dwóch grup: grupa leczona tylko za pomocą wkładek oraz grupa leczona z zastosowaniem wkładek oraz metody B. Zukunft-Huber terapia manualna, bandażowanie i wkładki). Po 12 miesiącach leczenia badane było, czy w ogóle, a jeśli tak, to w jakim stopniu, zmieniają się parametry determinujące jakość chodu w obu badanych grupach. Sprawdzaliśmy siły nacisku mierzone na platformie pedobarograficznej emed firmy Novel, oraz parametry kinematyczne i kinetyczne chodu uzyskane podczas analizy chodu z zastosowaniem systemu MX VICON z 12 kamerami, sprzężonym z 2 platformami dynamicznymi Kistler.

Aktualne badania naukowe dowodzą, że parametry dotyczące sił nacisku mierzone na platformie pedobarograficznej i ich rozkład podczas chodu odzwierciedlają nieprawidłowości biomechaniczne stopy płasko-koślawej zarówno u dzieci, jak i dorosłych i mogą dostarczyć obiektywnych informacji na temat skuteczności leczenia.

Analizując najpierw na grupę leczoną z zastosowaniem technik manualnych, bandażowania korekcyjnego oraz wkładek, po roku zaobserwowaliśmy statystycznie istotne zmniejszenie wartości wskaźnika wysklepienia łuku, szerokości śródstopia, siły nacisku na śródstopie i pola powierzchni śródstopia, a jednocześnie statystycznie istotny wzrost szerokości podbicia, siły nacisku na głowę II k. śródstopia (MH2), siły nacisku na głowę III k. śródstopia (MH3), siły nacisku na głowę IV k. śródstopia (MH4) i siły nacisku na głowę V k. śródstopia MH5, pola powierzchnia pod MH4 i pola powierzchnia tyłostopia. Wszystkie te parametry zostały znormalizowane do cech geometrycznych lub masy ciała, aby usunąć wpływu procesu wzrastania dzieci.

Z prac innych badaczy wiadomo, że wskaźnik wysklepienia u dzieci stabilizuje się i odpowiada normom dla osób dorosłych w wieku między 5 a 6 lat. Wobec tego spadek jego wartości u dzieci leczonych przez rok metodą Zukunft-Huber należy traktować jako korzystny efekt terapii, a nie jako następstwo wzrostu i/lub dojrzewania. Do korzystnych efektów leczenia metodą Zukunft-Huber należy zaliczyć zmniejszenie wartości szerokości śródstopia, siły nacisku na śródstopie oraz pola powierzchni śródstopia. Wyniki te są zgodne z wynikami badań innych autorów, w których udowodnili, że zwiększenie siły nacisku na śródstopie oraz pola powierzchni śródstopia są charakterystyczne dla stopy płasko-koślawej. Za korzystny wynik można również uznać zwiększenie szerokości podbicia, siły nacisku na głowę II, III, IV i V k. śródstopia, zwiększenie pola powierzchni pod MH4 i pola powierzchnia tyłostopia. Na podstawie literatury wiemy, że w stopie płasko-koślawej w porównaniu do stopy normalnej obserwuje się spadek siły nacisku na przodostopie i tyłostopie, przy równoczesnym zwiększeniu nacisku na śródstopie.

Patrząc na drugą grupę leczoną tylko za pomocą wkładek, zaobserwowaliśmy po roku statystycznie istotne zmniejszenie wartości wskaźnika wysklepienia łuku, szerokości śródstopia, siły nacisku na śródstopie i pola powierzchni śródstopia - wyniki te były podobne jak w grupie leczonej metodą łączoną. Zaobserwowaliśmy również statystycznie istotny, izolowany wzrost siły nacisku na głowę II k. śródstopia (MH2), zwiększenie pola powierzchni pod MH4 i pola powierzchnia tyłostopia. O ile na podstawie literatury można uznać zwiększenie pola powierzchni pod MH4 i pola powierzchni tyłostopia za wynik pozytywny, to musimy bliżej przyjrzeć się izolowanemu wzrostowi siły nacisku na głowę II k. śródstopia (MH2). Na podstawie badań naukowych wiemy, że mniejszy nacisk na głowę I k. śródstopia, przy jednoczesnym zwiększonym nacisku na głowę II k. śródstopia są charakterystyczne dla

stopy płasko-koślawej. Takie zjawisko może być według Hillstroma, Subotnika i Henniga związane z hipermobilnością pierwszego promienia, co również jest często obserwowane w stopie płasko-koślawej [42-44]. W stopie płasko-koślawej z hipermobilnym pierwszym promieniem, I kość śródstopia podczas chodu w fazie obciążenia unosi się, tym samym powodując zwiększenie nacisku na głowę II kości śródstopia. Taki izolowany wzrost siły nacisku na MH2 po rocznym leczeniu samymi wkładkami należy interpretować więc jako wynik niekorzystny i powinien być on przedmiotem dalszych badań. Wydaje się, że samo noszenie wkładek może nie być wystarczające do skutecznego leczenia płaskostopia u dzieci i potrzebna jest dodatkowa interwencja.

Aby w pełni opisać ewentualne zmiany jakości chodu po zastosowanym leczeniu, zebrano również dane dotyczące parametrów kinematycznych i kinetycznych w stawie skokowym i pozostałych stawach kończyny dolnej. Podczas chodzenia, biegania lub innych czynności związanych z obciążeniem kończyn dolnych prawdopodobne jest, że zmieniony mechanizm pronacji-supinacji w stopie płasko-koślawej może prowadzić do zmiany kinematyki i/lub kinetyki proksymalnych stawów, o czym pisali już Lin, Kothari oraz inni badacze [8, 14].

Aby zweryfikować skuteczność obu zastosowanych metod wykonano pomiary parametrów kinematycznych i kinetycznych chodu przed i po 12-miesięcznej terapii.

Parametry kinematyczne: po 12 miesiącach stosowania terapii nie stwierdziliśmy żadnych statystycznie istotnych zmian parametrów czasowo-przestrzennych i wartości kątowych w stawach kończyn dolnych. Udowodnione jest, że noszenie wkładek ma pozytywny wpływ na pronację stopy i ewersję tyłostopia. A ponieważ wszystkie stawy kończyny dolnej tworzą jeden łańcuch biomechaniczny, pojawia się oczywiście pytanie, w jaki sposób tak pozytywne zmiany pronacji stopy czy ewersji tyłostopia spowodowane noszeniem wkładek, nie powodują znaczących zmian wartości kątowych w stawach proksymalnych? Przyczyną może być niewystarczająca czułość metody pomiaru, pozwalająca uchwycić niewielkie zmiany. Możliwe, że markery skórne używane w systemie VICON MX do rejestrowania ruchu, ze względu na niewielkie ruchy między skórą a kośćmi, nie odzwierciedlają dokładnie niewielkiego ruchu kości, i stąd braku precyzji pomiaru. Uzyskane przez nas wyniki są zgodne z wynikami innych badaczy, którzy również nie zaobserwowali żadnych lub tylko minimalne zmiany kinematyki stawów proksymalnych.

Parametry kinetyczne: analizując wyniki po 12 miesiącach leczenia zaobserwowaliśmy statystycznie istotny wzrost szczytowego momentu zgięcia podszwowego w stawie skokowym i siły w stawie skokowym w obu grupach oraz dodatkowo statystycznie istotny wzrost szczytowego momentu zgięcia w stawie biodrowym w grupie dodatkowo leczonej technikami manualnymi i bandażowaniem korekcyjnym. Wszystkie te parametry znormalizowano do cech geometrycznych lub masy ciała, aby usunąć wpływ różnic wynikających z procesu wzrastania dzieci.

Porównując normatywne dane kinetyczne z wynikami tego badania, można stwierdzić, że zmiany obserwowane w obu grupach po 12 miesiącach leczenia są korzystne [tab. 6]. Patrząc na grupę leczoną metodą Zukunft-Huber (terapia manualna, bandażowanie, wkładki) wzrost szczytowego momentu zgięcia stawu biodrowego tuż przed uderzeniem piętą z 0,659 Nm/kg do 0,817 Nm/kg należy interpretować jako wynik korzystny (średnie dane normatywne dla tego parametru to około 1,1 Nm/kg) [tab. 6]. Uzyskana wartość nie osiągnęła wprawdzie optimum, ale po leczeniu była jemu bliższa. Wraz ze wzrostem momentu zgięcia

podeszwowego stawu skokowego z 0,952 Nm/kg do 1,096 Nm/kg uczestnicy niniejszego badania osiągnęli niemal optymalną dla ich wieku wartość normatywną, która wynosi 1,10 Nm/kg dla 5-6-latków, 1,19 Nm/kg dla 7-8-latków i 1,40 Nm/kg dla 9+ lat [tab. 6]. To samo dotyczy siły w stawie skokowym: wzrastając z 2,17 Nm/kg do 2,365 Nm/kg po roku leczenia, parametr ten mieści się w optymalnym zakresie danych normatywnych (siła w stawie skokowym wynosi 2,11 Nm/kg przez 5- 6-latków, 2,31 Nm/kg dla 7-8-latków i 2,99 Nm/kg dla 9+ lat) [tab.6]. Patrząc na drugą grupę, leczoną samymi wkładkami, ze wzrostem szczytowego momentu zgięcia grzbietowego stawu skokowego z 0,995 Nm/kg do 1098 Nm/kg [tab. 6.] i siły w stawie skokowym z 2279 Nm/kg do 2676 Nm/kg [tab. 6], uczestnicy tego badania osiągnęli optymalne wartości parametrów normatywne dla ich wieku. Różnicą między dwiema badanymi grupami był szczytowy moment zgięcia stawu biodrowego, którego wartość w drugiej grupie była poniżej wartości normatywnych i nie zmieniła się istotnie.

Teraz należy zastanowić się, jaki był możliwy mechanizm obserwowanych zmian kinetycznych po roku leczenia. W naszym badaniu wykazaliśmy, że obie porównywane przez nas metody terapii miały korzystny wpływ na niektóre siły nacisku podczas chodu, poprawiając w ten sposób funkcję dynamiczną stopy. Wiadomo, że siły nacisku i ich rozkład podczas chodu odzwierciedlają nieprawidłowości biomechaniczne stopy płasko-koślawej zarówno u dzieci, jak i dorosłych. Ponieważ nie stwierdzono istotnych zmian kątowych w stawach skokowych i pozostałych stawach kończyny dolnej, można przypuszczać że zaobserwowane przez nas zmiany sił nacisku, wynikające ze zmienionej struktury stopy, a co za tym idzie jej biomechaniki, wpłynęły na kierunki wektorów sił reakcji podłoża, zmieniając tym samym długość ramienia siły w stawach, a poprzez to modyfikując szczytowe momenty i moce w stawach. Zaobserwowane zmiany szczytowych momentów i mocy w stawach były zmianami korzystnymi, i podobnie jak w przypadku danych z platformy pedobarograficznej, metoda Zukunft-Huber (łącząca techniki manualne, bandażowanie korekcyjne i wkładki) wydaje się być bardziej efektywna niż samo noszenie wkładek.

Wyniki uzyskane po rocznym leczeniu, oceniano w każdej grupie oddzielnie. Nie porównywano bezpośrednio 2 badanych grup, ponieważ przed rozpoczęciem leczenia stwierdzono różnice między tymi grupami dotyczące następujących parametrów: wskaźnik wysklepienia łuku, kąt koślawości palucha, szerokość przodostopia, szerokość śródstopia, siła nacisku na MH1, siła nacisku na MH3, siła nacisku na MH4, siła nacisku na MH5, siła nacisku na śródstopie, pole powierzchni pod MH1 i pole powierzchni śródstopia. Mimo, iż patrząc na rozkład i zakresy parametrów, różnice nie były duże, to jednak jest to ograniczenie tego badania. Okazało się, że proste, losowe przyporządkowanie dzieci do jednej z dwóch metod leczenia było niewystarczające. W przyszłości, aby uniknąć różnic między grupami leczonymi, należałoby zastosować randomizację ze stratyfikacją.

BIBLIOGRAFIA

1. Bresnahan P. J., and Mario A. Juanto M. A. *Pediatric Flatfeet—A Disease Entity That Demands Greater Attention and Treatment* Front Pediatr. 2020; 8: 19. Published online 2020 Feb 11. doi: 10.3389/fped.2020.00019 PMID: PMC7026255
2. American College of Foot and Ankle Surgeons – Pediatric Flatfoot
3. Panagiotis Stavlas, Theodoros B. Grivas, Constantinos Michas Elias Vasiliadis, Vassilios Polyzois, *The Evolution of Foot Morphology in Children Between 6 and 17 Years of Age: A Cross-Sectional Study Based on Footprints in a Mediterranean Population*. The Journal of Foot and Ankle Surgery, 2005, Volume 44, Number 6, November/December 424-428
4. Chen K-C, Tung L-C, Tung C-H et al. *An investigation of the factors affecting flatfoot in children with delayed motor development*. Research in developmental disabilities. 2014; 35 (3):639–45 Clinics in Podiatric Medicine and Surgery. 2006; 23:57–76. Viii
5. Halabchi F, Mazaheri R, Mirshahi M, Abbasian L. *Pediatric Flexible Flatfoot; Clinical Aspects and Algorithmic Approach*. Iranian Journal of Pediatrics. 2013; 23(3):247–60
6. Harris EJ, Vanore JV, Thomas JL, et al. *Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot*. The Journal of Foot and Ankle Surgery. 2004; 43(6):341–73
7. Labovitz JM. The algorithmic approach to pediatric flexible pes planovalgus. Clinics in Podiatric Medicine and Surgery, 2006 Jan;23(1):57-76, viii
8. Lin Chii-Jeng, Lai Kuo-An, Kuan Ta-Shen and Chou You-Li, *Correlating Factors and Clinical Significance of Flexible Flatfoot in Preschool Children.*, Journal of Pediatric Orthopaedics 21:378–382, 2001
9. Kerr C.M., Stebbins J., Theologis T., Zavatsky A.B. *Static postural differences between neutral and flat feet in children with and without symptoms*, Clinical Biomechanics 30 (2015) 314–317
10. Dars S., Uden H., Kumar S., and Banwell H. A. *The effectiveness of non-surgical intervention (Foot Orthoses) for paediatric flexible pes planus: A systematic review: Update* PLoS One 2018 Feb 16;13(2):e0193060. doi: 10.1371/journal.pone.0193060. eCollection 2018
11. Evans A.M., *The flat-footed child -- to treat or not to treat: what is the clinician to do?* Journal of the American Podiatric Medical Association, 2008 Sep-Oct;98(5):386-93
12. Walczak M, Misterska E. *Ocena wpływu wybranych parametrów morfologicznych na występowanie stopy płasko-koślawej u dzieci*. Nowiny Lekarskie. 2008;77:343-346.
13. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, et al. 2015. *The relationship between quality of life and foot function in children with flexible flatfeet*. Gait & Posture 41:786-790
14. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, et al. 2016. *Are flexible flat feet associated with proximal joint problems in children?* Gait & Posture 45:204-210

15. Dunn J, Link C, Felson D, et al. 2004. *Prevalence of foot and ankle conditions in a multiethnic community sample of older adults*. American Journal of Epidemiology 159:491-498
16. Golightly YM, Hannan MT, Dufour AB, Jordan JM. 2012. *Racial differences in foot disorders and foot type*. Arthritis Care & Research 64:1756-1759
17. Kosashvili Y, Fridman T, Backstein D, et al. 2008. *The correlation between pes planus and anterior knee or intermittent low back pain*. Foot & Ankle International 29:910-913
18. Gawron A., Janiszewski M. [2005]: *Plaskostopie u dzieci – częstość występowania wady a wartości masy i wzrostu odniesione do siatki centylowej*. Med. Sport 2005, nr 21(2), 99-110
19. Puzder A., Gworys K. *Ocena występowania zaburzeń statyki kończyn dolnych wśród dzieci z regionu miejskiego i wiejskiego- badania pilotażowe*. Kwartalnik Ortopedyczny.2011, Nr 4, 377-385
20. Radzimińska A., Bułatowicz I., Strojek K., i współ. *Analiza występowania wad stóp u dzieci klas 1-3 szkoły podstawowej. - Analysis of the occurrence of foot defects among children grades 1-3 elementary school*. Journal of Health Sciences. 2014;4(8): 197-208
21. Bac A., Woźniacka R., Szporów T. *Ocena ilości rodzaju wad stóp w stosunku do stóp prawidłowo wysklepionych u dzieci w wieku przedszkolnym i wczesnoszkolnym*. Family Medicine & Primary Care Review 2008, nr 10(4), 1278-1283
22. Pfeiffer M., Kotz R., Ledl T., et al. *Prevalence of Flat Foot in Preschool-Aged Children*. Pediatrics 2006;118;634
23. Onodera A, Sacco I, Morioka E, et al. *What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur?* Foot. 2008;18(3):142–9
24. Fabry G. 2010. *Clinical practice: static, axial, and rotational deformities of the lower extremities in children*. European Journal of Pediatrics 169:529_534
25. Banwell HA, Paris ME, Mackintosh S, Williams CM. *Paediatric flexible flat foot: how are we measuring it and are we getting it right? A systematic review*. J Foot Ankle Res. 2018;11:21.
26. Rome K, Ashford RL, Evans A. 2010. *Non-surgical interventions for paediatric pes planus*. Cochrane Database Systematic Review 7: Article CD006311
27. MacKenzie A, Rome K, Evans AM. 2012. *The efficacy of nonsurgical interventions for pediatric flexible flat foot: a critical review*. Journal of Pediatric Orthopedics 32:830_834
28. Dars S., Uden H., Kumar S., and Banwell H. A. *When, why and how foot orthoses (FOs) should be prescribed for children with flexible pes planus: a Delphi survey of podiatrists* PeerJ 2018 Apr 16;6:e4667. doi: 10.7717/peerj.4667. eCollection 2018

29. Whitford D, Esterman A. *A randomized controlled trial of two types of in-shoe orthoses in children with flexible excess pronation of the feet.* Foot and Ankle International. 2007; 28(6):715±23
30. Powell M, Seid M, Szer IS. *Efficacy of custom foot orthotics in improving pain and functional status in children with juvenile idiopathic arthritis: a randomized trial.* The Journal of Rheumatology. 2005; 32 (5):943±50
31. Wenger DR, Mauldin D, Speck G, et al. *Corrective shoes and inserts as treatment for flexible flatfoot in infants and children.* JBJS. 1989; 71(6):800±10.
32. Gould N, Moreland M, Alvarez R, et al. *Development of the child's arch.* Foot Ankle. 1989; 9(5):241±5.
33. Staheli L. *Planovalgus foot deformity. Current status.* Journal of the American Podiatric Medical Association. 1999; 89(2):94±9.
34. Evans AM, Rome K. 2011. *A Cochrane review of the evidence for non-surgical interventions for flexible pediatric flat feet.* European Journal of Physical & Rehabilitation Medicine 47:69-89.
35. Jun Young Choi, Woi Hyun Hong, Jin Soo Suh, et al. *The long-term structural effect of orthoses for pediatric flexible flat foot: A systematic review.* Foot Ankle Surg 2020 Feb;26(2):181-188. doi: 10.1016/j.fas.2019.01.007. Epub 2019 Feb 1.
36. Pandey S., Pal C. P., Kumar D., Singh P. *Flatfoot in Indian population.* J Orthop Surg (Hong Kong) 2013 Apr;21(1):32-6.
37. Lee H., Kil-Byung Lim, JeeHyun Yoo, et al. *Effect of Custom-Molded Foot Orthoses on Foot Pain and Balance in Children With Symptomatic Flexible Flat Feet* Ann Rehabil Med 2015 Dec;39(6):905-13. doi: 10.5535/arm.2015.39.6.905. Epub 2015 Dec 29
38. Jafarnezhadgero A., Madadi-Shad M., Alavi-Mehr S., Granacher U. *The long-term use of foot orthoses affects walking kinematics and kinetics of children with flexible flat feet: A randomized controlled trial.* PLoS One 2018 Oct 9;13(10):e0205187
39. Jafarnezhadgero A., Shad M., Majlesi M. *Effect of foot orthoses on the medial longitudinal arch in children with flexible flatfoot deformity: A three-dimensional moment analysis.* Gait Posture 2017 Jun;55:75-8
40. Kido M., Ikoma K., Hara Y., et al. *Effect of therapeutic insoles on the medial longitudinal arch in patients with flatfoot deformity: a three-dimensional loading computed tomography study* Clin Biomech (Bristol, Avon). 2014 December; 29(10): 1095–1098. doi: 10.1016/j.clinbiomech. 2014.10.005
41. Zukunft-Huber B. *Trójwymiarowa manualna terapia wad stóp u dzieci,* Elsevier Urban & Partner Wrocław 2013
42. Hillstrom H.J., J. Song, A.P. Kraszewski, et a. *Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot,* Gait Posture 2013 Mar;37(3):445-51. doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.09.007. Epub 2012 Oct 26.

43. Subotnick, S.I.: *Pediatric aspects of children in sports*. J. Am. Podiatr. Assoc., 69(7):443-454, 1979
44. Hennig E.M., Staats A., Rosenbaum D., *Plantar Pressure Distribution Patterns of Young School Children in Comparison to Adults*, Foot Ankle Int. 1994 Jan;15(1):35-40. doi: 10.1177/107110079401500107

UCHWAŁA nr 196/KBE/2015

OPINIA KOMISJI BIOETYCZNEJ przy INTYTUCIE „POMNIK-CENTRUM ZDROWIA DZIECKA”

Komisja Bioetyczna przy Instytucie „Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka” na posiedzeniu w dniu 25.03.2015 r. rozpatrzyła badanie pt.: Porównanie skuteczności leczenia stóp płasko-koślawych u dzieci dwiema metodami: leczonych metodą klasyczną lub manualną terapią trójpłaszczyznową wg. B. Zukunft-Huber, PT.

Gł. Badacz/Doktorant: mgr Anna Boryczka

Badanie własne w ramach działalności klinicznej/praca doktorska [nr rej. Komisji: 06/P-IV/15] realizowane będzie przez zespół badaczy z Oddziału Dziennego Rehabilitacji Neurologicznej Kliniki Neurologii, Epileptologii i Rehabilitacji Pediatricznej oraz Pracowni Diagnostyki Narządu Ruchu IPCZD.

Do zespołu badaczy należą:

Dr hab. n. med. Małgorzata Łukowicz

Dr hab. n. med. Małgorzata Syczewska

Mgr Ewa Szczerbik

Mgr Małgorzata Kalinowska

Dr n. k-f Jolanta Stępowaska

Lek. Elżbieta Jelonek

Lek. Edyta Zgórk.

Jest to badanie prospektywne, porównujące dwie metody leczenia stóp płasko-koślawych u dzieci: metodą klasyczną (ćwiczenia i wkładki korygujące) lub manualną terapią trójpłaszczyznową i korekcyjnym bandażowaniem wg. B. Zukunft-Huber.

Protokół badania

Dzieci ze stopami płasko-koślawymi, po wykonaniu badania goniometrem i badania plantokonturograficznego, będą kwalifikowane do projektu. Następnie pacjenci będą mieli wykonane badania chodu na platformie pedobarograficznej Novel oraz badanie wyskoku na platformie Kistler (wyniki badania będą opracowywane komputerowo).

Ocena wyników leczenia będzie przeprowadzona w trakcie badań kontrolnych na platformie pedobarograficznej Novel co 4 miesiące do roku (łącznie 4 badania, czas trwania badania około 25 minut) oraz na platformie Kistler (dwukrotnie, na początku i po 12-stu miesiącach, czas trwania badania około 25 minut).

Grupa badana to 50-60 dzieci w wieku 6-8 lat.

Formuła protokołu badania, jest wyczerpująca, zrozumiała i spójna. Jasno są przedstawione kryteria włączenia i wyłączenia. Liczba pacjentów jest wystarczającą do uzyskania reprezentatywnych wyników.

Badanie jest prowadzone prospektywne, ale w obu grupach pacjenci będą poddawani leczeniu.

Korzyści i ryzyko wynikające z prowadzenia badania

Wszystkie dzieci będące w projekcie będą poddawane terapii. Być może badania wskaże, która terapia jest bardziej efektywna (u jakich dzieci?).

Kwalifikacje ośrodka prowadzącego badanie i doświadczenie badacza

Projekt realizowany będzie w Oddziale Dziennym Rehabilitacji i Pracowni Diagnostyki Narządu Ruchu. Projekt będzie realizowany przez młodego badacza, ale do zespołu badaczy należy również dr hab. Małgorzata Syczewska mająca bardzo duże doświadczenie w realizacji projektów badawczych.

Przedłożone dokumenty

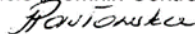
1. Wniosek do Komisji Bioetycznej o wydanie opinii o projekcie z dnia 06.03.2015
2. Protokół badania
3. Informacja dla Rodzica/Opiekuna Prawnego
4. Formularz Świadomej Zgody
5. Schemat badania dzieci ze stopami płasko-koślawymi
6. Karta badania
7. Zgoda Dyrektora Instytutu „Pomnik – CZD” Dr hab. n. med. Małgorzaty Syczewskiej na prowadzenie badania w ramach badań własnych IPCZD.
8. Zgoda Zastępcy Kierownika Kliniki Neurologii, Epileptologii i Rehabilitacji Pediatrycznej, Kierownika Oddziału Rehabilitacji Neurologicznej i Pediatrycznej, Kierownika Oddziału Dziennego Rehabilitacji Neurologicznej Dr hab. n. med. Małgorzaty Łukowicz na prowadzenie badania.

Na podstawie przedłożonej dokumentacji, prezentacji dr G. Stępowskiej, dyskusji i wyniku tajnego głosowania Komisja Bioetyczna przy IPCZD wyraziła zgodę na przeprowadzenie badania.

Skład i działanie Komisji zgodne z GCP oraz wymogami lokalnymi.

Lista członków Komisji biorących udział w posiedzeniu stanowi załącznik do niniejszego dokumentu.

PRZEWODNICZĄCA KOMISJI BIOETYCZNEJ
przy Instytucie „Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka”



Prof. dr hab. n. med. Joanna Pawłowska

Warszawa, dnia 02.04.2015 r.

INDYWIDUALNY WKŁAD PRACY WSPÓŁAUTORÓW W POWSTANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: How to define paediatric flatfoot. Comparison of 2 methods: foot posture in static and dynamic conditions in children 5 to 9 years old.

AUTORZY: A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska

CZASOPISMO: Foot & Ankle Specialist, 2023; 16: 43-49, (on-line first, published 2021/22)
70 pkt

Anna Boryczka: 45% - opracowanie koncepcji i założeń pracy badawczej, określenie celów i hipotez, projektowanie planu badawczego, ustalanie metodyki, przegląd piśmiennictwa, gromadzenie danych, ich organizacja, weryfikacja i archiwizacja, analiza uzyskanych wyników i ich interpretacja w kontekście pierwotnych celów badawczych oraz aktualnego stanu wiedzy naukowej, przygotowanie tekstu artykułu

Małgorzata Kalinowska: 10% - zbieranie danych, zarządzanie danymi badawczymi, analiza danych, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Ewa Szczerbik: 10% - zbieranie danych, zarządzanie danymi badawczymi, analiza danych, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Jolanta Stębowska: 7% - współpomysłodawca projektu, pomoc przy opracowaniu koncepcji i założeń pracy badawczej, pomoc przy interpretacji wyników, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Anna Łukaszewska: 8% - rekrutacja pacjentów, zbieranie danych, pomoc przy projektowaniu planu badawczego, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Małgorzata Syczewska: 20% - ustalenie metodyki, analiza danych, przygotowanie tabel i wykresów z danymi, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji, korespondencja z wydawnictwem, udzielanie odpowiedzi na uwagi recenzentów, nadzór nad projektem badawczym.

INDYWIDUALNY WKŁAD PRACY WSPÓŁAUTORÓW W POWSTANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Comparison of 2 conservative treatment approaches for the flat foot in children aged 5 to 10: Foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska

CZASOPISMO: Clinical Peditarics, 2023, on-line first, published 11.05.20023
<https://doi.org/10.1177/00099228231172480>. Impact Factor 1,5, 70 pkt

Anna Boryczka: 45% - opracowanie koncepcji i założeń pracy badawczej, określenie celów i hipotez, projektowanie planu badawczego, ustalanie metodyki, przegląd piśmiennictwa, gromadzenie danych, ich organizacja, weryfikacja i archiwizacja, analiza uzyskanych wyników i ich interpretacja w kontekście pierwotnych celów badawczych oraz aktualnego stanu wiedzy naukowej, przygotowanie tekstu artykułu

Małgorzata Kalinowska: 10% - zbieranie danych, zarządzanie danymi badawczymi, analiza danych, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Ewa Szczerbik: 10% - zbieranie danych, zarządzanie danymi badawczymi, analiza danych, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Jolanta Stębowska: 7% - współpomysłodawca projektu, pomoc przy opracowaniu koncepcji i założeń pracy badawczej, pomoc przy interpretacji wyników, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Anna Łukaszewska: 8% - rekrutacja pacjentów, zbieranie danych, pomoc przy projektowaniu planu badawczego, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Małgorzata Syczewska: 20% - ustalenie metodyki, analiza danych, przygotowanie tabel i wykresów z danymi, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji, korespondencja z wydawnictwem, udzielanie odpowiedzi na uwagi recenzentów, nadzór nad projektem badawczym.

INDYWIDUALNY WKŁAD PRACY WSPÓŁAUTORÓW W POWSTANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Changes of the gait induced by two different conservative methods applied to correct flexible flat feet in children 5 to 9 years old: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska

CZASOPISMO: Biomedical Human Kinetics, 2023, zaakceptowany do druku, Impact Factor 0,8, 140 pkt

Anna Boryczka: 45% - opracowanie koncepcji i założeń pracy badawczej, określenie celów i hipotez, projektowanie planu badawczego, ustalanie metodyki, przegląd piśmiennictwa, gromadzenie danych, ich organizacja, weryfikacja i archiwizacja, analiza uzyskanych wyników i ich interpretacja w kontekście pierwotnych celów badawczych oraz aktualnego stanu wiedzy naukowej, przygotowanie tekstu artykułu

Małgorzata Kalinowska: 10% - zbieranie danych, zarządzanie danymi badawczymi, analiza danych, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Ewa Szczerbik: 10% - zbieranie danych, zarządzanie danymi badawczymi, analiza danych, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Jolanta Stębowska: 7% - współpomysłodawca projektu, pomoc przy opracowaniu koncepcji i założeń pracy badawczej, pomoc przy interpretacji wyników, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Anna Łukaszewska: 8% - rekrutacja pacjentów, zbieranie danych, pomoc przy projektowaniu planu badawczego, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Małgorzata Syczewska: 20% - ustalenie metodyki, analiza danych, przygotowanie tabel i wykresów z danymi, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji, korespondencja z wydawnictwem, udzielanie odpowiedzi na uwagi recenzentów, nadzór nad projektem badawczym.

INDYWIDUALNY WKŁAD PRACY WSPÓŁAUTORÓW W POWSTANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9.

AUTORZY: A. Boryczka-Trefler, M. Kalinowska, E. Szczerbik, J. Stębowska, A. Łukaszewska, M. Syczewska

CZASOPISMO: Diagnostics 2022, 12, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>, Impact Factor 3.600, 70 pkt

Anna Boryczka: 45% - opracowanie koncepcji i założeń pracy badawczej, określenie celów i hipotez, projektowanie planu badawczego, ustalanie metodyki, przegląd piśmiennictwa, gromadzenie danych, ich organizacja, weryfikacja i archiwizacja, analiza uzyskanych wyników i ich interpretacja w kontekście pierwotnych celów badawczych oraz aktualnego stanu wiedzy naukowej, przygotowanie tekstu artykułu

Małgorzata Kalinowska: 10% - zbieranie danych, zarządzanie danymi badawczymi, analiza danych, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Ewa Szczerbik: 10% - zbieranie danych, zarządzanie danymi badawczymi, analiza danych, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Jolanta Stębowska: 7% - współpomysłodawca projektu, pomoc przy opracowaniu koncepcji i założeń pracy badawczej, pomoc przy interpretacji wyników, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji


Anna Łukaszewska: 8% - rekrutacja pacjentów, zbieranie danych, pomoc przy projektowaniu planu badawczego, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji

Małgorzata Syczewska: 20% - ustalenie metodyki, analiza danych, przygotowanie tabel i wykresów z danymi, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji, korespondencja z wydawnictwem, udzielanie odpowiedzi na uwagi recenzentów, nadzór nad projektem badawczym.

Clinical Research

How to Define Pediatric Flatfoot

Comparison of 2 Methods: Foot Posture in Static and Dynamic Conditions in Children 5 to 9 Years Old

Anna Boryczka-Trefler, MSc,
Małgorzata Kalinowska, MSc ,
Ewa Szczerbik, MSc,
Jolanta Stępowaska, PhD,
Anna Łukaszewska, MD,
and Małgorzata Syczewska

Abstract: Flexible flatfoot is the most common posture deformity among children. There are many diagnostic techniques to identify it, from clinical observation to measurements and imaging techniques, both in static and in dynamic conditions, but their reliability, validity, and accuracy are still unproven. The static and dynamic conditions differ; thus, the aim was to compare the results of the evaluation of flatfeet in 50 children (5-9 years of age) in both conditions: standing versus gait.

Static evaluation. Comparison of the footprints (Harris and Beath pedograph) with the Clarke's footprinting graphics.

Dynamic evaluation. On the same day, all children underwent pedobarography during gait. Geometric measures of the feet (midfoot width, instep width, instep, foot width) were calculated together with the Arch Index. In the static condition, 87 of 100 were classified as a flatfoot, whereas during walking, there were just 56 feet

classified as flat. So 35 feet classified on the basis of the clinical examination and Clarke's footprint chart as flatfeet, according to the Arch Index calculated during walking were not flat, and 4 feet classified on the basis of Clarke's footprint chart as normal according to the Arch Index were flat.

Levels of Evidence: Prospective cohort study

Keywords: flatfoot; children; statics; dynamics

Introduction

Pes planus (or flatfoot) is a postural deformity, defined as a partial or total collapse of the medial longitudinal arch of the foot, accompanied by the following 3-dimensional foot deformities: hindfoot eversion, forefoot adduction and

supination, and lateral subluxation of the navicular bone and heel valgus deformity.¹

Flexible flatfoot is the most common posture deformity among children.²⁻⁵ The prevalence of flexible flatfoot among children is estimated from a few

“Despite the fact that flexible flatfoot is one of the main problems in children, there are still neither commonly accepted criteria for the diagnosis of flatfoot nor generally used methods for feet assessment.”

percent to tens of percent, and it depends on several factors such as age, gender, weight, diagnostic methods used, their accuracy, and evaluation criteria.⁶⁻⁸ Chen et al⁹ stated that the

DOI: 10.1177/1938640021991345. From the Department of Rehabilitation, The Children's Memorial Health Institute, Warszawa, Poland. Address correspondence to: Małgorzata Syczewska, Department of Rehabilitation, The Children's Memorial Health Institute, Al Dzieci Polskich 20, Warszawa, 04-730, Poland; e-mail: m.syczewska@ipczd.pl.

For reprints and permissions queries, please visit SAGE's Web site at <http://www.sagepub.com/journalsPermissions.nav>.

Copyright © 2021 The Author(s)

problem of flatfoot affects from 2.8% to 24.2% of children, whereas Radzimińska et al⁴ in their study showed that the prevalence of flatfoot in early school children (levels 1-3) is much higher, at 33%. Pfeiffer et al⁷ evaluated 835 children who were 3 to 6 years old in their study and proved that the prevalence of flatfoot in this group was 44%; however, a pathological flatfoot was found in less than 1% of evaluated children. The authors used criteria defined by the German Orthopedic Association: a pathological flatfoot has a valgus angle of the heel $>20^\circ$ and/or the patient is unable to perform active self-correction while standing on tiptoes.

Some studies show that the prevalence of flexible flatfoot among children is between 48% and 77.9%, but there is a deficiency of unambiguous flatfoot criteria, standard diagnostic methods, and treatment strategies.⁸⁻¹⁴ It seems that one of the main reasons for such great discrepancies in the prevalence of flatfoot is the age of children taking part in studies because prevalence depends very much on age: it is higher among young children than in older ones. Flatfoot prevalence is estimated to range from 37% to 59.5% in children aged 2 to 6 years and from 4% to 19.1% in children aged 8 to 13 years.^{7,11,12,15}

Pediatric flatfoot can be classified either as rigid or flexible. If the foot arch rebuilds in non-weight-bearing conditions, it is defined as a flexible pes planus, whereas if it does not rebuild, it is a rigid pes planus. Rigid pes planus occurs in around 1% of the population.^{10,16,17} Pediatric flexible flatfoot can be further classified as symptomatic or asymptomatic. Children with symptomatic flatfoot suffer from symptoms such as pain, balance disorders, or activity limitations, whereas children with asymptomatic pes planus present no such symptoms.^{1,10,16,17} Asymptomatic flatfoot can be categorized into 2 groups: developmental pediatric flatfoot, in which an arch develops with age, and nondevelopmental pediatric flatfoot, where the morphological features deteriorate with time.^{10,16}

Some researchers suggest that treatment of asymptomatic pediatric flatfoot is not necessary because such a flatfoot does not decrease motor activities of the children and does not cause any motor limitations or disabilities.^{7,10,18} However, some studies proved that pediatric flatfoot may cause poor balance, motor and gait abnormalities, and participation withdrawal and this can be sufficient reason for intervention.^{9,10,17,19-23}

For pediatric clinicians, it is very important to have a standard, reliable diagnostic method to identify a pediatric flexible pes planus. Meanwhile, there are a lot of diagnostic techniques, from clinical observation to measurements and imaging techniques, including those in weight-bearing and non-weight-bearing positions or in static and in dynamic conditions. But their reliability, validity, and accuracy are still unproven.^{10,24} In their study, Evans et al²⁴ tried to provide an evidence-based clinical tool for the standardized evaluation of pes planus in children, which led to the development of the algorithm for diagnosis of pediatric flatfoot proforma (p-FFP), which can be considered as an attempt at a standardized diagnostic method. p-FFP is, according to its authors, a reliable tool for diagnostic purposes, assessment, and treatment planning of flatfoot in children. The goal of the p-FFP is to help the clinician make a correct diagnosis and direct treatment depending on it. The p-FFP includes information about the presence/absence of symptoms, medial arch height, navicular height, heel position, resting calcaneal stance position, knee position, and muscle tone/ligament laxity. Three flatfoot subtypes emerge from this test, and any action taken is related to these subtypes. Treatment is recommended when symptomatic flexible flatfoot (type 1) is diagnosed. Asymptomatic, nondevelopmental typical flexible flatfoot (type 2) should be observed over time to determine whether morphological features deteriorate. When asymptomatic, developmental typical flexible flatfoot (type 3) is diagnosed, no treatment is needed. The limitation of this tool is the

fact that all tests are performed in static conditions.

Nowadays, much more frequently, pes planus is also examined in dynamic conditions by measuring plantar loads during walking. It can be made with the help of different pedobarographic systems, such as the in-shoe system, platforms, or walkways. Such systems and measurement of plantar pressure and force data provide information about how the foot is functioning during movement in weight-bearing conditions.

Despite the fact that flexible flatfoot is one of the main problems in children, there are still neither commonly accepted criteria for the diagnosis of flatfoot nor generally used methods for feet assessment. In a review paper, Banwell et al²⁵ found that there are approximately 20 foot measures used and 40 definitions of the pediatric flatfoot. Only in a limited number of papers were comparisons between different methods or flatfoot definitions done,^{25,26} and in the majority of such studies, these were performed in static conditions.

The evaluation in static and dynamic conditions differ; thus, the aim of this study was to compare the results of the evaluation of flatfeet in children between 5 and 9 years of age in static and dynamic conditions and to see if the results of the 2 evaluations are similar because standing position and walking are 2 different motor control functions.

Material and Methods

Material

A total of 50 children (38 boys and 12 girls) took part in the study. Children were recruited to this study during the clinical examination. The inclusion criteria were as follows: age from 5 to 9 years and flexible flatfoot found during a clinical examination. Exclusion criteria were rigid flatfoot, feet failure caused by damaged CNS, neuromuscular diseases, lower-limb injury, or surgical intervention. The demographic characteristic of the group is presented in Table 1.

The study was approved by the local ethical committee. Informed consent was obtained from the parents of all children

Table 1.

Demographic Characteristics of the Group.

| | Number of patients | Median | Minimum | Maximum | Percentile 5.0 | Percentile 95.0 |
|--------------------------|--------------------|--------|---------|---------|----------------|-----------------|
| Age | 50 | 6.4 | 5.0 | 8.8 | 5.1 | 8.6 |
| Height (cm) | 50 | 124.80 | 12.0 | 141.5 | 111.0 | 137.0 |
| Weight (kg) | 50 | 24.5 | 18.5 | 39.2 | 19.3 | 36.0 |
| BMI (kg/m ²) | 50 | 16.0 | 13.0 | 22.0 | 14.0 | 21.0 |

Figure 1.

Clarke's footprinting graphics for feet assessment: numbers 4 to 6 present the footprints of correctly built feet; numbers 1 to 3 are footprints of hollow feet; and numbers 7 to 10 are footprints of flatfeet.



taking part in the study, before their enrollment.

Methods

Diagnosis of the flexible flatfoot was based on physical exam and comparison of the footprints obtained on the Harris and Beath pedograph with the Clarke's footprinting graphics presented in Figure 1.

Flatfoot was diagnosed when during the examination, while standing, the longitudinal arch was not visible and/or the medial side of the foot was bulging because of the talus head protruding below to the medial malleolus and the ink footprint from the Harris and Beath pedograph matched Clarke's footprinting graphics types 7 to 10. Flexible flatfoot was diagnosed when the longitudinal arch rebuilt while standing, with raised heels and in non-weight-bearing conditions.

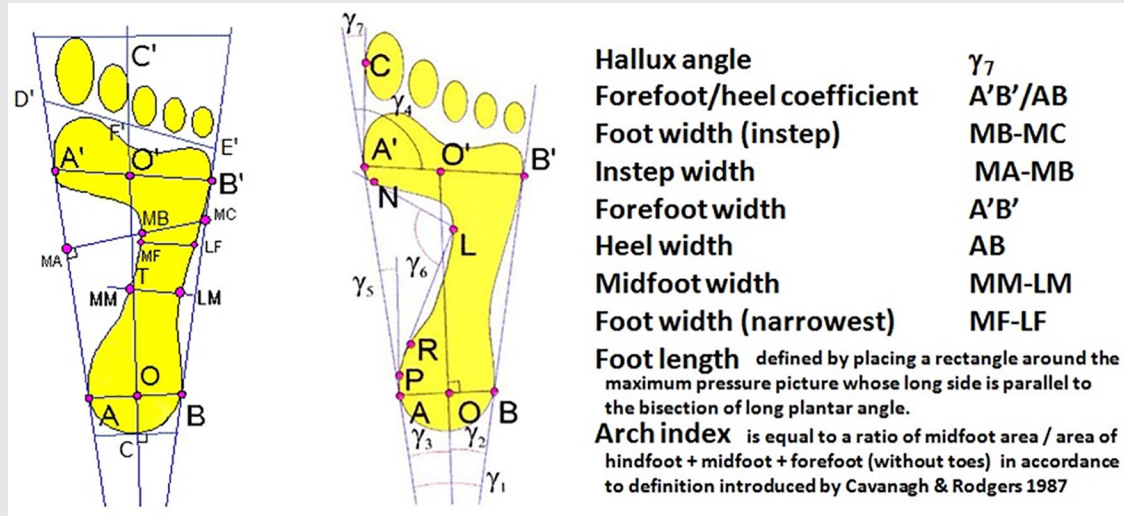
Before the examination, the mat of the Harris and Beath pedograph was inked on its rigid side with ink. Then a sheet of paper was placed on it and a child was asked to stand with one foot on the mat and the second foot on the ground. Children were asked to keep the feet parallel to each other, with the distance between them approximate to the pelvis width, arms hanging along the trunk, and the body weight divided evenly between the feet. Then, the child changed their standing foot on the mat. After that, the obtained ink footprint was matched with Clarke's footprinting graphics (see Figure 1). The matching of footprints was performed by 2 independent, experienced examiners. In this study, no discrepancy between the examiners' assessment occurred. On the same day, all children participating in the study underwent pedobarography during gait.

Plantar loads were registered using the emed system (Novel Company). Children were asked to walk barefoot several

times on a pathway with a built-in pedobarography platform with their normal, self-selected speed. Data from 3 plantar loads of the left and 3 plantar loads of the right foot of each child were averaged and taken for further analysis. Before collection of the data, children walked several times on the pathway to get accustomed to the new experimental environment. These trials also enabled the examiner to set the best start line to ensure proper walking distance, which helped avoid unnatural gait patterns. Geometric measures (parameters) of the feet (midfoot width, instep width, instep, foot width) were calculated by Novel software. The Arch Index was calculated according to the definition presented in Figure 2.

Statistical analysis of the data was done using the following methods:

- the χ^2 test to check that the variables were normally distributed;
- the Wilcoxon signed-rank test for matched pairs to find differences between parameters of left and right feet;
- the Spearman rank correlation to calculate coefficient between foot types classified according to Clarke's footprint chart and parameters calculated during the examination on the emed platform;
- multiple regression to determine the relationship between foot types classified according to Clarke's footprint chart and parameters calculated during the examination

Figure 2.The definition of geometric foot parameters.³⁶

- (walking trials) on the pedobarography platform; and
 - discriminant analysis of the groups classified according to Clarke's footprint classification as flatfeet and normal feet, and age. This analysis was performed as additional confirmation that Clarke's classification from the footprint and Arch Index calculated from pedobarography while walking gave different results.

The level of statistical significance was set as 0.05.

Results

Only 3 parameters in the study were normally distributed; therefore, all variables were summarized by medians and ranges (minimum, maximum; 5th and 95th percentiles).

Using the Wilcoxon signed-rank test for matched pairs, no significant differences between parameters of left and right feet were found. Therefore, the data of left and right feet were pooled together, and data of 100 feet were further analyzed. Because the aim of the study was the comparison of the 2 methods and not groups of patients the feet were regarded

as independent units. The summary of the measurements by emed parameters is presented in Table 2.

Based on Clarke's footprinting graphics, a flatfoot is a foot classified as types 7 to 10. The ratio of the Arch Index calculated by emed software for a flatfoot is equal to or >0.27 .^{27,28} Based on Clarke's footprint chart, the feet were classified as follows: type 6, 11 feet; type 7, 27 feet; type 8, 22 feet; type 9, 18 feet; and type 10, 20 feet. Thus, there were 87 feet classified as flat (types 7-10) and 11 feet as not flat (type 6). After the examination on the pedobarography platform during walking, based on the Arch Index ratio, there were 56 feet described as flat and 42 as not flat. So 35 feet classified on the basis of Clarke's footprint chart as flatfeet were not flat according to the Arch Index, and 4 feet classified on the basis of Clarke's footprint chart as normal were flat according to the Arch Index (Table 3).

The Spearman rank correlation coefficient between foot types classified according to Clarke's footprint chart and values calculated during the examination on the pedobarography platform were calculated. The following correlation coefficients were statistically significant,

but weak or medium: forefoot/heel coefficient ($R = 0.368$), forefoot width ($R = -0.289$), narrowest foot width ($R = 0.591$). The strongest correlations were observed with instep width ($R = -0.739$), midfoot width ($R = 0.642$), and Arch Index ($R = 0.641$).

Multiple regression proved that the only parameter that statistically significantly correlated with Clarke's footprint classification was foot width (instep). The model has moderate statistical significance ($R = 0.652$). Discriminant analysis was additionally performed for the 2 feet groups classified according to Clarke's footprint classification as flatfeet and normal feet. Discriminant analysis of emed parameters and age revealed that proper adjustment to Clarke's footprint classification was age and none of the dynamic parameters from the emed platform.

Also, a discriminant analysis was performed for the 2 feet groups using the Arch Index value as flatfeet and normal feet. The results showed that the only parameter that discriminates the 2 groups (predictor) was midfoot width. The classification matrix showed that this model correctly classifies 88.0% of all

Table 2.

Foot Parameters on the Platform System emed Registered While Walking.

| | Number of feet | Median | Minimum | Maximum | Percentile 5.0 | Percentile 95.0 |
|---------------------------|----------------|--------|---------|---------|----------------|-----------------|
| Hallux angle (deg) | 100 | 3.95 | -7.90 | 22.10 | -4.00 | 13.05 |
| Forefoot/heel coefficient | 100 | 0.58 | 0.47 | 0.91 | 0.52 | 0.75 |
| Foot width (cm) | 100 | 3.90 | 0.50 | 7.00 | 2.45 | 6.70 |
| Instep width (cm) | 100 | 2.25 | 0.10 | 4.20 | 0.30 | 3.45 |
| Arch index | 100 | 0.29 | 0.12 | 0.38 | 0.22 | 0.36 |
| Forefoot width (cm) | 100 | 7.70 | -2.30 | 9.50 | 6.65 | 8.70 |
| Heel width (cm) | 100 | 4.50 | 3.70 | 6.50 | 3.90 | 5.60 |
| Midfoot width (cm) | 100 | 3.40 | 1.00 | 5.80 | 1.90 | 5.40 |
| Foot width (cm) | 100 | 2.95 | 0.40 | 20.00 | 1.35 | 4.25 |
| Foot length (cm) | 100 | 20.50 | 17.50 | 23.60 | 18.60 | 22.55 |

Table 3.

Summary of the Number of Feet Classified as Flat According to emed (Arch Index) and Clarke's Footprint.

| | Evaluation according to Clarke's footprint chart: not flatfoot | Evaluation according to Clarke's footprint chart: flatfoot | Total |
|---|--|--|-------|
| Evaluation according to emed: no flatfeet | 7 | 35 | 42 |
| Evaluation according to emed: flatfeet | 4 | 52 | 56 |
| Total | 11 | 87 | 98 |

feet (97.6% to the no flatfoot group, and 81.0% to the flatfoot group). The median value of the midfoot width for the no flatfoot group was 2.55 (cm) and for the flatfoot group, 4.60 (cm); the mean foot length was 20.5 (cm).

Discussion

The study was designed to investigate if the evaluation of the feet in children aged between 5 and 9 years in static and dynamic conditions gives similar results. The results of this study proved that there

is a significant difference between the outcome of classifying the feet in static and dynamic conditions. In the static condition, 87 feet of 100 were classified as a flatfoot (type 7-10), whereas in the dynamic condition, there were just 56 feet described as flat. So 35 feet classified on the basis of the clinical examination and Clarke's footprint chart as flatfeet, were not flat according to the Arch Index calculated in dynamic conditions, and 4 feet classified on the basis of Clarke's footprint chart as normal were flat according to the Arch Index (see Table 3).

We need to evaluate why there is such a difference depending on the condition under which the examination was done. Barisch-Fitz et al²⁹ in their study identified significant differences between loaded static and dynamic foot morphology in developing feet. In this study, the following foot measures were analyzed: foot height, length, width, and girth, and it was found that all of them were statistically different in static and dynamic conditions. There was a reported increase in foot height, length, and width and also a reduction in foot

girth. This finding might be a result of muscle activity during walking. What is important is that all measured foot indices may not fully reflect foot function and may need placement within a clinical context.^{25,29,30} Structurally abnormal feet in the static condition can function correctly in the dynamic condition and vice versa: a seemingly structurally correct foot could be functionally poor. Moreover, we are still not sure which of the foot measures are best suitable to assess the posture of the developing foot^{30,31} and how important, if at all, measurements of the developing foot in the static condition are, in the absence of functional and clinical data.³⁰ Especially evaluating and categorizing of a foot posture based on 2-dimensional footprints seems to be not enough given the complexity of a human foot, which is a 3-dimensional structure and moves in all 3 planes.³²

Because there is a significant difference in results between static and dynamic values, the question arises as to whether the evaluation of feet only in static conditions is enough to diagnose a flatfoot and to take a right decision about the intervention. The challenge for clinicians is to identify when a child's foot posture is within or out of developmental patterns, particularly in relation to foot function and whole body posture.^{16,25,33}

Relying on static, 1- or 2-dimensional foot evaluations may very often lead to pediatric flatfoot being unnecessarily treated.^{10,11,16} That is why, recently, there were attempts to create evidence-based algorithms on how to diagnose and when to undertake treatment of flexible flatfoot in children.^{16,24,34} Also, there are some further controversies. First, although there is consensus among researchers that symptomatic foot should be treated, there is still no agreement about what to do with an asymptomatic foot, especially given that the number of children with asymptomatic feet is pretty high.^{16,35} Some researchers and clinicians say that the absence of symptomatology in very young children is an unreliable indicator of optimum foot function.³⁵ Also, because there are not enough data

to help guide us, Harris stated as follows: "You have to examine the child and decide whether the approach you take will achieve the goal, and you have to consider the long-term consequences of doing nothing."³⁵ Harris agrees with Scherer: "We have to make decisions based on what we know—on a combination of evidence-based information and anecdotal information."³⁵ Second, even though these recently developed algorithms do consider the 3-dimensional complexity of a foot, all of them are based on examination in static conditions and do not include examination in dynamic conditions. Even 2 different static foot measures can give varying results: Gijon-Nogueron et al²⁶ proved that Clarke's angle calculated from the footprint overestimates the occurrence of flatfeet in comparison to the foot posture index.

Considering the different results from the foot examination in static and dynamic conditions, it could be of great value to add dynamic tests to already existing algorithms for pediatric flexible foot evaluation. Such dynamic tests need to be valid, reliable, and appropriate for the developing foot posture and easy to use for clinicians and children because for complete evaluation of a pediatric foot, it is necessary to consider not just its posture but also its dynamic function together with the child's physical performance and participation in their environments.

There are a few limitations to this study. The first is that there was imbalance between the number of female and male participants, but this was not intended; rather, it arose from the flow of patients in the outpatient clinic who fulfilled the study criteria and agreed to participate. Another limitation is the use of different definitions of flatfoot for the 2 methods. The reason behind this decision was the fact that Clarke's is characteristic for the footprint and the Arch Index for pedobarography. The Arch Index is calculated from the foot parameters calculated by the emed software. Maybe the same parameters could be obtained from the footprints, but only manually, and their reliability

would have to be proved first. All patients were examined while barefoot. The use of footwear could change the foot biomechanics, especially during walking, but such changes could strongly depend on the type of footwear; therefore, no footwear was used.

Declaration of Conflicting Interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Funding

The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Ethical Approval

Approval of the local ethical committee in The Children's Memorial Health Institute no 196/KB/2015.

Informed Consent

Informed consent was given by all parents/guardians before the examination.

Trial Registration

Not applicable, because this article does not contain any clinical trials.

ORCID iD

Małgorzata Syczewska  <https://orcid.org/0000-0002-8872-6476> 

References

1. American College of Foot and Ankle Surgeons. Pediatric flatfoot. Accessed January 20, 2021. <https://www.acfas.org/footankleinfo/pediatric-flatfoot.htm>
2. Gawron A, Janiszewski M. Płaskostopie u dzieci—częstość występowania wady a wartości masy i wzrostu odniesione do siatki centylowej. *Med Sport*. 2005;21:99-110.
3. Puzder A, Gworys K. Ocena występowania zaburzeń statyki kończyn dolnych wśród dzieci z regionu miejskiego i wiejskiego—badania pilotażowe. *Kwart Ortop*. 2011;4:377-385.
4. Radziwińska A, Bułatowicz I, Strojek K, et al. Analysis of the occurrence of foot defects

- among children grades 1-3 elementary school. *J Health Sci.* 2014;4:197-208.
5. Bac A, Woźniacka R, Szporów T. Ocena ilości rodzaju wad stóp w stosunku do stóp prawidłowo wysklepionych u dzieci w wieku przedszkolnym i wczesnoszkolnym. *Fam Med Prim Care Rev.* 2008;10:1278-1283.
 6. Panagiotis S, Theodoros B, Grivas C, et al. The evolution of foot morphology in children between 6 and 17 years of age: a cross-sectional study based on footprints in a Mediterranean population. *J Foot Ankle Surg.* 2005;44:424-428.
 7. Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics.* 2006;118:634-639.
 8. Walczak M, Misterska E. Ocena wpływu wybranych parametrów morfologicznych na występowanie stopy płasko-koślawej u dzieci. *Nowiny Lekarskie.* 2008;77:343-346.
 9. Chen KC, Tung LC, Tung CH, et al. An investigation of the factors affecting flatfoot in children with delayed motor development. *Res Dev Disabil.* 2014;35:639-645.
 10. Dars S, Uden H, Banwell HA, et al. The effectiveness of non-surgical intervention (foot orthoses) for paediatric flexible pes planus: a systematic review: update. *PLoS One.* 2018;13:e0193060.
 11. Evans AM, Rome KA. Cochrane review of the evidence for non-surgical interventions for flexible pediatric flat feet. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2011;47:69-89.
 12. Halabchi F, Mazaheri R, Mirshahi M, Abbasian L. Pediatric flexible flatfoot; clinical aspects and algorithmic approach. *Iran J Pediatr.* 2013;23:247-260.
 13. Gould N, Moreland M, Alvarez R, et al. Development of the child's arch. *Foot Ankle.* 1989;9:241-245.
 14. Nikolaidou ME, Boudolos KD. A footprint-based approach for the rational classification of foot types in young schoolchildren. *Foot.* 2006;16:82-90.
 15. Lee JS, Kim KB, Jeong JO, Kwon NY, Jeong SM. Correlation of foot posture index with plantar pressure and radiographic measurements in pediatric flatfoot. *Ann Rehabil Med.* 2015;39:10-17.
 16. Evans AM. The flat-footed child—to treat or not to treat: what is the clinician to do? *J Am Podiatr Med Assoc.* 2008;98:386-393.
 17. Harris EJ, Vanore JV, Thomas JL, et al. Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. *J Foot Ankle Surg.* 2004;43:341-373.
 18. Tudor A, Ruzic L, Sestan B, Sirola L, Prpic T. Flat-footedness is not a disadvantage for athletic performance in children aged 11 to 15 years. *Pediatrics.* 2009;123:e386-e392.
 19. Rome K, Ashford RL, Evans A. Non-surgical interventions for pediatric pes planus. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010;(7):CD006311.
 20. Powell M, Seid M, Szer IS. Efficacy of custom foot orthotics in improving pain and functional status in children with juvenile idiopathic arthritis: a randomized trial. *J Rheumatol.* 2005;32:943-950.
 21. Rotter I, Wicher J, Zułak-Bączkowska K. Profilaktyka i korekcja wad postawy u dzieci w wieku przedszkolnym w opinii rodziców. *Fam Med Prim Care Rev.* 2009;11:1471-1472.
 22. Wenger DR, Mauldin D, Speck G, Morgan D, Lieber RL. Corrective shoes and inserts as treatment for flexible flatfoot in infants and children. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71:800-810.
 23. Whitford D, Esterman A. A randomized controlled trial of two types of in-shoe orthoses in children with flexible excess pronation of the feet. *Foot Ankle Int.* 2007;28:715-723.
 24. Evans AM, Nicholson H, Zakarias N. The paediatric flat foot proforma (p-FFP): improved and abridged following a reproducibility study. *J Foot Ankle Res.* 2009;2:25.
 25. Banwell HA, Paris ME, Mackintosh S, Williams CM. Paediatric flexible flat foot: how are we measuring it and are we getting it right? A systematic review. *J Foot Ankle Res.* 2018;11:21.
 26. Gijon-Nogueron G, Marchena-Rodriguez A, Montes-Alguacil J, Evans AM. Evaluation of the paediatric foot using footprints and foot posture index: a cross-sectional study. *J Paediatr Child Health.* 2020;56:201-206.
 27. Bosch K, Gerss J, Rosenbaum D. Development of health children's feet—nine years results of longitudinal investigation of plantar loading pattern. *Gait Posture.* 2010;32:564-571.
 28. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: a useful measure from footprints. *J Biomech.* 1987;20:547-551.
 29. Barisch-Fritz B, Schmeltzpfenning T, Plank C, Grau S. Foot deformation during walking: differences between static and dynamic 3D foot morphology in developing feet. *Ergonomics.* 2014;57:921-933.
 30. Uden H, Scharfbillig R, Causby R. The typically developing paediatric foot: how flat should it be? A systematic review. *J Foot Ankle Res.* 2017;10:37.
 31. Onodera A, Sacco I, Morioka E, Souza PS, de Sa MR, Amadio AC. What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur? *Foot.* 2008;18:142-149.
 32. Gill SV, Keimig S, Kelty-Stephen D, Hung YC, DeSilva JM. The relationship between foot arch measurements and walking parameters in children. *BMC Pediatr.* 2016;16:15.
 33. Labovitz JM. The algorithmic approach to pediatric flexible pes planovalgus. *Clin Podiatr Med Surg.* 2006;23:57-76.
 34. Lin CJ, Lai KA, Kuan TS, Chou YL. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. *J Pediatr Orthop.* 2001;21:378-382.
 35. Groner C. Numbers needed to treat? The pediatric flexible flatfoot debate. Accessed January 20, 2021. https://lermagazine.com/cover_story/numbers-needed-to-treat-the-pediatric-flexible-flatfoot-debate
 36. Novel scientific medical manual v.2.3. Novel GmbH. 2012. <https://www.novel.de/products/emed/>

Article

Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9

Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowaska, Anna Łukaszewska and Małgorzata Syczewska * 

Department Rehabilitation, The Children's Memorial Health Institute, Al. Dzieci Polskich 20, 04-730 Warszawa, Poland; a.boryczka-trefler@ipczd.pl (A.B.-T.); m.kalinowska@ipczd.pl (M.K.); e.szczerbik@ipczd.pl (E.S.); jolanta@stepowascy.pl (J.S.); a.lukaszewska@ipczd.pl (A.Ł.)

* Correspondence: m.syczewska@ipczd.pl

Abstract: Aim of the study was to see how a definition of the flexible flat foot (FFF) influences the results of gait evaluation in a group of 49 children with clinically established FFF. Objective gait analysis was performed using VICON system with Kistler force platforms. The gait parameters were compared between healthy feet and FFF using two classifications: in static and dynamic conditions. In static condition, the ink footprints with Clarke's graphics were used for classification, and in dynamic condition, the Arch Index from Emed pedobarograph while walking was used for classification. When the type of the foot was based on Clarke's graphics, no statistically significant differences were found. When the division was done according to the Arch Index, statistically significant differences between flat feet and normal feet groups were found for normalized gait speed, normalized cadence, pelvic rotation, ankle range of motion in sagittal plane, range of motion of foot progression, and two parameters of a vertical component of the ground reaction force: FZ2 (middle of stance phase) and FZ3 (push-off). Some statically flat feet function well during walking due to dynamic correction mechanisms.

Keywords: children; flat foot; gait; classification; statics vs. dynamics



Citation: Boryczka-Trefler, A.; Kalinowska, M.; Szczerbik, E.; Stępowaska, J.; Łukaszewska, A.; Syczewska, M. Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9. *Diagnostics* **2022**, *12*, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>

Academic Editors: Carlo Ricciardi, Francesco Amato and Mario Cesarelli

Received: 29 November 2021

Accepted: 17 December 2021

Published: 21 December 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

A plano-valgus foot is the most common posture deformity among children [1–3]. Despite this fact, there are still neither unambiguous diagnostic criteria of pediatric plano-valgus foot nor commonly agreed foot assessment methods. That is why the prevalence of pediatric flexible flat foot in the literature is rated from a few to ten per cent, and it depends very much on diagnostic methods used, their accuracy, evaluation criteria, children's age, their gender, and weight [4–8]. Assessment methods used by clinicians vary from clinical observation to measurements and imaging techniques both in weight-bearing and no weight-bearing positions or in static and dynamic conditions. Still, the reliability, validity, and accuracy of all these methods are unproven [9–11]. In our previous study [12], when the same feet were assessed using two different methods, one in static condition and one while walking, we found out the significant difference between the classification outcome: 35 feet (out of 100) classified as flat by static method were not flat according to dynamic classification method, and four feet classified as normal according to static method were flat according to the dynamic method.

Nowadays, the plano-valgus foot kinematics assessment methods are gaining importance because they can be used not only for the evaluation of the flat foot posture but also for the assessment of the flat foot performance during walking. Additionally, the influence of the flat foot on the overall gait pattern can be assessed. They seem to be more objective and their results more compatible among researchers. Twomey et al. [13] found increased forefoot supination and medial longitudinal arch (MLA) collapse during walking in children with a flat foot; Caravaggi et al. [14] reported greater hindfoot eversion and its plantarflexion relatively to the tibia, larger MLA collapse, and hallux dorsiflexion

throughout most of the stance phase, dorsiflexion, eversion, and abduction of the midtarsal joint and plantarflexion and adduction of the tarso-metatarsal joint. He did not observe any significant forefoot abduction relatively to the hindfoot. Similar to Caravaggi, Saraswat et al. [15] also observed larger hindfoot eversion and plantarflexion together with increased midfoot pronation and dorsiflexion in plano-valgus foot. Similar observation concerning plano-valgus foot during gait was also made by Kerr et al. [16], Kothari et al. [17], and others [18,19].

The human musculoskeletal system is a biomechanical chain; therefore, a pertinent question is whether the plano-valgus foot deformity affects not only foot joints but also upper joints of the lower extremities, pelvis, and lower back [19]. Duval et al. [20] observed that placing a foot in eversion caused subtalar pronation and this resulted in the increased internal knee and hip rotation, while placing a foot in inversion resulted in subtalar supination and increased external knee and hip rotation. However, he did not find any evidence of dependence between increased foot pronation or supination and pelvic anterior or posterior tilt. Opposite results were obtained by Pinto et al. [21]. He stated that both unilateral and bilateral calcaneal eversion obtained using medially tilted wedges resulted in pelvic anteversion. Additionally, unilateral calcaneal eversion caused a lateral pelvic tilt. Svoboda et al. [19] also reported an increase in pelvic anteversion as a result of unilateral and bilateral hindfoot eversion and additionally a significantly higher hip external rotation during the first half of the stance phase with bilateral everted hindfoot. Additionally, a study of Lopez and co-workers [22] found that the foot arch height has a global, negative impact on the quality of life of the schoolchildren, proving the importance of the foot deformities on the overall wellbeing. The similar study done under the same leadership [23] in the adults did not show any dependence between the height of the foot arch and quality of life although another study performed in the adults with foot pathologies showed that they have a worse quality of life than the general population [24].

Taking into consideration the wide range of clinical diagnostic tools and findings concerning the influence of the flat foot on gait pattern, the aim of this study was to see how a definition of the flexible flat foot (FFF) influences gait parameters in children five to nine years of age and if the choice of a diagnostic method of FFF used in the study (in static vs. dynamic conditions) affects its results. The definitions of FFF used in practice differ from each other, which means that the applied method of foot classification influences the assessment of the patient's gait stereotype and the resulting therapeutic management. The importance of the research undertaken is due to the potentially negative impact of foot deformation on the quality of life in adulthood.

2. Materials and Methods

2.1. Patients

Forty-nine children (37 boys and 12 girls) were recruited to the study. Recruitment was carried out in the period of two years during the clinical examination at The Children's Memorial Health Institute in Warsaw, Dept. Rehabilitation, at the Outpatient Clinic. All children fulfilling the criteria were invited to participate. The inclusion criteria were as follows: age from 5 to 9 years and flexible flat foot, clinically established. The exclusion criteria were: rigid flat foot, secondary flat foot caused by the damaged central nervous system (CNS), neuromuscular diseases, lower-limb injury, or surgical intervention in the lower legs in the past. The demographic characteristic of the group is presented in Table 1. The study was approved by the Local Ethical Committee. It was a prospective cohort type study.

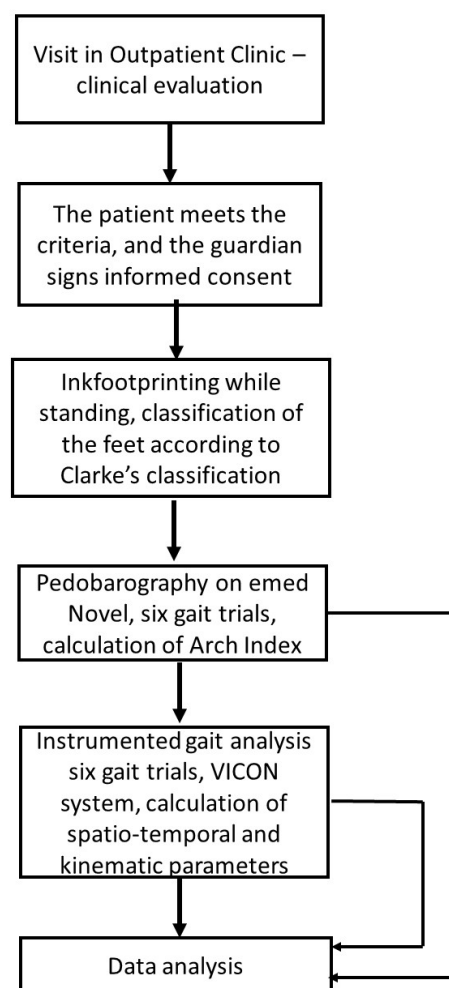
Table 1. Demographic characteristics of the group.

| | No of Subjects | Median | Minimum | Maximum | 10th Percentile | 90th Percentile |
|-----------|----------------|--------|---------|---------|-----------------|-----------------|
| Height | 49 | 124.5 | 109.5 | 140.0 | 113.0 | 135.0 |
| Body mass | 49 | 24.0 | 18.7 | 39.0 | 20.5 | 34.6 |
| BMI | 49 | 16.23 | 12.62 | 21.73 | 14.22 | 19.19 |
| Age | 49 | 6.41 | 5.04 | 10.37 | 5.24 | 8.20 |

Informed consent was obtained from the parents of all children taking part in the study before their enrolment.

2.2. Methods

Figure 1 presents the flow chart of the study.

**Figure 1.** Flow chart of the study.

2.3. Clinical Feet Assessment

Preliminary diagnose of the flexible flat foot was based on a clinical examination conducted independently by an experienced physician and physiotherapist. A foot was defined as flat when, during the examination while standing, the MLA was collapsed, and/or the medial side of the foot was bulging because of the talus head protruding just under the medial malleolus. The heel valgus angle was measured with a goniometer during standing on both feet. It was measured three times, and then, an averaged result was

calculated. Flexible flat foot was identified when the MLA rebuilt in non-weight-bearing position and while tiptoe standing.

2.4. Ink Footprints

After the preliminary examination, ink footprints from the Harris and Beath pedograph were obtained, and they were further compared with Clarke's footprinting graphics. A foot was diagnosed as flat if the ink footprint from the Harris and Beath pedograph matched Clarke's footprinting graphics types between 7 and 10. The matching of footprints was performed independently by two experienced examiners, and no discrepancy between their results occurred. The complete description of the examination methodology on the Harris and Beath pedograph is included in the previous study [12].

2.5. Pedobarography

Next, plantar loads during gait were evaluated (Figure 2A). Plantar loads were captured using the emed system (Novel Company) [25]. The complete description of the examination methodology on the emed platform is included in a previous study [12].

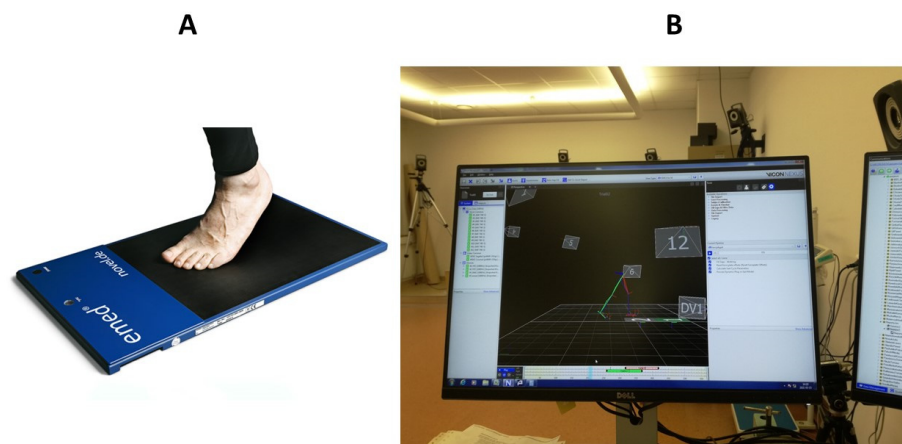


Figure 2. (A) Gait trial during pedobarography (photo from Novel's web page www.novel.de, accessed on 15 December 2021). (B) Instrumented gait analysis.

Data from three plantar loads of left and three plantar loads of right foot of each child were averaged and taken for further analysis. Geometric measures of the feet (midfoot width, instep width, instep, foot width) were calculated by Novel software. The Arch Index was calculated based on the definition introduced by Cavanagh and Rodgers. The value of Arch Index equal to 0.27 was taken as cut-off value between normal and flat foot.

2.6. Instrumented Gait Analysis

Objective gait analysis was performed using a 12 camera VICON MX System (Figure 2B). The Plug-In-Gait marker set and lower-body model were used. Patients walked with their preferred, self-selected speed several times along the walkway to obtain six technically correct trials, which were later imported to the Polygon software and averaged. The data extracted from the averaged reports were later analysed. Spatio-temporal data were expressed as per cent of the age- and sex-matched reference data [26]. The following parameters were taken into the analysis: gait speed, cadence, step length, step width, stance phase, single-stance phase, pelvic tilt, pelvic range of motion (ROM) in sagittal plane, pelvic obliquity, pelvic range of motion in frontal plane, pelvic rotation, pelvic range of motion in transversal plane, hip flexion at initial contact, hip flexion in terminal stance, hip flexion in swing, pass retract, hip range of motion, hip abduction, hip range of motion in frontal plane, hip rotation in swing, hip range of motion in transversal plane, knee flexion at initial contact, knee flexion in weight acceptance, knee flexion in standing, maximal knee flexion in

swing, knee flexion in terminal swing, knee range of motion, dorsiflexion at initial contact, maximal dorsiflexion in standing, maximal plantarflexion, plantarflexion in swing, ankle range of motion in sagittal plane, foot progression, range of motion in foot progression, and maximal values of ground reaction force components (vertical, medio-lateral, and fore-aft).

2.7. Statistical Analysis

Statistical analysis of the data comprised a chi-square test to check the variables' distribution, the Wilcoxon signed-rank test for matched pairs to find differences between parameters of left and right leg, and the Mann–Whitney U test to compare lower extremities ROM and kinematic and spatio-temporal parameters of the healthy and flat feet. The statistically significant level was set as 0.05.

Two different comparisons were performed in the analysis. In the first one, the data were divided into two groups based on Clarke's classification: the first group consisted of flat feet and the second of normal feet. In the second one, the division to flat and normal feet was based on the Arch Index from dynamic walking on emed platform.

3. Results

The comparisons of the parameters between left and right leg, done with Wilcoxon signed-rank test, showed no differences; thus, the data from left and right legs were pooled together.

When the type of the foot was based on Clarke's footprinting graphics, no statistically significant differences were found between flat feet and normal feet groups in spatio-temporal, kinematic, or ground reaction force parameters.

In the second case, when the division was done according to the Arch Index from the pedobarography, the following parameters were statistically significantly different between flat feet and normal feet groups: normalized gait speed (Figure 3), normalized cadence (Figure 3B), pelvic rotation (Figure 4A), ankle range of motion in sagittal plane (Figure 4B), range of motion of foot progression (Figure 4C), and two parameters of a vertical component of the ground reaction force: FZ2 (middle of stance phase) (Figure 5A) and FZ3 (push-off) (Figure 5B).

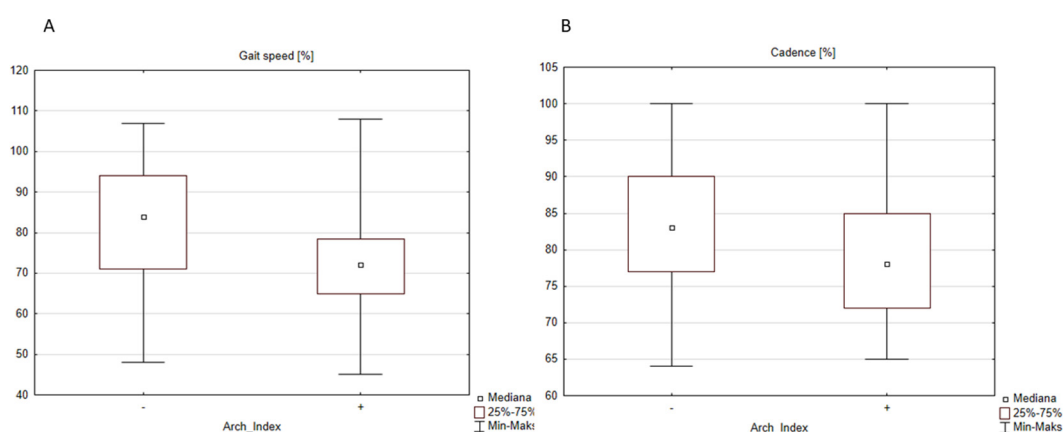


Figure 3. The influence of the type of the foot defined by the Arch Index on the spatio-temporal parameters: (A) speed, “-” —normal foot (median = 84.0%), “+” flat foot (median = 72.0%), and (B) cadence, “-” normal foot (median = 83.0%), “+” flat foot (median = 78.0%).

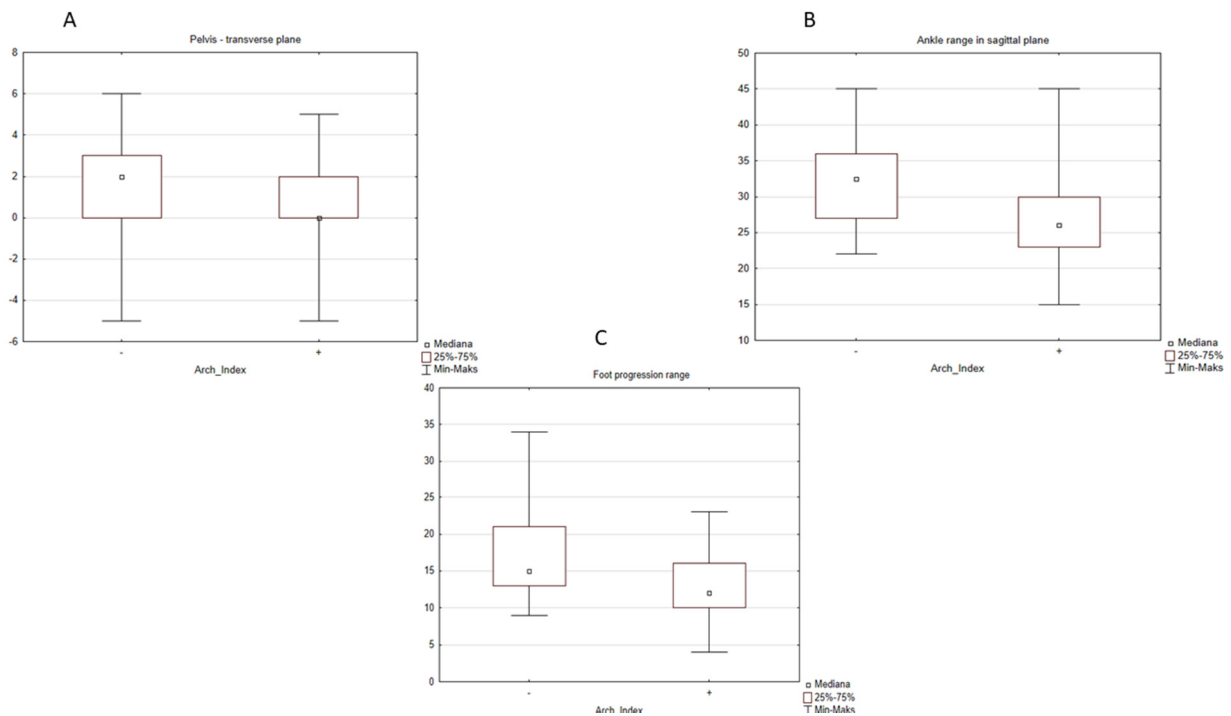


Figure 4. The influence of the type of the foot defined by the Arch Index on the kinematics: (A) pelvic rotation in transverse plane, “-” normal foot (median = 2.0), “+” flat foot (median = 0.0). (B) Ankle range in sagittal plane, “-” normal foot (range = 32.5), “+” flat foot (median = 26.0), and (C) the foot progression range, “-” normal foot (median = 15.0), “+” flat foot (median = 12.0).

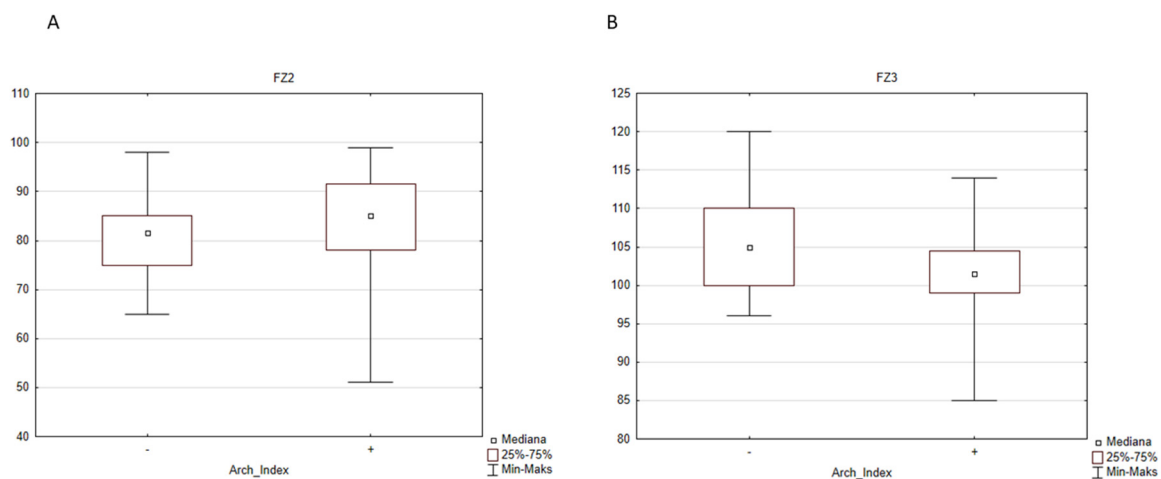


Figure 5. The influence of the type of the foot defined by the Arch Index on the parameters of the vertical ground reaction force: (A) FZ2 (middle of stance phase), “-” normal foot (median = 81.5% BW), “+” flat foot (median = 85.0% BW), and (B) FZ3 (push-off), “-” normal foot (median = 105.0% BW), “+” flat foot (median = 101.5% BW). BW, body weight.

The summary statistics of all analysed parameters is given in Tables 2 and 3. Table 2 presents the parameters when the feet were divided into flat and normal feet groups according to the ink footprinting and Clarke’s definition and Table 3 when the feet were divided according to the Arch Index from pedobarography. As all the parameters were non-normally distributed (as showed by the results of the chi-square test), the data were summarized by the medians and 10th and 90th percentiles.

Table 2. The gait parameters when the feet were divided according to the ink footprinting. The parameters were summarized by medians and 10th and 90th percentiles. Z—the results of the Mann-Whitney U test, *p*-level—probability value.

| Parameter | Flat Foot Group | Normal Foot Group | Z | <i>p</i> -Level |
|---|--------------------|--------------------|--------|-----------------|
| Normalized gait speed (%) * | 75.0 <56.0–100.0> | 74.5 <61.5–104.0> | −0.333 | 0.739 |
| Cadence (%) * | 79.0 <68.0–92.0> | 81.0 <71.0–94.5> | −0.369 | 0.711 |
| Step width (m) | 0.16 <0.12–0.2> | 0.155 <0.13–0.235> | −0.454 | 0.649 |
| Normalized step length (%) * | 93.0 <79.0–115.0> | 95.5 <84.0–115.0> | −0.916 | 0.360 |
| Stance phase (%) | 60.6 <58.8–63.2> | 61.7 <58.3–64.1> | −0.734 | 0.463 |
| Single stance phase (%) | 39.5 <35.0–43.0> | 39.2 <36.6–44.4> | 0.006 | 0.995 |
| Pelvic tilt (deg) | 8.0 <2.0–15.0> | 10.0 <−0.5–15.5> | −0.340 | 0.734 |
| Pelvic range in sagittal plane (deg) | 3.0 <2.0–5.0> | 3.0 <2.0–5.0> | −0.261 | 0.794 |
| Pelvic obliquity (deg) | 0.0 <−3.0–2.0> | 0.0 <−3.5–3.0> | 0.024 | 0.981 |
| Pelvic range in frontal plane (deg) | 6.0 <5.0–10.0> | 6.0 <5.5–8.5> | −0.455 | 0.649 |
| Pelvic rotation (deg) | 0.0 <−2.0–5.0> | 0.0 <0.0–4.0> | −0.366 | 0.714 |
| Pelvic range in transverse plane (deg) | 9.0 <5.0–14.0> | 8.5 <4.5–12.5> | 0.540 | 0.589 |
| Hip flexion at initial contact (deg) | 24.0 <15.0–34.0> | 26.5 <16.5–36.5> | −0.309 | 0.757 |
| Hip flexion at terminal stance (deg) | −13.0 <−22.0–−3.0> | −11.0 <−25.5–−5.5> | −0.170 | 0.865 |
| Hip flexion in swing (deg) | 26.0 <17.0–36.0> | 28.0 <18.5–40.5> | −0.449 | 0.654 |
| Pass retract (deg) | 0.0 <0.0–5.0> | 3.0 <0.0–5.0> | −0.914 | 0.361 |
| Hip range in sagittal plane (deg) | 38.0 <31.0–46.0> | 38.5 <33.5–49.0> | −0.285 | 0.776 |
| Hip range in sagittal plane (%) | 90.0 <76.0–105.0> | 92.0 <77.5–116.5> | −0.358 | 0.721 |
| Hip abduction (deg) | 0.0 <−5.0–5.0> | −1.0 <−5.0–4.5> | 0.667 | 0.505 |
| Hip range in frontal plane (deg) | 10.0 <6.0–13.0> | 10.0 <7.0–13.5> | −0.164 | 0.870 |
| Hip rotation (deg) | −8.0 <−22.0–14.0> | −7.5 <−15.0–13.5> | −1.644 | 0.100 |
| Hip range in transverse plane (deg) | 20.0 <14.0–35.0> | 19.0 <13.5–34.0> | 0.434 | 0.664 |
| Knee flexion at initial contact (deg) | 0.0 <−4.0–5.0> | 1.0 <−2.5–8.0> | −0.819 | 0.413 |
| Knee flexion at weight acceptance (deg) | 11.0 <5.0–17.0> | 11.5 <5.5–21.0> | −0.400 | 0.689 |
| Knee flexion at midstance (deg) | 1.0 <−4.0–5.0> | 0.5 <−4.5–7.0> | −0.182 | 0.856 |
| Max knee flexion at swing (deg) | 53.0 <46.0–58.0> | 54.0 <48.5–60.0> | −0.673 | 0.501 |
| Knee flexion in terminal swing (deg) | −5.0 <−11.0–−2.0> | −5.0 <−6.0–−3.0> | −0.772 | 0.440 |
| Knee range in sagittal plane (deg) | 55.0 <47.0–62.0> | 55.0 <47.0–64.0> | −0.461 | 0.645 |
| Ankle flexion at initial contact (deg) | −5.0 <−10.0–0.0> | −4.5 <−9.0–2.0> | 0.018 | 0.985 |
| Max dorsiflexion in swing (deg) | 14.0 <8.0–17.0> | 14.5 <9.5–18.5> | −0.606 | 0.544 |
| Max plantarflexion (deg) | −13.0 <−28.0–−2.0> | −17.0 <−20.0–−2.0> | 0.434 | 0.664 |
| Ankle range in sagittal plane (deg) | 27.0 <22.0–39.0> | 29.0 <21.0–33.5> | −0.109 | 0.914 |
| Foot progression (deg) | −3.0 <−15.0–8.0> | 0.0 <−8.0–13.5> | −0.806 | 0.420 |
| Range of foot progression (deg) | 13.0 <9.0–22.0> | 12.5 <9.5–17.0> | 0.327 | 0.743 |
| FZ1 ** | 104.0 <94.0–120.0> | 101.0 <93.5–114.5> | 0.891 | 0.373 |
| FZ2 ** | 85.0 <71.0–94.0> | 82.5 <66.5–94.0> | 0.509 | 0.611 |
| FZ3 ** | 102.0 <95.0–110.0> | 103.0 <98.5–115.5> | −0.685 | 0.493 |
| FX1 ** | 9.0 <7.0–13.0> | 9.0 <8.0–11.0> | −0.200 | 0.841 |
| FX2 ** | 0.0 <0.0–2.5> | 0.3 <0.0–3.8> | −0.382 | 0.702 |
| FY1 ** | 18.0 <12.0–23.0> | 16.5 <11.0–26.0> | 0.315 | 0.753 |
| FY2 ** | 18.0 <12.0–24.0> | 18.0 <14.5–25.0> | −0.806 | 0.420 |

* normalized to age matched reference data of healthy children; ** normalized to body weight.

Table 3. The gait parameters when the feet were divided according to the Arch Index from pedobarography. The parameters were summarized by medians and 10th and 90th percentiles. The statistically significant differences were marked by bolded font. **Z—the results of the Mann-Whitney U test, p-level—probability value.**

| Parameter | Flat Foot Group | Normal Foot Group | Z | p-Level |
|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------|--------------|
| Normalized gait speed (%) * | 72.0 <56.0–102.0> | 84.0 <61.0–100.0> | 2.112 | 0.035 |
| Cadence (%) * | 78.0 <68.0–92.0> | 83.0 <72.0–94.0> | 2.243 | 0.025 |
| Step width | 0.16 <0.12–0.22> | 0.15 <0.13–0.19> | −1.373 | 0.170 |
| Normalized step length (%) * | 90.0 <77.0–113.0> | 96.0 <80.0–116.0> | −1.699 | 0.089 |
| Stance phase (%) | 61.0 <59.0–63.8> | 60.4 <58.7–62.9> | −0.701 | 0.483 |
| Single stance phase (%) | 39.2 <35.0–43.4> | 39.8 <35.5–43.0> | 0.430 | 0.667 |
| Pelvic tilt (deg) | 9.0 <2.0–15.0> | 6.0 <−2.0–12.5> | −1.756 | 0.079 |
| Pelvic range in sagittal plane (deg) | 3.0 <2.0–5.0> | 3.0 <2.0–5.0> | 0.653 | 0.514 |
| Pelvic obliquity (deg) | 0.0 <−3.0–2.0> | 0.0 <−3.0–3.5> | 0.637 | 0.524 |
| Pelvic range in frontal plane (deg) | 6.5 <5.0–10.0> | 6.0 <5.0–9.0> | −0.499 | 0.618 |
| Pelvic rotation (deg) | 0.0 <−2.0–5.0> | 2.0 <−2.0–5.0> | 2.128 | 0.033 |
| Pelvic range in transverse plane (deg) | 9.0 <6.0–14.0> | 9.0 <5.0–14.5> | 0.523 | 0.601 |
| Hip flexion at initial contact (deg) | 26.0 <16.0–35.0> | 21.0 <15.0–33.5> | −1.269 | 0.204 |
| Hip flexion at terminal stance (deg) | −13.0 <−20.0–−5.0> | −14.5 <−27.0–−3.5> | −0.556 | 0.578 |
| Hip flexion in swing (deg) | 28.0 <17.0–37.0> | 25.5 <16.5–35.5> | −1.313 | 0.189 |
| Pass retract (deg) | 2.0 <0.0–5.0> | 0.0 <0.0–5.0> | −0.241 | 0.810 |
| Hip range in sagittal plane (deg) | 37.5 <32.0–46.0> | 38.0 <30.5–45.5> | 0.227 | 0.820 |
| Hip range in sagittal plane (%) | 88.0 <76.0–105.0> | 90.0 <77.5–108.5> | 0.706 | 0.480 |
| Hip abduction (deg) | 0.0 <−5.0–5.0> | 0.0 <−5.0–5.0> | −0.726 | 0.468 |
| Hip range in frontal plane (deg) | 10.0 <6.0–14.0> | 10.0 <8.0–13.0> | 0.819 | 0.413 |
| Hip rotation (deg) | −8.5 <−30.0–12.0> | −5.0 <−15.0–15.0> | −0.608 | 0.543 |
| Hip range in transverse plane (deg) | 20.0 <14.0–30.0> | 21.5 <12.5–43.0> | 0.722 | 0.470 |
| Knee flexion at initial contact (deg) | 0.0 <−3.0–5.0> | 1.0 <−5.0–5.0> | 0.260 | 0.795 |
| Knee flexion at weight acceptance (deg) | 11.5 <5.0–20.0> | 11.0 <5.0–16.5> | −0.268 | 0.789 |
| Knee flexion at midstance (deg) | 0.0 <−4.0–7.0> | 2.0 <−4.5–9.0> | 1.095 | 0.274 |
| Max knee flexion at swing (deg) | 53.0 <46.0–59.0> | 53.0 <47.5–59.0> | 0.053 | 0.958 |
| Knee flexion in terminal swing (deg) | −5.0 <−10.0–−2.0> | −5.0 <−13.0–−3.0> | −1.323 | 0.186 |
| Knee range in sagittal plane (deg) | 55.5 <45.0–62.0> | 54.0 <46.5–67.5> | 0.016 | 0.987 |
| Ankle flexion at initial contact (deg) | −5.0 <−10.0–0.0> | −3.0 <−12.0–0.0> | 0.811 | 0.417 |
| Max dorsiflexion in swing (deg) | 14.0 <9.0–17.0> | 13.0 <7.0–18.0> | −0.118 | 0.906 |
| Max plantarflexion (deg) | −13.0 <−22.0–−2.0> | −17.0 <−28.5–−5.0> | −1.837 | 0.067 |
| Ankle range in sagittal plane (deg) | 26.0 <21.0–35.0> | 32.5 <24.0–39.5> | 3.265 | 0.001 |
| Foot progression (deg) | −3.0 <−17.0–8.0> | −1.0 <−8.0–11.5> | 1.099 | 0.272 |
| Range of foot progression (deg) | 12.0 <8.0–19.0> | 15.0 <10.0–25.5> | 3.265 | 0.001 |
| FZ1 ** | 103.0 <93.0–117.0> | 104.5 <95.0–122.0> | 0.754 | 0.451 |
| FZ2 ** | 85.0 <71.0–94.0> | 81.5 <68.0–90.0> | −2.101 | 0.036 |
| FZ3 ** | 101.5 <94.0–101.0> | 105.0 <97.5–116.0> | 2.295 | 0.022 |
| FX1 ** | 10.0 <7.0–13.0> | 9.0 <6.5–10.5> | −1.387 | 0.165 |
| FX2 ** | 0.0 <0.0–2.5> | 1.0 <0.0–3.8> | 1.095 | 0.274 |
| FY1 ** | 17.5 <12.0–22.0> | 17.5 <11.5–24.0> | 0.466 | 0.641 |
| FY2 ** | 17.0 <12.0–23.0> | 20.5 <12.0–25.0> | 1.926 | 0.054 |

* normalized to age matched reference data of healthy children; ** normalized to body weight.

4. Discussion

It is commonly believed that flat foot affects walking pattern [14,27]. Although some tests involving children’s sport performance showed no difference between children with and without flat foot, the clinical observations show that a great part of flat feet are symptomatic, and more and more researchers find proof that not just symptomatic, but also asymptomatic flat feet do affect function [14,19,28,29]. Such discrepancies between the researchers may be a consequence of different diagnostic methods they use to classify a flat foot for their research. That is why it is also so difficult to compare different study results.

The aim of this study was to investigate how, if at all, a FFF influences gait parameters in children and if a choice of a diagnostic method used to identify FFF affects the results

of the gait pattern assessment. We examined spatio-temporal, kinematic, and kinetic parameters of the flat feet and healthy feet in a group of children, using two different classification methods. The main result is the finding that a diagnostic method according to which the flat foot is established has an important impact on the results. The statistically significant differences of gait parameters between healthy and flat feet were found only when the classification was based on the Arch Index in dynamic condition. We decided to use two classification methods because defects in foot posture in static conditions are not always seen in dynamic conditions: in fact, flat foot posture is not always accompanied by the impaired function [12,18,30,31]. In our previous study, it was proven that there is a significant difference between the outcome when classifying the feet in static and dynamic conditions [12]. A great number of feet classified in static conditions as flat feet according to the classification executed in dynamic conditions turned out to be not flat.

Examining the spatio-temporal parameters, we found, as observed also by Carravaggi et al., Lin et al., and Hösl et al. [7,14,18] a statistically significant decrease in walking speed and cadence in children with flat feet in comparison to healthy feet. Lin and co-authors additionally observed a reduction in stride length, which was not the case in our study [7]. Similar results but in adults were found by Levinger et al. [31]. He found a reduction in cadence but, contrary to Lin's study, an increase in stride length.

From other researchers' studies, it is already known that speed is a factor that significantly affects both kinematic and kinetic parameters, such as joint ROM, joints moments, the ground reaction forces [32]. Stansfield et al. in his longitudinal study of gait of healthy children (5–12 years old) stated that walking speed has a greater impact on gait parameters than age [33,34]. He found that a decreased walking speed can cause the decrease in the peak plantar flexion angle.

Regarding the kinematic parameters in this study, a statistically significant decrease in ankle ROM in sagittal plane was observed in children with FFF in comparison to healthy feet. The decrease in the ankle range of motion in a sagittal plane means a weaker push-off during gait and relates to a lower FZ3—a parameter of the vertical component (second maximum) of the ground reaction force during this phase of gait. Similar results were obtained by other researchers [18,31]. Hösl et al. [18] observed a limited hindfoot motion in the sagittal plane, which was probably compensated by increased midfoot dorsiflexion and an excessively mobile hallux during the push-off phase. He also noticed a trend towards lower FZ3 in the symptomatic flat foot together with a reduced gait speed. Remarkably similar results were obtained by Saraswat et al. [15] He observed a reduced ROM in the sagittal plane of an ankle joint in children with flat feet, accompanied by its eversion and plantarflexion. Regarding kinetic parameters, the smaller plantarflexion and outward rotation moment peaks together with smaller power generated by an ankle joint of the FFF were found.

Recently more proofs were found to support the hypothesis that morphology of the flat foot is not always accompanied by its abnormal function [31]. Therefore, maybe we should differentiate between morphological features of flat foot and its influence on the function, i.e., walking. That is why, in our study, we used two methods of flat foot classifications: in static and in dynamic conditions. Using the classification in static conditions, we did not find any statistically significant differences between flat and healthy feet in any functional parameters, i.e., spatio-temporal, kinematic, and kinetics parameters. This finding can lead to the conclusion that examining foot posture in static conditions does not help a clinician to find patients who have real functional walking problems. Sometimes statically flat feet function well during walking because they have the potential of dynamic correction of themselves. Thus, maybe a clinical examination in static conditions should not be the only one while deciding on the treatment. It seems that the dynamic tests, which identify individuals with functional problems, should be the basis for planning the treatment. Children with FFF identified in static conditions who do not have gait impairments should probably be put under observation and not immediately under treatment. A classification

done in dynamic conditions identifies children with FF who have walking impairments and really need treatment.

The main limitation of the present study is the relatively low number of patients and the imbalance between female and male participants. This resulted from the fact that the patients were recruited from the outpatient clinic, and all patients who fulfilled the criteria were invited to participate.

In conclusion, the diagnosis of the flat foot based on the evaluation in the static condition and during the clinical assessment seems not be sufficient for decision making about the treatment of pediatric patients with flexible flat foot. One of the main findings from our study is that the gait pattern pathology seen in the gait parameters can depend on the classification method within the same group of patients with clinical problem.

Author Contributions: Conceptualization, A.B.-T., J.S., A.Ł. and M.S.; methodology, A.B.-T., J.S., A.Ł. and M.S.; formal analysis, A.B.-T., E.S., M.K. and M.S.; investigation, A.B.-T., M.K., E.S., J.S. and A.Ł.; data curation, A.B.-T., M.K. and M.S.; writing—original draft preparation, A.B.-T. and M.S.; writing—review and editing, A.B.-T., M.K., E.S., J.S., A.Ł. and M.S.; visualization, M.S.; supervision, M.S.; project administration, A.B.-T. and M.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The protocol and the study was approved by Bioethical Committee of The Children’s Memorial Health Institute, Warsaw, Poland, agreement 196/KBE/2015.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available in anonymized form on request from the corresponding author. The data are not publicly available due to ethical reasons.

Acknowledgments: The authors would like to thank all the patients and their parents for the agreement to participate in this study.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Gawron, A.; Janiszewski, M. Płaskostopie u dzieci—Częstość występowania wady a wartości masy i wzrostu odniesione do siatki centylowej. *Med. Sport* **2005**, *21*, 99–110.
- Puzder, A.; Gworys, K. Ocena występowania zaburzeń statyki kończyn dolnych wśród dzieci z regionu miejskiego i wiejskiego badania pilotażowe. *Kwart. Ortop.* **2011**, *4*, 377–385.
- Radzimińska, A.; Bułatowicz, I.; Strojek, K.; Struensee, M.; Lakomski, M.; Klimczak, K.; Dzierzanowski, M.; Zukow, W. Analysis of the occurrence of foot defects among children grades 1–3 elementary school. *J. Health Sci.* **2014**, *4*, 197–208.
- Halabchi, F.; Mazaheri, R.; Mirshahi, M.; Abbasian, L. Pediatric Flexible Flatfoot; Clinical Aspects and Algorithmic Approach. *Iran. J. Pediatr.* **2013**, *23*, 247–260.
- Harris, E.J.; Vanore, J.V.; Thomas, J.L.; Kravitz, S.R.; Mendelson, S.A.; Mendicino, R.W.; Silvani, S.H.; Gassen, S.C. Clinical Practice Guideline Pediatric Flatfoot Panel of the American College of Foot and Ankle Surgeons. Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. *J. Foot Ankle Surg.* **2004**, *43*, 341–373. [[CrossRef](#)]
- Labovitz, J.M. The algorithmic approach to pediatric flexible pes planovalgus. *Clin. Podiatr. Med. Surg.* **2006**, *23*, 57–76. [[CrossRef](#)]
- Chii-Jeng, L.; Kuo-An, L.; Ta-Shen, K.; You-Li, C. Correlating Factors and Clinical Significance of Flexible Flatfoot in Preschool Children. *J. Pediatr. Orthop.* **2001**, *21*, 378–382.
- Groner, C. Numbers Needed to Treat? The Pediatric Flexible Flatfoot Debate. Available online: https://lermagazine.com/cover_story/numbers-needed-to-treat-the-pediatric-flexible-flatfoot-debate (accessed on 20 January 2021).
- Kerr, C.; Stebbins, J.; Theologis, T.; Zavatsky, A. Static postural differences between neutral and flat feet in children with and without symptoms. *Clin. Biomech.* **2015**, *30*, 314–317. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Evans, A.M. The flat-footed child—to treat or not to treat: What is the clinician to do? *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2008**, *98*, 386–393. [[CrossRef](#)]
- Uden, H.; Scharfbillig, R.; Causby, R. The typically developing paediatric foot: How flat should it be? A systematic review. *J. Foot Ankle Res.* **2017**, *10*, 37. [[CrossRef](#)]
- Boryczka-Trefler, A.; Kalinowska, M.; Szczerbik, E.; Stępowaska, J.; Łukaszewska, A.; Syczewska, M. How to Define Pediatric Flatfoot: Comparison of 2 Methods: Foot Posture in Static and Dynamic Conditions in Children 5 to 9 Years Old. *Foot Ankle Spec.* **2021**, 1938640021991345. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

13. Twomey, D.; McIntosh, A.S.; Simon, J.; Lowe, K.; Wolf, S.I. Kinematic differences between normal and low arched feet in children using the Heidelberg foot measurement method. *Gait Posture* **2010**, *32*, 1–5. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Caravaggi, P.; Sforza, C.; Leardini, A.; Portinaro, N.; Panou, A. Effect of plano-valgus foot posture on midfoot kinematics during barefoot walking in an adolescent population. *J. Foot Ankle Res.* **2018**, *11*, 55. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Saraswat, P.; MacWilliams, B.A.; Davis, R.B.; D'Astous, J.L. Kinematics and kinetics of normal and planovalgus feet during walking. *Gait Posture* **2014**, *39*, 339–345. [[CrossRef](#)]
16. Kothari, A.; Dixon, P.; Stebbins, J.; Zavatsky, A.; Theologis, T. The relationship between quality of life and foot function in children with flexible flatfeet. *Gait Posture* **2015**, *41*, 786–790. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Hösl, M.; Böhm, H.; Multerer, C.; Döderlein, L. Does excessive flatfoot deformity affect function? A comparison between symptomatic and asymptomatic flatfeet using the Oxford foot model. *Gait Posture* **2014**, *39*, 23–28. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Shih, Y.; Chen, C.; Chen, W.; Lin, H. Lower extremity kinematics in children with and without flexible flatfoot: A comparative study. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2012**, *13*, 31. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
19. Svoboda, Z.; Honzikova, L.; Janura, M.; Vidal, T.; Martinaskova, E. Kinematic gait analysis in children with valgus deformity of the hindfoot. *Acta Bioeng. Biomech.* **2014**, *16*, 89–93. [[PubMed](#)]
20. Duval, K.; Lam, T.; Sanderson, D. The mechanical relationship between the rearfoot, pelvis and low-back. *Gait Posture* **2010**, *32*, 637–640. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
21. Pinto, R.; Souza, T.; Trede, R.; Kirkwood, R.; Eigueiredo, E.; Fonseca, S. Bilateral and unilateral increases in calcaneal eversion affect pelvic alignment in standing position. *Man. Ther.* **2008**, *13*, 513–519. [[CrossRef](#)]
22. Lopez, D.L.; de Los Prego, M.A.B.; Constenla, A.R.; Saleta Canosa, J.L.; Bautista Casanovas, A.; Tajés, F.A. The impact of foot arch height on quality of life in 6–12 years old. *Colomb. Med.* **2014**, *45*, 168–172. [[CrossRef](#)]
23. Lopez, D.L.; Vilar-Fernandez, J.M.; Barros-Garcia, G.; Palomo-López, P.; Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R.; Calvo-Lobo, C. Foot arch height and quality of life in adults: A Stobe Observational Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2018**, *15*, 1555. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Lopez, D.L.; Peres-Rios, M.; Ruano-Ravina, A.; Losa-Iglesias, M.E.; Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R.; Romero-Morales, C.; Calvo-Lobo, C.; Navarro-Flores, E. Impact of quality of life related to foot problems: A case-control study. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, 14515. [[CrossRef](#)]
25. Novel Scientific Medical Manual V.2.3. Novel GmbH. 2012. Available online: <https://www.novel.de/products/emed/> (accessed on 15 December 2021).
26. Dusing, S.C.; Thorpe, D.E. A normative sample of temporal and spatial gait parameters in children using the GAITRite electronic walkway. *Gait Posture* **2007**, *25*, 135–139. [[CrossRef](#)]
27. Rodriguez, N.; Volpe, R.G. Clinical diagnosis and assessment of the pediatric pes planovalgus deformity. *Clin. Podiatr. Med. Surg.* **2010**, *27*, 43–58. [[CrossRef](#)]
28. Tudor, A.; Ruzic, L.; Sestan, B.; Sirola, L.; Prpic, T. Flat-footedness is not a disadvantage for athletic performance in children aged 11–15 years. *Pediatrics* **2009**, *123*, e386–e392. [[CrossRef](#)]
29. Benedetti, M.G.; Ceccarelli, F.; Berti, L.; Luciani, D.; Catani, F.; Boschi, M.; Giannini, S. Diagnosis of flexible flatfoot in children: A systematic clinical approach. *Orthopedics* **2011**, *34*, 94. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
30. Bertani, A.; Cappello, A.; Benedetti, M.G.; Simoncini, L.; Catani, F. Flat foot functional evaluation using pattern recognition of ground reaction data. *Clin. Biomech.* **1999**, *14*, 484–493. [[CrossRef](#)]
31. Levinger, P.; Murley, G.S.; Barton, C.J.; Cotchett, M.P. A comparison of foot kinematics in people with normal- and flat-arched feet using the Oxford Foot Model. *Gait Posture* **2010**, *32*, 519–523. [[CrossRef](#)]
32. Van der Linden, M.L.; Kerr, A.M.; Hazlewood, M.E.; Hillman, S.J.; Robb, J.E. Kinematic and Kinetic Gait Characteristics of Normal Children Walking at a Range of Clinically Relevant Speeds. *J. Pediatr. Orthop.* **2002**, *22*, 800–806. [[CrossRef](#)]
33. Stansfield, B.W.; Hillman, S.J.; Hazlewood, M.E.; Lawson, A.A.; Mann, A.M.; Loudon, I.R.; Robb, J.E. Normalized speed, not age, characterizes ground reaction force patterns in 5- to 12-year-old children walking at self-selected speeds. *J. Pediatr. Orthop.* **2001**, *21*, 395–402. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Stansfield, B.W.; Hillman, S.J.; Hazlewood, M.E.; Lawson, A.A.; Mann, A.M.; Loudon, I.R.; Robb, J.E. Sagittal joint kinematics, moments, and powers are predominantly characterized by speed of progression, not age, in normal children. *J. Pediatr. Orthop.* **2001**, *21*, 403–411. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

Comparison of 2 Conservative Treatment Approaches for the Flat Foot in Children Aged 5 to 10: Foot Orthoses Versus Foot Orthoses Supplemented With Zukunft-Huber Manual Therapy

Clinical Pediatrics
1–9
© The Author(s) 2023
Article reuse guidelines:
sagepub.com/journals-permissions
DOI: 10.1177/00099228231172480
journals.sagepub.com/home/cpj



Anna Boryczka-Trefler MSc¹, Małgorzata Kalinowska MSc¹, Ewa Szczerbik MSc¹,
Jolanta Stępowaska PhD¹, Anna Łukaszewska MD¹, and
Małgorzata Syczewska Prof.¹ 

Abstract

The aim was to find if foot orthotics alone can improve flat feet in children and analyze how the addition of Zukunft-Huber manual therapy and corrective bandaging changes the outcome. Forty-nine children aged 5 to 10 with asymptomatic flexible flat feet were divided into 2 groups. The first was treated with foot orthoses alone, in the second wearing foot orthoses was supplemented with Zukunft-Huber manual therapy and corrective bandaging. Pedobarography during gait was performed before the therapy and after a year. In the first group decrease in arch index, width, force, and area of midfoot, increase in force MH2 and area hindfoot was found, in the second decrease in arch index, width, force, and area of midfoot, increase in force under metatarsal head second, third, fourth, and fifth, area metatarsal head fourth and area hindfoot. Both methods showed positive changes, but foot orthoses with additional intervention were more effective.

Keywords

flat foot, children, pedobarography, foot orthoses (FOs), manual therapy, B. Zukunft-Huber method

Introduction

A flat foot (FF) prevalence, one of the most common postural deformities among children,¹ is estimated from a few to tens percent, and it depends on age, sex, weight, diagnostic methods used, their accuracy, and evaluation criteria.^{1,2} It is also the most frequently raised concern among parents, forcing them to seek health advice.³

A plano-valgus foot is defined as a partial or total collapse of the medial longitudinal arch caused by navicular drop, which is the effect of the talotarsal joint (TTJ) instability and misalignment,⁴ accompanied by 3-dimensional (3D) joints deformities: eversion of the calcaneus, plantarflexion of the calcaneus, and talus versus tibia, forefoot supination and abduction, dorsiflexion of the tarso-metatarsal joint.^{2,5-7} These features increase during weight-bearing: the joints of the medial arch are unlocked longer than they should, leading to excessive hindfoot eversion and forefoot supination.⁴

Plano-valgus foot can be rigid or flexible. If the foot arch rebuilds in non-weight-bearing conditions, the foot is defined as flexible. If the arch does not rebuild, the foot is rigid. Rigid pes planus concerns around 1% of the

population.^{6,8,9} Pediatric flexible FF is further classified as symptomatic (SFF) or asymptomatic (ASFF). Children with SFF suffer from foot pain, balance disorders, or activity limitations.^{5,6,9} Kothari et al¹⁰ and Lin et al⁷ observed that children with SFF present a reduced walking speed. Lin proved a poorer performance in lower limbs involved in tasks such as squatting and standing, standing on toes, toe walking, heel walking, and one leg standing and hopping.¹¹ Children with SFF are more likely to have hip, knee, or back pain.¹¹ They gain lower quality-of-life scores in the Oxford Ankle Foot Questionnaire for Children (OxAFQ_C).⁹ An FF which persists in adulthood is connected with lower back pain, anterior knee pain, joint degeneration, instability, functional limitations, or disability.^{11,12}

¹Department of Rehabilitation, Children's Memorial Health Institute, Warszawa, Poland

Corresponding Author:

Małgorzata Syczewska, Department of Rehabilitation, Children's Memorial Health Institute, Aleja Dzieci Polskich 20, Warszawa 04-730, Poland.

Email: m.syczewska@ipczd.pl

There is still no consensus on when, if at all, and what kind of intervention should be undertaken when dealing with pediatric FF. There is a wide range of treatment methods, noninvasive or surgical. The non-surgical interventions include foot orthoses/insoles, footwear, footwear modifications, physical therapy, weight reduction, joint manipulations, serial casting, muscle strengthening, stretching exercises, and anti-inflammatory medications.^{6,8}

The most often applied noninvasive intervention is foot orthoses,^{6,13} but there is still lack of convincing evidence of its efficacy,^{3,9,12,14-16} due to the heterogeneity and methodological deficiency of these studies. The summarized findings suggested that wearing FOs may have positive effect on reducing pain and improving foot posture and function, as well as gait pattern improvement and decrease of valgus index. In addition, an improvement in balancing ability was found.¹⁷ The positive effects of orthoses on 3D moments that differ in dominant and nondominant limbs were also found,¹⁷ and in one study, a suppression of the eversion of the talocalcaneal joint.¹⁹

Lately a treatment method of feet deformities (3D manual therapy) developed by B. Zukunft-Huber is gaining popularity among physiotherapists.²⁰ Initially, it was developed for infants with various congenital foot deformities, and then it was extended to older children with different foot posture failures, including FF. This therapy involves using special stretching and manual techniques and after that bandage wrapping for maintaining their results. For older children, Zukunft-Huber additionally recommends FOs for the day use, due to the difficulties with wearing corrective bandaging inside a shoe. The aim of this study was to compare the Zukunft-Huber method together with FOs with an intervention that consists of wearing FOs alone to see whether additional intervention would be more beneficial.

Methods

Patients

Forty-nine children (37 boys and 12 girls) were recruited for this study during the clinical examination in the outpatient clinic at the Children's Memorial Health Institute, Warsaw. The inclusion criteria were age from 5 to 10 years and a flexible FF. A flexible FF was diagnosed during a clinical examination carried out by an experienced physician and physiotherapist. The inclusion period was over 2 years.

Clinical criteria for flexible FF were medial longitudinal arch (MLA) collapse, heel valgus angle over 5°, bulging of the medial side of a foot and ink footprint

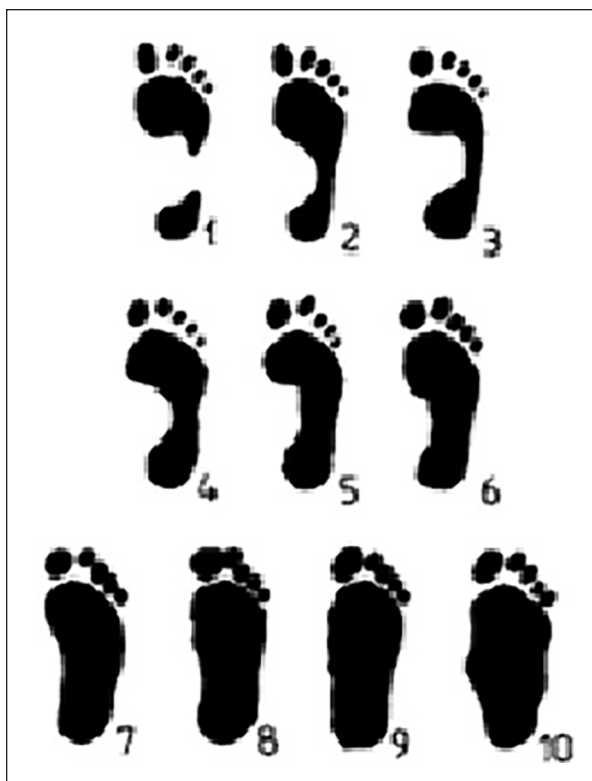


Figure 1. Clarke's footprinting graphics for feet assessment: footprints No. 4-6 present the footprints of correctly built feet; footprints No. 1-3 are footprints of hollow feet and footprints No. 7-10 present the footprints of flat feet.

from the Harris and Beath pedograph match type 7 to 10 (Figure 1).

Medial longitudinal arch collapse was found when the longitudinal arch was not visible while standing. The heel valgus angle was measured (3 times, an average was calculated) with a goniometer while standing on both feet.

The mat of the Harris and Beath pedograph was inked, a sheet of paper was placed on it, and a child was asked to stand with one foot on the mat and the second foot on the ground. Then a child changed its standing foot on the mat. The obtained footprint was matched to Clarke's footprinting graphics (Figure 1). The matching of footprints was performed by 2 independent, experienced examiners.

Flexible FF was identified when the MLA rebuilt in non-weight-bearing position and while tiptoe standing.

The exclusion criteria were rigid FF, secondary FF caused by damaged central nervous system, neuromuscular diseases, genetic disorders, lower limbs injury, and surgical intervention. Each patient meeting the above criteria was qualified for the study (see Table 1).

Table 1. Demographic Characteristics of the Group.

| | Number of children | Median | Minimum | Maximum | 10th percentile | 90th percentile |
|-----------------|--------------------|--------|---------|---------|-----------------|-----------------|
| Height | 49 | 124.5 | 109.5 | 140.0 | 113.0 | 135.0 |
| Body mass | 49 | 24.0 | 18.7 | 39.0 | 20.5 | 34.6 |
| Body mass index | 49 | 16.2 | 12.6 | 21.7 | 14.2 | 19.2 |
| Age | 49 | 6.4 | 5.0 | 10.4 | 5.2 | 8.2 |

The study was approved by the local ethical committee. Informed consent was signed by parents of all the children.

All children fulfilling the criteria and were treated in the outpatient clinic during the inclusion period were offered the participation in the study, but only those whose parents signed the consent participated, so it was a prospective study with convenient patients' sample. Fifty patients were finally recruited to the study, but one patient dropped out (could not come for a follow-up visit for family reasons). A simple randomization method was used to assign the patients to the groups.

Treatment

Participants were assigned (randomly) to 1 of the 2 intervention methods. One group received insole treatment alone, and the other group received manual therapy together with corrective bandaging for walking at home and for the night and insoles for the day. The insoles for both groups were individually customized in an orthopaedic-podiatry clinic. The height of the navicular bone was measured, and a print on the Harris and Beath pedograph done with marking of the first metatarsal head and the base of the first phalanx, the fifth metatarsal head and the base of the fifth phalanx, the navicular tuberosity, and the medial and lateral process of calcaneus tuberosity. Then the examination of feet on the podoscope was undertaken to prescribe, if needed, the height of a supination wedge and/or a metatarsal pad. The wedge height was individualized to maintain the subtalar joint in the neutral position for correcting the forefoot abduction and hindfoot pronation. The insoles were made of thermocork with 55 hardness Shore scale covered with perforated material (Figure 2).

The children wore the insoles with self-selected, well-fitting shoes with a flexible, flat sole, and rigid heel counter. They had to wear the insoles for 1 hour on the first day and then to increase the time of insoles wearing by 1 hour per day. The children were instructed to wear the insoles for at least 6 hours a day.

The manual therapy together with corrective bandaging applied to the second group was based on Zukunft-Huber method.²⁰ The 3D manual foot therapy involves

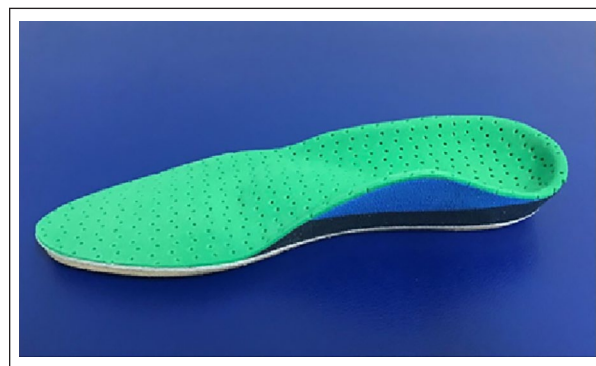


Figure 2. Patients' insoles, made of thermocork with 55 hardness Shore scale covered with perforated material. The wedge height was individualized to maintain the subtalar joint in the neutral position (forefoot abduction and hindfoot pronation correction).

use of special stretching and manual techniques and bandage wrapping for maintaining the stretching results. The therapy is to be performed daily at home by parents, after they were taught by a physiotherapist how to perform the therapy and bandaging at home. The learning session lasted 90 minutes, during which the parent learned how to position her/his child and how to bandage the feet.

The therapy was performed on the mat while patient was lying on his/her side, leg flexed, externally rotated, and abducted in the hip joint, flexed in the knee joint, and foot placed in front of the hip joint (Figure 3A).

A child was asked to maintain his/her knee high, directly above the line connecting hip joint and foot. A foot should be positioned with a heel, head of the first and fifth metatarsal bone firmly placed on the mat, to force subtalar joint to return to its neutral position. A child is supposed to maintain this position for 5 minutes for one leg. Such exercise should be done minimum once or twice a day. Later, a foot is bandaged while the patient is sitting with a special bandage: elastic, hart bandage by Hartmann, 6-cm wide, 5-m long. During the bandaging, a treated foot is held in a supinated position (Figure 3B). A bandage is applied on the foot and shin, and the applying movements follow number 8. A bandage starts on the medial side of the foot and then moves to the lateral side.



Figure 3. Zukunft-Huber method: (A) patient's position during therapy (corrects external rotation of the hip, forces the subtalar joint to neutral position, and forefoot to pronate against the rearfoot), (B) applying of the bandages, and (C) bandages on the feet.

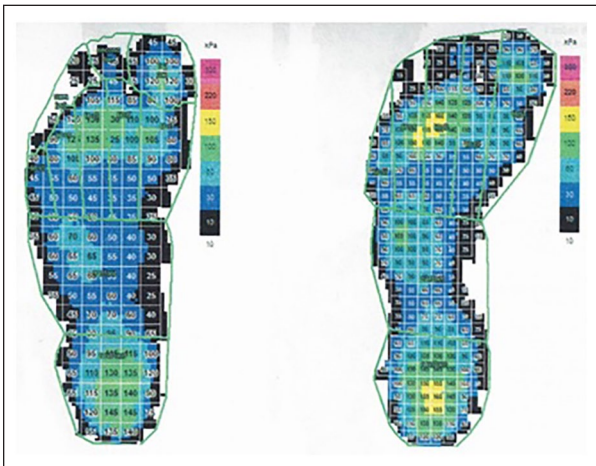


Figure 4. Regions of interest from Emed platform. [Novel scientific medical manual v.2.3. Novel GmbH (2012)].

After one circle, it goes from the medial to the lateral side of the foot and up around the shin. While coming back, a bandage goes to the lateral side and under the foot and then again from the medial side of the foot up around the shin like an 8. The bandage should be appropriately stretched and rewound (Figure 3B and C).

The parents were instructed to conduct the therapy in the afternoon. At school, children wore FOs (at least 6 hours daily), and when they returned home, they wore bandages, which they also wore throughout the night. During the 1-year treatment, all participants reported to the clinic every 3 months for evaluation and examination on the pedobarographic platform. It was time to recall and get feedback from parents and make sure they were following the recommendations.

Measurement Method

To assess the outcome, Emed platform (Novel Company) embedded in a polyethylene ramp with a length of 10 m

was used. Geometric foot parameters and plantar loads were analyzed. Examination on the platform was performed just before starting the therapy and after approximately 12 months.

Children were asked to walk barefoot several times with their normal, self-selected speed. Data from 3 plantar loads of left and of right foot of each child were averaged and taken for further analysis. The foot was divided into the geometric regions: total, metatarsal head first (MH 1), metatarsal head second (MH 2), metatarsal head third (MH 3), metatarsal head fourth (MH 4), metatarsal head fifth (MH 5), big toe, second toe, toes 3 to 5, midfoot and hindfoot (Figure 4), according to the Novel software standard. For each region, the maximum force (normalized to body weight) (%BW) and the contact area (cm^2) were measured. Geometric measures of the feet (foot length (cm), hallux angle ($^\circ$), forefoot width (cm), instep width (cm), midfoot width (cm), and heel width (cm)) were also calculated by Novel software. The geometric parameters (apart from angle) were normalized to foot length.

All statistical calculations were performed using STATISTICA software with $P = .05$ cut-off level. The variables' distribution was checked with Kolmogorov-Smirnov and chi-square tests. Most variables had the normal distribution. The comparisons between groups were performed with *t*-Student test, the comparisons within groups (i.e. in paired samples) with the sign test.

Results

Statistical analysis revealed that only 2 parameters from 29 considered were not normally distributed: total max force (TMF) and force MH5 (FMH5), but their skewness and kurtosis were close to the ones of the normal distribution.

In the group treated with the manual therapy together with corrective bandaging and insoles, we observed a statistically significant decrease in arch index value

Table 2. Comparisons of Results Before and After Treatment With the Insoles, Manual Therapy, and Corrective Bandaging (Insoles Supplemented With Zukunft-Huber Manual Therapy).

| Parameter | Before | | After | | P |
|------------------|----------|----------|----------|----------|--------|
| | Mean | SD | Mean | SD | |
| Hallux angle | 6.1068 | 5.28369 | 5.3477 | 4.91436 | .880 |
| Arch Index | 0.3020 | 0.05593 | 0.2789 | 0.05927 | <.001* |
| Forefoot with | 0.3647 | 0.02030 | 0.3657 | 0.02003 | .651 |
| Instep width* | 0.0745 | 0.05007 | 0.0915 | 0.04870 | <.001* |
| Midfoot width* | 0.1935 | 0.06129 | 0.1640 | 0.06705 | .006* |
| Heel width | 0.2242 | 0.02447 | 0.2163 | 0.02027 | .097 |
| Total max force | 121.2591 | 15.04790 | 122.6000 | 10.97066 | .175 |
| force MH1 | 25.7932 | 5.74486 | 26.1023 | 6.22700 | .652 |
| force MH2* | 21.3068 | 3.63743 | 23.1591 | 3.60693 | <.001* |
| force MH3* | 22.2045 | 3.42161 | 24.5227 | 3.79613 | <.001* |
| force MH4* | 14.9591 | 3.18129 | 16.2114 | 3.10425 | <.001* |
| force MH5* | 5.8000 | 1.11751 | 6.6182 | 1.70434 | .032* |
| force big toe | 22.4205 | 8.97922 | 21.8500 | 7.65869 | .175 |
| force second toe | 4.8591 | 1.87670 | 4.7477 | 2.12083 | .128 |
| force toes 345 | 4.6636 | 2.30884 | 4.2795 | 2.10300 | .128 |
| force hindfoot | 80.8023 | 15.02599 | 85.0409 | 12.34981 | .067 |
| force midfoot* | 36.9591 | 15.18192 | 33.1932 | 15.46196 | .002* |
| area MH1 | 0.1075 | 0.01498 | 0.1069 | 0.01186 | .880 |
| area MH2 | 0.0845 | 0.00703 | 0.0870 | 0.00787 | .451 |
| area MH3 | 0.0835 | 0.00727 | 0.0877 | 0.00925 | .175 |
| area MH4* | 0.0673 | 0.00916 | 0.0709 | 0.00995 | .004* |
| area MH5 | 0.0395 | 0.00641 | 0.0408 | 0.00597 | .175 |
| area big toe | 0.0691 | 0.01687 | 0.0695 | 0.01663 | .880 |
| area second toe | 0.0254 | 0.00635 | 0.0252 | 0.00751 | .880 |
| area toes 345 | 0.0348 | 0.01148 | 0.0344 | 0.01289 | .880 |
| area hindfoot* | 0.2231 | 0.02429 | 0.2334 | 0.02669 | <.001* |
| area midfoot* | 0.2640 | 0.05032 | 0.2430 | 0.05395 | <.001* |

The statistically significant differences are marked with asterisk.

Abbreviations: MH1, metatarsal head first; MH 2, metatarsal head second; MH 3, metatarsal head third; MH 4, metatarsal head fourth; MH 5, metatarsal head fifth.

(from 0.302 ± 0.056 to 0.279 ± 0.060 , $P < .001$ —decrease in 83% patients), midfoot width (from 0.194 ± 0.062 to 0.164 ± 0.067 , $P = .006$ —decrease in 72% patients), force midfoot (from 36.96 ± 15.18 , $P = .002$ —decrease in 74.5% patients), and area midfoot (from 0.264 ± 0.050 to 0.243 ± 0.054 , $P < .001$ —decrease in 82% patients) and a statistically significant increase in force MH2 (from 25.71 ± 3.64 to 23.16 ± 3.61 , $P < .001$ —increase in 90.9% patients), MH3 (from 22.20 ± 3.42 to 24.52 ± 3.80 , $P < .001$ —increase in 86% patients), MH4 (from 14.96 ± 3.18 to 16.21 ± 3.1 , $P < .001$ —increase in 85.7% patients), and MH5 (from 5.8 ± 1.12 to 6.62 ± 1.70 , $P = .032$ —increase in 68% patients), area MH4 (from 0.064 ± 0.009 to 0.07 ± 0.010 , $P = .004$ —increase in 72.7% patients), instep width (from 0.075 ± 0.050 to 0.092 ± 0.049 ,

$P < .001$ —increase in 100% patients), and area hind-foot (from 0.223 ± 0.024 to 0.233 ± 0.027 , $P < .001$ —increase in 79.5% patients) (see Table 2).

In the group treated with shoe insoles, a statistically significant decrease in arch index value was observed (from 0.256 ± 0.040 to 0.260 ± 0.047 , $P = .006$ —decrease in 74% patients), midfoot width (from 0.156 ± 0.055 to 0.137 ± 0.048 , $P = .007$ —decrease in 30% patients), force mid-foot (from 30.13 ± 12.16 to 26.30 ± 10.61 , $P = .001$ —decrease in 74% patients) and area midfoot (from 0.237 ± 0.036 to 0.224 ± 0.041 , $P = .034$ —decrease in 66% patients), and at the same time, a statistically significant increase in force MH2 (from 21.62 ± 3.55 to 23.26 ± 10.62 , $P = .003$ —increase in 72% patients), and area hind-foot (from 0.235 ± 0.021 to 0.243 ± 0.021 , $P = .016$ —increase in 68% patients) (see Table 3).

Table 3. Comparisons of Results Before and After Treatment With the Insoles Only.

| Parameter | Before | | After | | P |
|------------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| | Mean | SD | Mean | SD | |
| Hallux angle | 2.3635 | 4.98311 | 2.4500 | 4.10233 | .913 |
| Arch Index | 0.2758 | 0.03997 | 0.2596 | 0.04712 | .006 |
| Forefoot width | 0.3780 | 0.02734 | 0.3669 | 0.02025 | .120 |
| Instep width | 0.1198 | 0.04439 | 0.1311 | 0.04217 | .203 |
| Midfoot width* | 0.1556 | 0.05523 | 0.1370 | 0.04826 | .007* |
| Heel width | 0.2222 | 0.02312 | 0.2146 | 0.01992 | .203 |
| Total max force | 117.7385 | 9.56932 | 118.4720 | 8.18752 | .322 |
| force MH1 | 21.4481 | 5.83850 | 22.3040 | 5.28722 | .086 |
| force MH2* | 21.6173 | 3.54626 | 23.2600 | 3.89903 | .003* |
| force MH3 | 25.1673 | 4.21132 | 25.5600 | 4.11791 | .322 |
| force MH4 | 16.8519 | 4.06383 | 17.6560 | 4.04269 | .203 |
| force MH5 | 7.0654 | 2.68605 | 7.1780 | 2.84306 | .777 |
| force big toe | 24.1462 | 9.03005 | 22.8280 | 7.29739 | .322 |
| force second toe | 4.9231 | 1.87079 | 4.5480 | 1.83372 | .253 |
| force toes 345 | 4.7404 | 2.71512 | 3.9000 | 2.33850 | .253 |
| force hindfoot | 78.7212 | 11.81985 | 81.5560 | 11.58669 | .253 |
| force midfoot* | 30.1288 | 12.16450 | 26.3020 | 10.61232 | .001* |
| area MH1 | 0.0977 | 0.00972 | 0.0997 | 0.01066 | .066 |
| area MH2 | 0.0844 | 0.00681 | 0.0845 | 0.00622 | .887 |
| area MH3 | 0.0895 | 0.00837 | 0.0898 | 0.00935 | .120 |
| area MH4* | 0.0716 | 0.00772 | 0.0753 | 0.00851 | .007* |
| area MH5 | 0.0426 | 0.00641 | 0.0430 | 0.00554 | .672 |
| area big toe | 0.0782 | 0.01319 | 0.0787 | 0.01280 | .203 |
| area second toe | 0.0268 | 0.00483 | 0.0265 | 0.00490 | .671 |
| area toes 345 | 0.0367 | 0.01297 | 0.0342 | 0.01368 | .671 |
| area hindfoot* | 0.2352 | 0.02091 | 0.2433 | 0.02098 | .016* |
| area midfoot* | 0.2372 | 0.03598 | 0.2243 | 0.04126 | .034* |

The statistically significant differences are marked with asterisk.

Abbreviations: MH1, metatarsal head first; MH 2, metatarsal head second; MH 3, metatarsal head third; MH 4, metatarsal head fourth; MH 5, metatarsal head fifth.

Discussion

The aim was to compare the effectiveness of 2 noninvasive intervention methods for flexible FF in children using the dynamic pedobarography outcomes taken before and after the treatment. These methods were chosen because wearing the foot orthoses/insoles is the most often used treatment for pediatric flexible FF.^{8,13,18} As there are more and more studies proving plantar loads parameters and their distribution during gait reflect biomechanical abnormalities of FF both in children and adults²¹⁻²⁴ and could provide an objective information about an improvement or its lack, this method was chosen for the assessment of efficacy of both treatments.

In the group treated with the manual techniques, corrective bandaging together with FOs, we observed a statistically significant decrease in arch index, midfoot width, force midfoot and area midfoot and simultaneously a

statistically significant increase in instep width, force MH2, MH3, MH4 and MH5, area MH4 and area hindfoot. All these parameters were normalized either to geometric features or body weight to remove the influence of the children's grow.

According to Cavanagh, a flat arch would result in a large arch index,²⁵ and after fourth year of age, an arch index is only 5% higher than in adults.²⁶ Müller et al,²⁷ in his cross-sectional study of children aged 1 to 13, noticed that since the sixth year, an arch index value remains steady. Therefore, we assumed that the decrease of arch index among children treated with Zukunft-Huber method should be regarded as a positive outcome of the intervention and not as a consequence of growth. Further positive outcomes were as follows: decreased values of midfoot width, force midfoot, and area midfoot. These results are consistent with other studies comparing dynamic loads of flat and normal feet, where increased

force midfoot and area midfoot were associated with FF features. Chang observed in children with a lower medial foot arch higher mean pressure and force under the medial forefoot and midfoot, and lower contact areas under the foot, except for the midfoot region.²⁸ Pauk observed higher medial arch contact area in children with FF compared to the control group. This increase could suggest that in children with FF, there is more pressure under the medial arch.²¹ Chuckpaiwong noticed that the normalized maximum force and the contact area in the medial midfoot were significantly increased in the low arch foot when compared to the normal foot during walking.²² The same stated Buldt et al²³ and Queen et al,²⁴ who compared plantar loading during different sporting tasks and observed an increase in plantar loading in the rearfoot, medial midfoot, and lateral midfoot in FF compared to a normal foot type. Although these studies dealt with adults, their results do not much differ from those in older children: the contact area and maximum force values reveal only minor differences after fifth year when compared to adult values.²⁹ An increase in instep width, force MH2, MH3, MH4, and MH5; area MH4; and area hindfoot may also be considered a positive outcome. It is known that in an FF (compared to normal foot), a decrease in force under forefoot and hindfoot was observed.²¹⁻²³ Pauk observed that plantar pressure amplitude was significantly lower under metatarsal heads in the FF children compared to normal.²¹ Buldt et al²³ noticed a significantly lower pressure and force for the fourth and fifth MTPJ in planus feet when compared with normal feet.

Looking at the second group treated with just FOs, we observed a statistically significant decrease in arch index, midfoot width, force midfoot, and area midfoot—and these outcomes were the same as in the group treated with the combined method. We observed also a statistically significant increase in force MH2, area MH4, and area hindfoot—less parameters changed when comparing it to the group treated with the combined method. While based on the literature, we could consider the changes in area MH4 and area hindfoot as positive, we must look more closely at the increase of force MH2. Some researchers report a larger load under the MH2 together with a lower load under the MH1 in FF.³⁰ Buldt et al²³ reported that compared to cavus feet, planus feet demonstrated lower maximum force for the first MTPJ and higher maximum force for the second toe and larger contact area for the second MTPJ and second toe. Such outcomes may be associated with the hypermobility of the first ray, which is connected with an asymptomatic pes planus.^{28,30} In an FF with a hypermobile, first ray during walking in the stance phase, the first metatarsal elevates, leaving MH2 to transfer a larger load.³⁰ An

increased force MH2 after a 1-year treatment with just FOs must be interpreted as a negative outcome, and it should be a subject for further studies. It seems that wearing FOs alone may not be enough, and additional intervention to FOs may be more effective.

The groups were assessed separately because the differences were found between them before the treatment, in the following parameters: arch index, hallux angle, forefoot width, midfoot width, force MH1, force MH3, force MH4, force MH5, force midfoot, area MH1 and area midfoot. Looking at the data distribution, all data, apart from a hallux angle, are slightly shifted between groups, but they are also characterized by large ranges, and the shifts were not huge: more than 80% of the cases laid in common ranges. The values of hallux angle were within the normal range in both groups; thus, it was not of great importance.

Nonetheless such differences between the groups are the limitation of this study. It occurred that a simple random assignment to 1 of the 2 intervention methods was not enough. In the future a stratified randomization should be used.

Another limitation is the imbalance in number of boys and girls, but this was not intended; rather, it arose from the flow of patients in the outpatient clinic who fulfilled the study criteria and whose guardians agreed to participate.

The third limitation is lack of the assessment of the change in the patient's quality of life introduced by both methods, which could supplement objective measurements and statistical analysis. Despite all above-mentioned limitations, it can be concluded that to achieve proper improvement while treating an FF, FOs used alone are not enough and should be combined with physiotherapy. The results of the statistical tests, together with the percentages of the patients in whom the changes occurred point to this clinically significant conclusion.

Author Contributions

Conceptualization, A.B.-T., J.S., A.Ł. and M.S.; methodology, A.B.-T., J.S., A.Ł. and M.S.; formal analysis, A.B.-T., E.S., M.K. and M.S.; investigation, A.B.-T., M.K., E.S., J.S. and A.Ł.; data curation, A.B.-T., M.K. and M.S.; writing—original draft preparation, A.B.-T. and M.S.; writing—review and editing, A.B.-T., M.K., E.S., J.S., A.Ł. and M.S.; visualization, M.S.; supervision, M.S.; project administration, A.B.-T. and M.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Declaration of Conflicting Interests

The author(s) declared the following potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article: We wish to confirm that there are no

known conflicts of interest associated with this publication, and there has been no significant financial support for this work that could have influenced its outcome. The funding source is given in the Acknowledgement section at the end of the paper. The authors confirm that the manuscript has been read and approved by all named authors and that there are no other persons who satisfied the criteria for authorship but are not listed. They further confirm that the order of authors listed in the manuscript has been approved by all of us. They confirm that they have given due consideration to the protection of intellectual property associated with this work and that there are no impediments to publication, including the timing of publication, with respect to intellectual property. In so doing, they confirm that they have followed the regulations of their institutions concerning intellectual property. They declare that the corresponding author is the sole contact for the Editorial process (including Editorial Manager and direct communications with the office). The corresponding author is responsible for communicating with the other authors about progress, submissions of revisions and final approval of proofs. They confirm that they have provided a current, correct email address which is accessible by the corresponding author.

Funding

The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

ORCID iD

Malgorzata Syczwska  <https://orcid.org/0000-0002-8872-6476>

References

- Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics*. 2006;118(2):634-639.
- Stavlas P, Grivas TB, Michas C, Vasiliadis E, Polyzois V. The evolution of foot morphology in children between 6 and 17 years of age: a cross-sectional study based on footprints in a Mediterranean population. *J Foot Ankle Surg*. 2005;44(6):424-428.
- Jane MacKenzie A, Rome K, Evans AM. The efficacy of nonsurgical interventions for pediatric flexible flat foot: a critical review. *J Pediatr Orthop*. 2012;32(8):830-834.
- Bresnahan PJ, Juanto MA. Pediatric flatfeet—a disease entity that demands greater attention and treatment. *Front Pediatr*. 2020;8:19.
- American College of Foot and Ankle Surgeons. <https://www.acfas.org/pediatric-flatfoot-%E2%80%93-cause-for-alarm>.
- Harris EJ, Vanore JV, Thomas JL, et al. Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. *J Foot Ankle Surg*. 2004;43(6):341-373.
- Lin CJ, Lai KA, Kuan TS, Chou YL. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. *J Pediatr Orthop*. 2001;21(3):378-382.
- Dars S, Uden H, Banwell HA, Kumar S. The effectiveness of non-surgical intervention (foot orthoses) for paediatric flexible pes planus: a systematic review: update. *PLoS ONE*. 2018; 16;13(2):e0193060
- Evans AM. The flat-footed child—to treat or not to treat: what is the clinician to do? *J Am Podiatr Med Assoc*. 2008;98(5):386-393.
- Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. Are flexible flat feet associated with proximal joint problems in children? *Gait Posture*. 2016;45:204-210.
- Dunn JE, Link CL, Felson DT, Crincoli MG, Keysor JJ, McKinlay JB. Prevalence of foot and ankle conditions in a multiethnic community sample of older adults. *Am J Epidemiol*. 2004;159(5):491-498.
- Kosashvili Y, Fridman T, Backstein TD, Safir O, Ziv YB. The correlation between pes planus and anterior knee or intermittent low back pain. *Foot Ankle Int*. 2008;29(9):910-913.
- Esterman A, Whitford D. A randomized controlled trial of two types of in-shoe orthoses in children with flexible excess pronation of the feet. *Foot Ankle Int*. 2007;28(6):715-723.
- Evans AM, Rome K. A Cochrane review of the evidence for non-surgical interventions for flexible pediatric flat feet. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2011;47(1):69-89.
- Choi JY, Hong WH, Suh JS, Han JH, Lee DJ, Lee YJ. The long-term structural effect of orthoses for pediatric flexible flat foot: a systematic review. *Foot Ankle Surg*. 2020;26(2):181-188.
- Pandey S, Pal CP, Kumar D, Singh P. Flatfoot in Indian population. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2013;21(1):32-36.
- Lee HJ, Lim KB, Yoo J, Yoon SW, Yun HJ, Jeong TH. Effect of custom-molded foot orthoses on foot pain and balance in children with symptomatic flexible flat feet. *Ann Rehabil Med*. 2015;39(6):905-913.
- Jafarnejadgero A, Madadi-Shad M, Alavi-Mehr SM, Granacher U. The long-term use of foot orthoses affects walking kinematics and kinetics of children with flexible flat feet: a randomized controlled trial. *PLoS ONE*. 2018;13(10):e0205187.
- Kido M, Ikoma K, Hara Y, et al. Effect of therapeutic insoles on the medial longitudinal arch in patients with flatfoot deformity: a three-dimensional loading computed tomography study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2014;29(10):1095-1098.
- Zukunft-Huber B. *Trójwymiarowa Manualna Terapia wad Stóp u Dzieci* (three-dimensional manual therapy of foot defects in children). Wrocław: Elsevier Urban & Partner; 2013 (in Polish).
- Pauk J, Ihnatouski M, Najafi B. Assessing plantar pressure distribution in children with flatfoot arch, application of the Clarke angle. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2014;104(6):622-632.
- Chuckpaiwong B, Nunley JA, Mall NA, Queen RM. The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running. *Gait Posture*. 2008;28(3):405-411.

23. Buldt AK, Forghany S, Landorf KB, Levinger P, Murley GS, Menz HB. Foot posture is associated with plantar pressure during gait: a comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait Posture*. 2018;62:235-240.
24. Queen RM, Mall NA, Nunley JA, Chuckpaiwong B. Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. *Gait Posture*. 2009;29(4):582-586.
25. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index—a useful measure from footprints. *J Biomech*. 1987;20(5):547-551.
26. Bosch K, Nagel A, Weigend L, Rosenbaum D. From “first” to “last” steps in life—pressure patterns of three generations. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2009;24(8):676-681.
27. Müller S, Carlsohn A, Müller J, Baur H, Mayer F. Static and dynamic foot characteristics in children aged 1–13 years: a cross-sectional study. *Gait Posture*. 2012;35(3):389-394.
28. Hennig EM, Staats A, Rosenbaum D. Plantar pressure distribution patterns of young school children in comparison to adults. *Foot Ankle Int*. 1994;15(1):35-40.
29. Bosch K, Gerss J, Rosenbaum D. Development of healthy children’s feet—nine-year results of a longitudinal investigation of plantar loading patterns. *Gait Posture*. 2010;32(4):564-571.
30. Hillstrom HJ, Song J, Kraszewski AP, et al. Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot. *Gait Posture*. 2013;37(3):445-451.

Biomedical Human Kinetics

Changes of the gait induced by two different conservative methods applied to correct flexible flat feet in children 5 to 9 years old: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy

| | |
|------------------|---|
| Journal: | <i>Biomedical Human Kinetics</i> |
| Manuscript ID | BHK-2023-0035.R1 |
| Manuscript Type: | Original paper |
| Keywords: | children, flat foot, kinematic and kinetic gait parameters, foot orthoses |
| | |

SCHOLARONE™
Manuscripts

Abstract

Study aim: A flexible flat foot (FFF), one of the most common postural deformities among children, should not be perceived as an isolated problem of static alignment of foot and ankle, but as a part of dynamic biomechanical chain of a lower extremity, pelvis, and lower back. The aim of the study was to compare the impact of two methods, used for treating FFF, on the gait pattern in children after 12 months treatment.

Material and methods: 49 study participants with FFF were randomly assigned to one of the two intervention methods. One group was treated with foot orthoses (FOs), the other group with manual therapy, corrective bandaging and FOs.

Results: After one year of therapy, no significant differences were observed within either group before and after treatment regarding dimensional, spatio-temporal parameters, and ground reaction forces. However, noteworthy changes emerged in hip flexion moment, ankle plantar flexion moment, and ankle power in the group treated with the combined method. In the FOs-treated group, significant changes were found in ankle plantar flexion moment and ankle power.

Conclusion: The observed changes in joints' peak moments and powers in both groups were positive changes, but the combine method seems to be more effective than wearing FOs only.

Keywords: children, flat foot, kinematic and kinetic gait parameters, foot orthoses

1. Introduction

A flat foot (including flexible flat foot) is one of the most common postural deformities among children [26]. Prevalence of pediatric flexible flat foot (FFF) is estimated from a several to several dozen percent and it depends on different factors such as: age, gender, weight, diagnostic methods used, their accuracy, and evaluation criteria [26]. It is also the most frequently raised concern among parents and caregivers forcing them to seek professional health advice [10, 22].

FFF should not be perceived as an isolated problem of static alignment of foot and ankle but as a part of dynamic biomechanical chain of a lower extremity, pelvis, and lower back. In a normal foot during the gait cycle at the beginning of the stance phase a subtalar joint pronates, which unlocks midtarsal joints to enable the foot to adapt to an uneven surface. Then the subtalar joint supinates to achieve a neutral position in the mid-stance. Next the foot continues to supinate until it becomes a rigid lever during the push-off phase. In FFF the supination of the subtalar joint is delayed or lacks at all, which in consequence leaves the midtarsal joints unlocked and the foot does not become a rigid lever for an effective push-off. This prolonged and excessive pronation may cause an

1
2 overmuch tension on the medial plantar ligaments and an increased internal rotation of the tibia
3 [27]. This in consequence may alter shear stresses on the knee articular contact areas [19].

4
5 According to Souza et al, an excessive rearfoot eversion may be the reason for an increased hip
6
7 internal rotation, which could further enhance the Q-angle at the knee, altering the patellofemoral
8
9 joint's biomechanics [28]. (The Q angle is the angle between the line from the anterior superior iliac
10
11 spine to the center of the patella and the line from the tibial tubercle through the center of the
12
13 patella. The normal value of this angle is between 13 and 18 degrees). Other clinical studies connect
14
15 flat foot with a knee and lower back pain, pelvis misalignment, gluteal and erector spinae altered
16
17 activity or changed magnitude of lumbar accelerations during running [17]. However, there is still a
18
19 question, if these studies mostly performed in adults and the resulting biomechanical hypotheses
20
21 could be simply applied to children. There is still little evidence linking FF to pathomechanics of
22
23 proximal joints in children. Some researchers proofed children with symptomatic flat foot (SFF)
24
25 suffer from feet pain, poor balance or limited physical activity [2, 10]. Kothari et al. [19] and Lin et
26
27 al. [21] noticed that children with SFF show reduced walking speed. Lin also observed poorer lower
28
29 extremity performance in exercises such as squatting and standing, tiptoe standing and walking,
30
31 heel walking and one leg standing and hopping [21]. Children with SFF are more vulnerable to hip,
32
33 knee, or back pain [8]. They also have lower quality of life scores on the Oxford Ankle Foot
34
35 Questionnaire for Children (OxAFQ_C) [18]. FF persisting into adulthood is related to lower back
36
37 pain, anterior knee pain, osteoarthritis, instability and functional restrictions or disability [17].

38
39 Despite all these observed after-effects of FF, there is still no consensus on when, if at all, and what
40
41 kind of intervention should be undertaken to deal with a pediatric flat foot. There is still no
42
43 convincing evidence for the efficacy of the nonsurgical interventions in treating pediatric flexible
44
45 pes planus including using feet orthoses (FOs), which are the most often applied noninvasive
46
47 treatment for FFF in children [3, 10]. The recent review on the effectiveness of foot orthoses for
48
49 pediatric flexible pes planus was completed in 2020 by Dars et al. [10]. He stated that there is still
50
51 limited evidence to draw definitive conclusions about the effectiveness of FOs in treatment of
52
53 pediatric FFF. Similar results were drawn earlier by Choi et al. [16], McKenzie et al. [22] and
54
55 Evans et al. in Cochrane review [11]. Due to the heterogeneity and methodological deficiency of the
56
57 reviewed studies, all the above-mentioned authors were not able to draw definitive conclusions
58
59 about the effectiveness of FOs. Despite this heterogeneity, the summarized findings however, reveal
60
61 that wearing FOs may have positive effect on reducing pain and improving foot posture and
62
63 function. Contrary to the literature describing the effectiveness of FOs in children, there is still very
64
65 limited research explaining the mechanisms by which these positive changes are achieved. Perhaps
66
67 the key to explaining the possible mechanism of the observed positive changes and understanding

the biomechanical effects of FOs is to investigate how FOs modify gait parameters not only in the foot and ankle complex, but also in the entire lower limb, pelvis and lower back.

Therefore, in this study we compared the efficacy of two conservative treatments for a pediatric FFF: a three-dimensional manual therapy developed by Barbara Zukunft-Huber (PT) [30], combining wearing FOs and manual therapy with corrective bandaging with FOs alone. We compared the effectiveness of these methods, examining their impact on the gait pattern in children after the one year of therapy.

2. Materials and Methods

2.1 Patients

There were 49 children (37 boys and 12 girls) included in this study. Recruitment took place during a medical examination at the Rehabilitation Outpatient Clinic at The Children's Memorial Health Institute in Warsaw. All eligible children were asked to participate. Inclusion criteria included an age of 5 to 9 years and at least one asymptomatic flexible flat foot. Exclusion criteria included rigid flat foot, a secondary flat foot caused by damage to the central nervous system (CNS), neuromuscular diseases, genetic disorders, lower limb trauma or surgical intervention. The demographic characteristics of the group are presented in Table 1.

Table 1. Demographic characteristics of the group

| | No of Subjects | Median | Minimum | Maximum | 25 th Percentile | 75 th Percentile |
|------------------|----------------|--------|---------|---------|-----------------------------|-----------------------------|
| Height | 49 | 124.50 | 109.50 | 140.00 | 119.00 | 129.00 |
| Body mass | 49 | 24.00 | 18.70 | 39.00 | 21.0 | 28.0 |
| BMI | 49 | 16.23 | 12.61 | 21.72 | 15.11 | 17.5 |
| Age | 49 | 6.41 | 5.04 | 10.37 | 5.87 | 7.48 |

The study was approved by the Local Ethical Committee. Informed consent was sign by parents of all children taking part in the study before their enrollment. All children and their parents were informed what was the characteristic of the flexible flat foot, what kind of two treatment methods would be used in the study and that they would be assigned to one of these treatment methods by the therapist. The simple randomization method was used: every second patient was assigned to the FOs with manual therapy group. These were insole treatment or manual therapy together with corrective bandaging for the night and insoles for the day.

2.2 Methods

The flexible flat foot was diagnosed during a clinical examination carried out by an experienced physician and physiotherapist. Clinical criteria for flexible foot diagnosis were a medial longitudinal arch (MLA) collapse, heel valgus and bulging of the medial side of a foot.

Next, the range of motion (ROM) of lower extremity (LE) joints was measured with a goniometer independently by two physiotherapists. Foot dorsiflexion was measured with the foot in slightly inverted position to lock the subtalar joint to exclude any additionally dorsiflexion in it. The ankle dorsiflexion was measured with the knee flexed (ADKF). The heel valgus angle was measured with a goniometer during standing on both feet. It was measured three times and then an averaged result was calculated.

After the examination, all study participants were randomly assigned to one of the two intervention methods. One group received FOs treatment and the other group received manual therapy together with corrective bandaging for a night and for walking at home and FOs for a day while going out i.e., to school. The shoe insoles for both groups were individually customized in an orthopedic-podiatry clinic by an experienced orthotist. The supination wedge height was designed to keep the subtalar joint in a neutral position to correct forefoot abduction and hindfoot pronation. The insoles were made of thermocork with 55 hardness Shore scale covered with perforated material. The detailed description of the examination for FOs customizing can be found in our previous article [3].

The children were instructed to wear the insoles with self-selected, well-fitting shoes with a flexible, flat sole and rigid heel counter. They were recommended to wear the insoles for 1 hour on the first day and then to increase the time of insoles wearing by 1 hour per day. Based on the previous studies [14] which reported that wearing the insoles for 5 to 10 hours a day could be beneficial, the children in this study were instructed to wear insoles for at least for 6 hours a day. The three-dimensional manual foot therapy applied together with FOs to one group of children in this study was developed by Barbara Zukunft-Huber, PT [30]. It involves the use of special manual techniques and bandage wrapping for maintaining the results. The full description of the manual techniques and bandaging can be found in our previous article [3].

To assess the treatment results, the data obtained from instrumented gait analysis were used. The analysis was performed using a 12 camera VICON MX System. The Plug-In-Gait marker set and lower-body model were used. Patients walked with their preferred, self-selected speed several times along the walkway to obtain six technically correct trials, which were later imported to the Polygon software and averaged.

1
2 The data obtained from averaged reports were later analyzed. Spatio-temporal data were presented
3 as a percentage of age- and gender-adjusted reference data. The following gait parameters were
4 further analyzed: gait velocity, cadence, step length, step width, stance phase, single-stance phase,
5 pelvic tilt, pelvic range of motion (ROM) in sagittal plane, pelvic obliquity, pelvic range of motion
6 in frontal plane, pelvic rotation, pelvic range of motion in transversal plane, hip flexion at initial
7 contact, hip flexion in terminal stance, hip flexion in swing, pass retract, hip range of motion, hip
8 abduction, hip range of motion in frontal plane, hip rotation in swing, hip range of motion in
9 transversal plane, knee flexion at initial contact, knee flexion at weight acceptance, knee flexion in
10 standing, maximal knee flexion in swing, knee flexion in terminal swing, knee range of motion,
11 dorsiflexion of initial contact maximal dorsiflexion in standing, maximal plantarflexion,
12 plantarflexion in swing, ankle range of motion in sagittal plane, foot progression, range of motion in
13 foot progression, maximal values of ground reaction force components (vertical, medio-lateral, and
14 fore-aft) and joints' peak moments and powers.

15
16 The extreme values of the kinematic and kinetic parameters were chosen to keep the uniformity of
17 data description, as the time-curves characteristics were preserved in our group of patients in
18 comparison to the healthy reference data.

19
20 Statistical analysis of the data was performed with Statistica v.10.0 software. The normality of the
21 data was checked with Kolmogorov-Smirnov and chi-square tests. As most of the variables were
22 non-normally distributed the between groups comparisons were done using Mann-Whitney test, and
23 the comparisons within groups (depended samples) with the sign test. The cut-off level of statistical
24 significance was 0.05. A post hoc power analysis was performed using GPower 3.1.9.4 software,
25 for matched pairs tests.

26 **3. Results**

27
28 The comparisons of the parameters between left and right leg, done with Wilcoxon signed rank test,
29 showed no differences; thus, the data from left and right legs were pooled together.

30 *3.1 Kinematic parameters*

31
32 There were no significant differences found between the study groups before and after the treatment
33 implementation in terms of dimensional and spatio-temporal parameters as well as the ground
34 reaction forces. There were some minor differences between the two groups before treatment in
35 terms of angular values and therefore the treatment outcomes were calculated for each group
36 separately as in our previous article [3]. Looking at the differences found both before and after the
37 treatment, in can be said that they were small, random, and concerned mainly range, and thus
38 irrelevant for the intervention used. **In conclusion, no significant differences in kinematic gait**

parameters were observed within each study group after treatment. To delve deeper into the specific data, please refer to the detailed findings presented in Table 2 and Table 3.

Table 2. Comparison of the treatment results in the group treated with foot orthoses alone

| | t | p | mean±SD before | mean±SD after |
|---|--------|--------|-------------------|------------------|
| Velocity [%] (in respect to reference data) | 0.171 | 0.864 | 75.3±16.4 | 76.8±21.7 |
| Cadence [%] (in respect to reference data) | 0.182 | 0.855 | 80.6±8.5 | 77.4±19.9 |
| Step width [m] | 0.500 | 0.617 | 0.15±0.029 | 0.14±0.035 |
| Step length [%] (in respect to reference data) | 0.167 | 0.868 | 92.4±15.3 | 92.5±23.8 |
| Support [%] | 2.089 | 0.037 | 61.0±2.0 | 59.9±1.5 |
| Single limb support [%] | 0.696 | 0.486 | 39.6±3.7 | 40.0±1.8 |
| Pelvis sagittal [°] | 4.773 | 0.000 | 6.2±5.0 | 10.4±4.2 |
| Pelvis sagittal ROM (range of motion) [°] | 0.612 | 0.540 | 3.2±1.0 | 3.3±0.7 |
| Pelvis frontal [°] | 0.196 | 0.844 | 0.08±1.2 | 0.4±1.9 |
| Pelvis frontal ROM (range of motion) [°] | 1.066 | 0.286 | 7.3±1.9 | 7.8±2.2 |
| Pelvis transverse [°] | 0.913 | 0.361 | 1.1±2.6 | 0.8±2.7 |
| Pelvis transverse ROM (range of motion) [°] | 0.567 | 0.571 | 10.1±5.1 | 9.2±3.2 |
| Hip IC (initial contact) [°] | 4.526 | <0.001 | 22.7±6.3 | 28.4±5.7 |
| Hip TS (terminal swing) [°] | 5.167 | <0.001 | -14.5±8.5 | -9.3±6.1 |
| Hip swing [°] | 4.066 | <0.001 | 24.7±6.8 | 29.8±6.4 |
| Pass retract [°] | 1.750 | 0.080 | 2.0±2.2 | 1.2±2.2 |
| Hip ROM (range of motion) [°] | 0.177 | 0.860 | 37.8±6.1 | 38.4±3.7 |
| Hip rotation in stance [°] | 0.530 | 0.596 | -2.3±13.1 | -0.08±14.0 |
| Hip rotation in swing [°] | 0.177 | 0.860 | 0.3±18.3 | 0.3±19.2 |
| Hip rotation ROM (range of motion) [°] | 0.857 | 0.391 | 22.4±12.1 | 23.9±10.0 |
| Hip abduction [°] | 1.393 | 0.164 | -0.5±3.7 | -0.9±6.6 |
| Hip frontal ROM (range of motion) [°] | 2.694 | 0.007 | 10.2±2.9 | 11.8±4.7 |
| Knee IC (initial contact) [°] | 1.033 | 0.301 | 0.6±3.7 | -1.0±3.8 |
| Knee weight acceptance [°] | 1.250 | 0.211 | 10.3±5.2 | 14.9±24.7 |
| Knee stance [°] | 0.750 | 0.453 | 0.8±5.0 | -0.6±4.9 |
| Knee swing [°] | 1.549 | 0.121 | 52.1±5.0 | 53.4±4.9 |
| Knee TS (terminal swing) [°] | 0.866 | 0.386 | -3.2±17.4 | -5.8±3.2 |
| Knee ROM (range of motion) [°] | -0.250 | 0.802 | 54.7±5.6 | 56.6±4.2 |
| Ankle IC (initial contact) [°] | 2.739 | 0.006 | -4.7±4.3 | -2.3±5.4 |
| Ankle dorsiflexion in swing [°] | 1.237 | 0.216 | 13.5±3.2 | 14.0±3.8 |
| Ankle max plantar flexion [°] | -0.000 | 1.000 | -15.1±8.3 | -14.3±11.0 |
| Ankle swing [°] | 1.373 | 0.167 | 2.7±4.1 | 2.4±3.3 |
| Ankle ROM (range of motion) [°] | -0.177 | 0.860 | 29.5±6.3 | 30.4±6.4 |
| Progress [°] | -0.000 | 1.000 | -0.12±7.9 | -0.9±6.9 |
| Progress ROM (range of motion) [°] | 1.044 | 0.296 | 15.1±6.0 | 14.5±5.6 |
| FZ1 (first peak of vertical ground reaction force) [N/kg] | 0.171 | 0.864 | 104.1±8.6 | 105.2±8.7 |
| FZ2 (second peak of vertical ground reaction force) [N/kg] | 0.676 | 0.499 | 83.5±8.8 | 81.2±6.2 |
| FZ3 (first peak of vertical ground reaction force) [N/kg] | 0.171 | 0.864 | 103.7±6.6 | 106.6±6.6 |
| FX1 (lateral peak of mediolateral ground reaction force) [N/kg] | 0.913 | 0.361 | 8.9±2.3 | 8.7±1.9 |
| FX2 (medial peak of mediolateral ground reaction force) [N/kg] | 0.000 | 1.000 | 1.1±1.9 | 0.9±1.0 |

| | | | | |
|---|-------|-------|----------|----------|
| FY1 (anterior peak of ant-post ground reaction force) [N/kg] | 0.182 | 0.855 | 17.1±4.6 | 18.2±3.2 |
| FY2 (posterior peak of ant-post ground reaction force) [N/kg] | 0.177 | 0.860 | 17.5±4.4 | 19.3±4.0 |

Table 3. Comparison of the treatment results in the group treated with foot orthoses, manual therapy and corrective bandaging

| | t | p | mean±SD before | mean±SD after |
|--|--------|--------|-------------------|------------------|
| Velocity [%] (in respect to reference data) | 0.474 | 0.635 | 77.1±15.2 | 70.8±25.9 |
| Cadence [%] (in respect to reference data) | 0.154 | 0.877 | 79.6±9.7 | 72.2±24.6 |
| Step width [m] | 1.107 | 0.268 | 0.17±0.038 | 0.15±0.039 |
| Step length [%] (in respect to reference data) | 0.312 | 0.755 | 95.4±12.4 | 96.0±16.5 |
| Support [%] | 1.562 | 0.118 | 60.9±1.8 | 60.2±1.8 |
| Single limb support [%] | 1.423 | 0.155 | 39.3±2.6 | 40.1±2.3 |
| Pelvis sagittal [°] | 0.171 | 0.864 | 10.0±4.8 | 9.0±6.3 |
| Pelvis sagittal ROM (range of motion) [°] | 3.064 | 0.002 | 3.7±1.3 | 3.0±1.0 |
| Pelvis frontal [°] | 3.601 | <0.001 | -0.7±2.1 | 0.9±1.6 |
| Pelvis frontal ROM (range of motion) [°] | 2.245 | 0.025 | 6.3±4.1 | 6.9±2.0 |
| Pelvis transverse [°] | 0.980 | 0.327 | 0.9±2.0 | 1.4±2.5 |
| Pelvis transverse ROM (range of motion) [°] | 0.857 | 0.391 | 9.5±4.1 | 9.7±3.5 |
| Hip IC (initial contact) [°] | 0.329 | 0.742 | 27.5±6.9 | 27.9±7.1 |
| Hip TS (terminal swing) [°] | 1.460 | 0.144 | -11.2±6.2 | -10.4±7.1 |
| Hip swing [°] | 0.320 | 0.749 | 29.8±6.9 | 29.9±6.8 |
| Pass retract [°] | 0.671 | 0.502 | 1.9±2.0 | 1.2±2.0 |
| Hip ROM (range of motion) [°] | 0.487 | 0.626 | 39.0±5.6 | 37.9±5.5 |
| Hip rotation in stance [°] | 1.135 | 0.256 | -8.2±15.4 | -7.1±13.7 |
| Hip rotation in swing [°] | 0.474 | 0.635 | 1.1±14.5 | -0.1±16.3 |
| Hip rotation ROM (range of motion) [°] | -0.158 | 0.874 | 22.8±7.9 | 25.0±9.3 |
| Hip abduction [°] | 0.961 | 0.337 | -0.3±3.4 | -2.1±7.3 |
| Hip frontal ROM (range of motion) [°] | 1.167 | 0.243 | 9.3±2.5 | 12.1±6.2 |
| Knee IC (initial contact) [°] | 0.236 | 0.814 | 0.7±3.7 | 0.2±2.8 |
| Knee weight acceptance [°] | 0.459 | 0.646 | 12.2±5.6 | 10.1±5.1 |
| Knee stance [°] | -0.236 | 0.814 | 1.8±4.9 | 1.0±4.4 |
| Knee swing [°] | -0.224 | 0.823 | 52.7±7.7 | 54.1±4.7 |
| Knee TS (terminal swing) [°] | -0.000 | 1.000 | -6.1±3.6 | -6.6±3.9 |
| Knee ROM (range of motion) [°] | 0.707 | 0.479 | 54.9±8.6 | 57.4±7.0 |
| Ankle IC (initial contact) [°] | 1.543 | 0.123 | -3.6±3.9 | -1.3±3.8 |
| Ankle dorsiflexion in swing [°] | 0.000 | 1.000 | 9.4±2.6 | 13.2±3.6 |
| Ankle max plantar flexion [°] | 0.833 | 0.405 | -10.1±12.9 | -6.9±15.2 |
| Ankle swing [°] | 0.167 | 0.868 | 3.0±5.2 | 3.1±2.9 |
| Ankle ROM (range of motion) [°] | 1.315 | 0.188 | 27.6±6.4 | 28.3±5.8 |
| Progress [°] | 0.487 | 0.626 | -4.7±9.0 | -4.3±8.1 |
| Progress ROM (range of motion) [°] | -0.000 | 1.000 | 12.9±4.4 | 12.9±5.9 |
| FZ1 (first peak of vertical ground reaction force) [N/kg] | 0.657 | 0.511 | 105.6±11.2 | 107.8±12.2 |
| FZ2 (second peak of vertical ground reaction force) [N/kg] | 0.961 | 0.337 | 82.2±10.2 | 82.0±6.3 |
| FZ3 (first peak of vertical ground reaction force) [N/kg] | 1.601 | 0.109 | 101.9±5.9 | 105.1±7.5 |

| | | | | |
|---|--------|-------|----------|----------|
| FX1 (lateral peak of mediolateral ground reaction force) [N/kg] | 0.696 | 0.486 | 9.6±2.0 | 9.1±7.5 |
| FX2 (medial peak of mediolateral ground reaction force) [N/kg] | 0.000 | 1.000 | 0.8±1.1 | 0.7±1.0 |
| FY1 (anterior peak of ant-post ground reaction force) [N/kg] | 0.154 | 0.877 | 17.8±5.7 | 18.0±4.0 |
| FY2 (posterior peak of ant-post ground reaction force) [N/kg] | -0.158 | 0.874 | 18.1±5.4 | 18.5±3.7 |

3.2 Kinetic parameters

The distribution of moments of forces and power verified with the Kolmogorov-Smirnov test was normal. There were statistically significant differences found between the study groups before and after treatment in terms of moments of forces and power.

Looking at the group treated with B. Zukunft-Huber method (combined manual techniques, corrective bandaging and FOs) significant changes were observed at the hip flexion moment, ankle plantar flexion moment and ankle power after treatment. In the group treated with FOs only, significant differences were found in the ankle plantar flexion moment and ankle power after treatment. These outcomes are further substantiated and detailed in Tables 4 and 5. In Table 4, we present the results of the Student's t-test for related trials, which examines moments and powers, for both treatment groups before and after therapy. Meanwhile, Table 5 provides a comprehensive perspective by highlighting the statistically significant parameters, including ankle plantar flexion moments, ankle power, and hip flexion moments. Additionally, it delves into the power and effect sizes of the observed changes within both treatment groups before and after therapy.

Table 4. Comparison of the results in both groups before and after treatment with Student's t-test for related trials – moments and powers

| Variable | Group treated with foot orthoses alone | | Group treated with foot orthoses and manual therapy together with corrective bandaging | |
|------------------------------|--|--------|--|--------|
| | t | p | t | p |
| Hip_flexion [Nm/kg] | -1.694 | 0.099 | -2.301 | 0.027 |
| Hip extension [Nm/kg] | 0.283 | 0.779 | -1.332 | 0.190 |
| Knee flexion [Nm/kg] | -0.512 | 0.611 | -1.101 | 0.323 |
| Knee extension [Nm/kg] | -0.847 | 0.402 | -0.969 | 0.338 |
| Ankle plantarflexion [Nm/kg] | -4.546 | <0.001 | -7.023 | <0.001 |
| Ankle Power [W/kg] | -2.785 | 0.008 | -2.027 | 0.049 |

Table 5. T-test for dependent samples in both groups before and after treatment. Different than before the therapy - # - $p < 0.05$, ## - $p < 0.01$, ### - $p < 0.001$

| Variable | Group treated with foot orthoses alone | | | Group treated with foot orthoses and manual therapy together with corrective bandaging | | |
|--------------------------------------|--|--------------|-----------------------------|--|--------------|-----------------------------|
| | pre mean±SD | post mean±SD | Power Effect size Cohen's d | pre mean±SD | post mean±SD | Power Effect size Cohen's d |
| Ankle plantar flexion moment [Nm/kg] | 0.99±0.17 | 1.1±0.13### | 0.98 0.727 | 0.95±0.17 | 1.1±0.16### | 0.99 0.909 |
| Ankle power [W/kg] | 2.28±0.68 | 2.67±0.69## | 0.87 0.569 | 2.17±0.86 | 2.36±0.71# | 0.62 0.241 |
| Hip flexion moment [Nm/kg] | | | | 0.66±0.37 | 0.82±0.37# | 0.69 0.432 |

4. Discussion

The aim of this study was to compare the efficacy of two different methods commonly used for handling flexible flat foot (FFF). As to fully describe any potential changes in gait caused by the treatments, there were kinematic and kinetic data collected. Because the effect of foot orthoses on foot kinematic and kinetic parameters was widely researched, the main focus was on ankle and lower limb's proximal joints [9, 23, 24, 29]. During walking, running or other activities involving lower limbs loading, it is plausible that an altered pronation-supination mechanism in FFF could lead to a change in the kinematics or kinetics (or both) of the proximal joints as was reported by Lin et al [21] Kothari et al [19] and other researchers [28]. It can also be assumed that changed mechanics in a lower limb's chain in children with FFF and the resulting gait deviations would lead to clinical symptoms later in the adulthood [21].

To verify the effectiveness of both methods used and at the same time compare which method, if any, is more effective, the kinematic and kinetic parameters of gait were measured before and after the 12-month treatment. Kinematic data described body segments orientation, joint angles, and spatio-temporal gait parameters. Kinetic data included ground reaction forces (GRF), lower limb joint mechanical moments and powers. Reviewing scientific literature concerning treatment effects of FFF with FOs, there was no research to our knowledge directly comparing different methods of intervention. Furthermore, very few researchers studied the long-term effects of foot orthoses, most of them observed the immediate changes in gait parameters after applying shoe insoles both in children and adults [1, 12, 20]. Exceptions are studies of Jafarnezhadgero et al [15] with the

1
2 observation period of 4 months and Radwan et al [27] who measured the treatment outcome after 6
3 and 12 months of wearing FOs. Knowing from the previous studies that the kinematic and kinetic
4 gait parameters change when comparing direct barefoot walking and walking with foot insoles, we
5 wanted to know if foot orthoses could permanently alter these parameters and whether barefoot
6 walking would improve after one year of treatment.
7
8
9

10 *Kinematic data*

11
12
13 After 12 months of treatment, there were no significant changes in the spatio-temporal parameters
14 of gait in any of the groups. These results are consistent with other researchers. [5, 12, 20, 24].
15 Some researchers as Galafate et al [12] or Külcu et al [20] studied the immediate effects of FOs and
16 did not find any changes in the spatio-temporal parameters both in children as in adults with FFF.
17 Others observing long term effects of foot insoles also got the similar results.
18
19
20
21

22
23 As to angular values in proximal joints, we did not find any clinically significant changes after a
24 one-year treatment in both studied groups. However, looking at the tables with the results (Tables 2
25 and 3), there were few statistically significant changes in angular values in some proximal joints
26 observed, but they were so small that they can be interpreted as random and clinically irrelevant.
27 These random changes cannot be connected to the applied therapy, and they are too small to be
28 interpreted as beneficial or not beneficial to the participants.
29
30
31
32

33
34 We observed the intervention results inside each group separately, because initially both studied
35 groups differed slightly from each other, and this is the limitation of this study. It occurred that a
36 simple random assignment to one of the two intervention methods was not enough and, in the
37 future, to avoid such a situation, and obtain two homogenous groups, a stratified randomization
38 should be used [3]. But in both groups after a one-year treatment there were no clinically significant
39 changes found. It is proofed that wearing FOs have positive outcomes on foot pronation and
40 rearfoot eversion [7, 23, 24, 29]. And because all joints of the lower limb are linked together in a
41 one biomechanical chain, there is of course a question how such positive changes in foot pronation
42 or hindfoot eversion caused by wearing foot insoles do not induce any significant changes in
43 angular values in proximal joints? The reason could be a measurement method is not sensitive
44 enough to capture small changes. It is possible that skin markers used in the VICON MX System to
45 record motion, because of the slightly movements between skin and bones, do not exactly reflect
46 little bone motion and hence the lack of measurement precision. Our results are consistent with
47 other researchers, who did not observe any or just minimal changes in the kinematics of proximal
48 joints [5, 24].
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Kinetic data

1
2 Looking at the results after a 12-months treatment we observed a statistically significant increase in
3 ankle peak plantar flexion moment and ankle power in both groups and additionally a statistically
4 significant increase in hip peak flexion moment in the group treated with the manual techniques,
5 corrective bandaging together with foot orthoses. All these parameters were normalized either to
6 geometric features or body weight to remove the influence of children's grow. Our results differ
7 from the results obtained by Radwan et al and Jafarnezhadgero et al [15, 27]. Radwan et al found a
8 significant decrease in foot eversion and forefoot, knee and hip abduction and hip flexion peak
9 moments after 6 months of wearing FOs. After the next 6 months all these parameters continued to
10 decrease, and additionally ankle dorsiflexion and forefoot adduction peak moments significantly
11 increased and at the same time foot plantar-flexion and inversion, knee flexion, extension, and
12 internal rotation and hip extension and internal rotation moments significantly decreased.
13 Jafarnezhadgero et al [15, 27] found that FOs had different outcomes on dominant and non-
14 dominant lower limb. After 4 months of wearing FOs an ankle evertor moment, knee and hip
15 abductor moments and hip flexor moment in dominant lower limb and evertor and internal rotator
16 moments at the ankle, flexor and internal rotator moments at the knee and an extensor moment at
17 the hip in non-dominant limb decreased. At the same time increased a dorsiflexor moment at the
18 ankle in a non-dominant limb.

19
20 Normative kinetic data is essential for diagnosing and treating abnormal gait. Reviewing the
21 relevant literature on the biomechanics of the human lower limbs, it is known that the kinetic
22 parameters have their optimal values and when assessing the effects of any treatment, these values
23 should be considered [6, 13]. The results of studies on normative kinetic data for children suggest
24 that, apart from the ankle joint, children achieve adult-like kinetic parameters by the age of 5 [6]
25 and a mature kinetic parameters at the ankle by the age of 9. Comparing the normative kinetic data
26 with the results from this study, it is clear that the changes observed in both groups after 12 months
27 of treatment are mostly positive. Looking at the group treated with the combine method (manual
28 therapy, bandaging, FOs) an increase in the hip flexion peak moment just before a heel strike from
29 0.66 ± 0.37 Nm/kg to 0.82 ± 0.37 Nm/kg should be interpreted as a positive outcome (the mean
30 normative data for this parameter is about 1.1 Nm/kg) (Table 5). The achieved value did not yet
31 reach an optimum but after the treatment it was closer to it. With an increase in the ankle plantar
32 flexion moment from 0.95 ± 0.17 Nm/kg to 1.1 ± 0.16 Nm/kg, the participants in this study almost
33 reached an optimal value normative for their age, which equals 1.10 Nm/kg for 5-6-year-olds, 1.19
34 Nm/kg for 7-8-year-olds and 1.40 Nm/kg for 9+ year-olds (Table 5) [6]. The same goes for the
35 ankle power: increasing from 2.17 ± 0.86 Nm/kg to 2.36 ± 0.71 Nm/kg after one year of treatment,
36 this parameter is within an optimal range of normative data (ankle power equals 2.11 Nm/kg for 5-
37 6-year-olds, 2.31 Nm/kg for 7-8-year-olds and 2.99 Nm/kg for 9+ year-olds) (Table 5). Looking at

1
2 the second group treated with just the foot insoles, with an increase of an ankle **plantar** flexion peak
3 moment from **0.99±0.17 Nm/kg** **1.1±0.13Nm/kg** and an ankle power from **2.28±0.68 Nm/kg** to
4 **2.67±0.69 Nm/kg**, the participants of this study achieved optimal parameters' values normative for
5 their age (**Table 5**). A difference between two studied groups was a hip flexion peak moment, which
6 value in the second group was below the normative values and did not significantly change.
7
8
9

10
11 Now it is necessary to consider what was the possible mechanism of the observed kinetic changes
12 after a one-year treatment. In an earlier research article [3], we showed that both the intervention
13 methods we compared had a positive effect on some plantar loads parameters during gait, thus
14 improving the dynamic function of the foot. It is known that plantar loads parameters and their
15 distribution during gait reflect biomechanical abnormalities of FF both in children and adults [4, 8,
16 25]. Because there were no significant angular changes in an ankle and proximal joints of LEs
17 stated, we presume that the changes we noticed in plantar loads parameters, modifying the foot
18 structure and its biomechanics, affected directions of ground reaction force vector, thus changing
19 the length of the force arm till the joints and through this altered joints' peak moments and powers.
20 The observed changes in joints' peak moments and powers were positive changes, but as in our
21 previous article [3], the B. Zukunft-Huber method (combining the manual techniques, corrective
22 bandaging together with foot orthoses) seems to be more effective than just wearing FOs.
23
24
25
26
27
28
29
30
31

32 **The limitation of this study is the fact, that the simple randomization of our patients ended with**
33 **some slight differences between them [3] at the beginning of the study. In the future evaluation a**
34 **stratified randomization should be used to ensure the homogeneity of the groups.**
35
36
37

38 **Ethics statement:** The protocol and the study was approved by Bioethical Committee of The
39 Children's Memorial Health Institute, Warsaw, Poland, agreement 196/KBE/2015.

40 **Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the
41 study.
42
43

44 **Data Availability Statement:** The data presented in this study are available in anonymized form on
45 request from the corresponding author. The data are not publicly available due to ethical reasons.
46
47

48 **Acknowledgments:** The authors would like to thank all the patients and their parents for the
49 agreement to participate in this study.
50
51

52 **Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.
53
54

55 **References**

- 56
57 1. Aboutorabi A., Saeedi H., Kamali M., Farahmand B., Eshraghi A. and Roghaye S Dolagh R.S.
58 (2014) Immediate effect of orthopedic shoe and functional foot orthosis on center of pressure
59
60

- 1 displacement and gait parameters in juvenile flexible flat foot. *Prosthet. Orthot. Int.*, Vol. 38(3)
2 218– 223 <https://doi.org/10.1177/0309364613496111>
3
4
5
6 2. American College of Foot and Ankle Surgeons – Pediatric Flatfoot
7
8 3. Boryczka-Trefler A., Kalinowska M., Szczerbik E., Stębowska J., Łukaszewska A., Syczewska
9 M. (2023) Comparison of two conservative treatment approaches for the flat foot in children
10 aged 5 to 10: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.
11 *Clin. Pediatr.*, <https://doi.org/10.1177/00099228231172480> on-line first
12
13
14 4. Buldt A.K., Forghany S., Landorf K.B., Levingere P., Murley G.S., Menz H.B. (2018) Foot
15 posture is associated with plantar pressure during gait: A comparison of normal, planus and
16 cavus feet. *Gait Posture*, 62, 235–240, <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.03.005>
17
18
19 5. Chen Y-Ch., Lou S-Z., Huang Ch-Y., Su F-Ch. (2010) Effects of foot orthoses on gait patterns
20 of flat feet patients. *Clin. Biomech.*, 25(3): 265-270
21
22 <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.11.007>, Epub 2009 Dec 16
23
24
25 6. Chester V.L., Tingley M., Biden E.N. (2006) A comparison of kinetic gait parameters for 3–13-
26 year olds. *Clin. Biomech.*, 21, 726–732 <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2006.02.007>
27
28
29 7. Cheung, R.T., Chung,R.C.,Ng,G.Y. (2011) Efficacies of different external controls for
30 excessive foot pronation: a meta-analysis. *Br. J. Sports Med.*, 45, 743–751
31
32 <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.079780>
33
34 8. Chuckpaiwong B., Nunley J.A., Mall N.A., Queen R.M. (2008) The effect of foot type on in-
35 shoe plantar pressure during walking and running. *Gait Posture*, 28, 405–41,
36
37 <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.01.012>
38
39
40 9. Collins N, Bisset L, McPoil T,& Vicenzino B. (2007) Foot orthoses in lower limb overuse
41 conditions: a systematic review and meta-analysis. *Foot Ankle Int.*, 28, 396-412
42
43 <https://doi.org/10.3113/FAI.2007.0396>
44
45 10. Dars S., Uden H., Kumar S., and Banwell H. A. (2018) The effectiveness of non-surgical
46 intervention (Foot Orthoses) for paediatric flexible pes planus: A systematic review: *PLoS ONE*,
47 13(2): e0193060. [https://doi: 10.1371/journal.pone.0193060](https://doi:10.1371/journal.pone.0193060), eCollection 2018
48
49
50 11. Evans A. M., Rome K. A (2011) Cochrane review of the evidence for non-surgical inter-
51 ventions for flexible pediatric flat feet. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.*, 47: 69-89
52
53
54 12. Galafate D., Pournajaf S., Condoluci C., Goffredo M., Di Girolamo G., Manzia C.M., Pellicciari
55 L., Franceschini M., Galli M. (2020) Bilateral foot orthoses elicit changes in gait kinematics of
56 adolescents with Down Syndrome with flatfoot. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17(14):
57 4994 <https://doi.org/10.3390/ijerph17144994>
58
59
60

- 1
2 13. Ganley, K.J., Powers, C.M. (2005) Gait kinematics and kinetics of 7-yearold children: a
3 comparison to adults using age-specific anthropometric data. *Gait Posture*, 21, 141–145
4 <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.01.007>
5
- 6
7 14. Hsieh Ru-Lan, Peng Hiu-Ling, Lee Wen-Chung (2018) Short-term effects of customized arch
8 support insoles on symptomatic flexible flatfoot in children: A randomized controlled trial.
9 *Medicine*, 97(20): e10655 <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000010655>
10
- 11
12 15. Jafarnezhadgero A.A., Shad M.M, Majlesi M. (2017) Effect of foot orthoses on the medial
13 longitudinal arch in children with flexible flatfoot deformity: A three-dimensional moment
14 analysis. *Gait Posture*, 55: 75-80 <https://doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.04.011>, Epub 2017 Apr 7
15
- 16
17 16. Jun Young Choi, Woi Hyun Hong, Jin Soo Suh, Jae Hwi Han, Dong Joo Lee, Yong Jae Lee
18 (2020) The long-term structural effect of orthoses for pediatric flexible flat foot: A systematic
19 review. *Foot Ankle Surg.*, 26(2):181-188
20
21 <https://doi: 10.1016/j.fas.2019.01.007> Epub 2019 Feb 1
22
- 23
24 17. Kosashvili Y, Fridman T, Backstein D, Safir O, Ziv YB. (2008) The correlation between pes
25 planus and anterior knee or intermittent low back pain. *Foot Ankle Int.*, 29: 910–3
26
27 <https://doi.org/10.3113/FAI.2008.0910>
28
- 29
30 18. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. (2015) The relationship between
31 quality of life and foot function in children with flexible flatfeet. *Gait Posture*, 41: 786-790
32
33 <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.02.012>
34
- 35
36 19. Kothari A., Dixon P.C., Stebbins J., Zavatsky A.B., Theologis T. (2016) Are flexible flat feet
37 associated with proximal joint problems in children? *Gait Posture*, 45, 204–210
38
39 <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.02.008>
40
- 41
42 20. Külçü, D.G.; Yavuzer, G.; Sarmer, S.; Ergin, S. (2007) Immediate effects of silicone insoles on
43 gait pattern in patients with flexible flatfoot. *Foot Ankle Int.*, 28, 1053–1056
44
45 <https://doi.org/10.3113/FAI.2007.1053>
46
- 47
48 21. Lin C.-J., Lai K.-A., Kuan T.-S., Chou Y.-L. (2001) Correlating factors and clinical significance
49 of flexible flatfoot in preschool children. *J. Pediatr. Orthop.*, 21 ,378–382
50
51 <https://doi.org/10.1097/00004694-200201000-00028>
52
- 53
54 22. MacKenzie A, Rome K, Evans AM. (2012) The efficacy of nonsurgical interventions for
55 pediatric flexible flat foot: a critical review. *J. Pediatr. Orthop.*, 32: 830-834
56
57 <https://doi.org/10.1097/bpo.0b013e3182648c95>
58
- 59
60 23. Mills K., Blanch P., Chapman A.R., McPoil T.G., Vicenzino B.: Foot orthoses and gait: a
systematic review and meta-analysis of literature pertaining to potential mechanisms. *Br J
Sports Med*, 2010, Nov; 44(14): 1035-1046. <https://doi: 10.1136/bjism.2009.066977>

- 1
2 24. Nester C.J., van der Linden M.L., Bowker P. (2003) Effect of foot orthoses on the kinematics
3 and kinetics of normal walking gait. *Gait Posture*, 17, 180-187 [https://doi.org/10.1016/s0966-](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(02)00065-6)
4 [6362\(02\)00065-6](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(02)00065-6)
5
6
7 25. Pauk J., Ihnatouski M., Najafi B. (2014) Assessing plantar pressure distribution in children with
8 flatfoot arch: application of the Clarke angle. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.*, Vol 104, No 6,
9 November/December <https://doi.org/10.7547/8750-7315-104.6.622>
10
11
12 26. Pfeiffer M., Kotz R., Ledl T., Hauser G. and Sluga M. (2006) Prevalence of flat foot in
13 preschool-aged children. *Pediatrics*, 118; 634 <https://doi.org/10.1542/peds.2005-2126>
14
15
16 27. Radwan N.L., Ibrahim M.M., Eid M.A., Aly S.M. (2020) The long-term effect of foot insoles
17 on kinetic gait parameters in female children with flexible flat foot. *Int. Medical J.*, Volume 25,
18 Issue 02, February
19
20
21 28. Souza TR, Pinto RZ, Trede RG, Kirkwood RN, Fonseca ST. (2010) Temporal couplings
22 between rearfoot-shank complex and hip joint during walking. *Clin. Biomech.*, 25: 745–8
23 <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.04.012>
24
25
26 29. Stacoff A., Kramers-de Quervain I., Dettwyler M., Wolf P., List R, Ukelo T., Stüssi E. (2007)
27 Biomechanical effects of foot orthoses during walking. *Foot*, 17, 143–153
28 <https://doi.org/10.1016/j.foot.2007.02.004>
29
30
31 30. Zukunft-Huber B. (2013) *Trójwymiarowa manualna terapia wad stóp u dzieci* (translation from
32 Polish: Three-dimensional manual therapy of foot defects in children). Elsevier Urban & Partner
33 Wrocław
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

UCHWAŁA nr 196/KBE/2015

OPINIA KOMISJI BIOETYCZNEJ przy INTYTUCIE „POMNIK-CENTRUM ZDROWIA DZIECKA”

Komisja Bioetyczna przy Instytucie „Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka” na posiedzeniu w dniu 25.03.2015 r. rozpatrzyła badanie pt.: Porównanie skuteczności leczenia stóp płasko-koślawych u dzieci dwiema metodami: leczonych metodą klasyczną lub manualną terapią trójpłaszczyznową wg. B. Zukunft-Huber, PT.

Gł. Badacz/Doktorant: mgr Anna Boryczka

Badanie własne w ramach działalności klinicznej/praca doktorska [nr rej. Komisji: 06/P-IN/15] realizowane będzie przez zespół badaczy z Oddziału Dziennego Rehabilitacji Neurologicznej Kliniki Neurologii, Epileptologii i Rehabilitacji Pediatrycznej oraz Pracowni Diagnostyki Narządu Ruchu IPCZD.

Do zespołu badaczy należą:

Dr hab. n. med. Małgorzata Łukowicz

Dr hab. n. med. Małgorzata Syczewska

Mgr Ewa Szczerbik

Mgr Małgorzata Kalinowska

Dr n. k-f Jolanta Stębowska

Lek. Elżbieta Jelonek

Lek. Edyta Zgórk.

Jest to badanie prospektywne, porównujące dwie metody leczenia stóp płasko-koślawych u dzieci: metodą klasyczną (ćwiczenia i wkładki korygujące) lub manualną terapią trójpłaszczyznową i korekcyjnym bandażowaniem wg. B. Zukunft-Huber.

Protokół badania

Dzieci ze stopami płasko-koślawymi, po wykonaniu badania goniometrem i badania plantokonturograficznego, będą kwalifikowane do projektu. Następnie pacjenci będą mieli wykonane badania chodu na platformie pedobarograficznej Novel oraz badanie wyskoku na platformie Kistler (wyniki badania będą opracowywane komputerowo).

Ocena wyników leczenia będzie przeprowadzona w trakcie badań kontrolnych na platformie pedobarograficznej Novel co 4 miesiące do roku (łącznie 4 badania, czas trwania badania około 25 minut) oraz na platformie Kistler (dwukrotnie, na początku i po 12-stu miesiącach, czas trwania badania około 25 minut).

Grupa badana to 50-60 dzieci w wieku 6-8 lat.

Formuła protokołu badania, jest wyczerpująca, zrozumiała i spójna. Jasno są przedstawione kryteria włączenia i wyłączenia. Liczba pacjentów jest wystarczającą do uzyskania reprezentatywnych wyników.

Badanie jest prowadzone prospektywnie, ale w obu grupach pacjenci będą poddawani leczeniu.

Korzyści i ryzyko wynikające z prowadzenia badania

Wszystkie dzieci będące w projekcie będą poddawane terapii. Być może badania wskaże, która terapia jest bardziej efektywna (u jakich dzieci?).

Kwalifikacje ośrodka prowadzącego badanie i doświadczenie badacza

Projekt realizowany będzie w Oddziale Dziennym Rehabilitacji i Pracowni Diagnostyki Narządu Ruchu. Projekt będzie realizowany przez młodego badacza, ale do zespołu badaczy należy również dr hab. Małgorzata Syczewska mająca bardzo duże doświadczenie w realizacji projektów badawczych.

Przedłożone dokumenty

1. Wniosek do Komisji Bioetycznej o wydanie opinii o projekcie z dnia 06.03.2015
2. Protokół badania
3. Informacja dla Rodzica/Opiekuna Prawnego
4. Formularz Świadomej Zgody
5. Schemat badania dzieci ze stopami płasko-koślawymi
6. Karta badania
7. Zgoda Dyrektora Instytutu „Pomnik – CZD” Dr hab. n. med. Małgorzaty Syczewskiej na prowadzenie badania w ramach badań własnych IPCZD.
8. Zgoda Zastępcy Kierownika Kliniki Neurologii, Epileptologii i Rehabilitacji Pediatricznej, Kierownika Oddziału Rehabilitacji Neurologicznej i Pediatricznej, Kierownika Oddziału Dziennego Rehabilitacji Neurologicznej Dr hab. n. med. Małgorzaty Łukowicz na prowadzenie badania.

Na podstawie przedłożonej dokumentacji, prezentacji dr G. Stępowskiej, dyskusji i wyniku tajnego głosowania Komisja Bioetyczna przy IPCZD wyraziła zgodę na przeprowadzenie badania. Skład i działanie Komisji zgodne z GCP oraz wymogami lokalnymi. Lista członków Komisji biorących udział w posiedzeniu stanowi załącznik do niniejszego dokumentu.

PRZEWODNICZĄCA KOMISJI BIOETYCZNEJ
przy Instytucie „Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka”

Pawłowska

Prof. dr hab. n. med. Joanna Pawłowska

Warszawa, dnia 02.04.2015 r.

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: How to define paediatric flatfoot. Comparison of 2 methods: foot posture in static and dynamic conditions in children 5 to 9 years old.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stębowska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Foot & Ankle Specialist, 2023; 16: 43-49,70 pkt

AUTOR: Jolanta Stębowska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy był następujący:.. współpomysłodawca projektu, pomoc przy opracowaniu koncepcji i założeń pracy badawczej, pomoc przy interpretacji wyników, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 7 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data.....13-09-2023.....

Podpis.....Jolanta Stębowska.....

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stębowska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Diagnostics 2022, 12, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>, Impact Factor 3.600, 70 pkt

AUTOR: Jolanta Stębowska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy był następujący: współpomysłodawca projektu, pomoc przy opracowaniu koncepcji i założeń pracy badawczej, pomoc przy interpretacji wyników, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 7 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data..... 19.09.2023

Podpis..... Jolanta Stębowska

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Comparison of 2 conservative treatment approaches for the flat foot in children aged 5 to 10: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Clinical Pediatrics, 2023, on-line first, published 11.05.2023
<https://doi.org/10.1177/00099228231172480>. Impact Factor 1,5, 70 pkt

AUTOR: Jolanta Stępowska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy był następujący: współpomysłodawca projektu, pomoc przy opracowaniu koncepcji i założeń pracy badawczej, pomoc przy interpretacji wyników, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 7 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data..... 19.09.2023

Podpis..... Jolanta Stępowska

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Changes of the gait induced by two different conservative methods applied to correct flexible flat feet in children 5 to 9 years old: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowaska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Biomedical Human Kinetics, 2023, zaakceptowany do druku, Impact factor 0,8, 140 pkt

AUTOR: Jolanta Stępowaska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy był następujący: współpomysłodawca projektu, pomoc przy opracowaniu koncepcji i założeń pracy badawczej, pomoc przy interpretacji wyników, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 7 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data..... 19.09.2023

Podpis..... Jolanta Stępowaska

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: How to define paediatric flatfoot. Comparison of 2 methods: foot posture in static and dynamic conditions in children 5 to 9 years old.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowaska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Foot & Ankle Specialist, 2023; 16: 43-49,70 pkt

AUTOR: Małgorzata Kalinowska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na zbieraniu danych, zarządzaniu danymi badawczymi, analizie danych, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji

Wkład w powstanie pracy wynosi 10 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data..... 19.09.2023

Podpis..... M. Kalinowska

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowaska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Diagnostics 2022, 12, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>,
Impact Factor 3.600, 70 pkt

AUTOR: Małgorzata Kalinowska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na zbieraniu danych, zarządzaniu danymi badawczymi, analizie danych, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 10 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data..... 19.09.2023.....

Podpis..... M. Kalinowska.....

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Comparison of 2 conservative treatment approaches for the flat foot in children aged 5 to 10: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stębowska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Clinical Pediatrics, 2023, on-line first, published 11.05.2023
<https://doi.org/10.1177/00099228231172480>. Impact Factor 1,5, 70 pkt

AUTOR: Małgorzata Kalinowska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na zbieraniu danych, zarządzaniu danymi badawczymi, analizie danych, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 10 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data..... 19.09.2023

Podpis..... M. Kalinowska

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Changes of the gait induced by two different conservative methods applied to correct flexible flat feet in children 5 to 9 years old: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowaska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Biomedical Human Kinetics, 2023, zaakceptowany do druku, Impact factor 0,8, 140 pkt

AUTOR: Małgorzata Kalinowska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na zbieraniu danych, zarządzaniu danymi badawczymi, analizie danych, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji

Wkład w powstanie pracy wynosi 10 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data..... 19. 09. 2023

Podpis..... M. Kalinowska

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: How to define paediatric flatfoot. Comparison of 2 methods: foot posture in static and dynamic conditions in children 5 to 9 years old.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stębowska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Foot & Ankle Specialist, 2023; 16: 43-49, 70 pkt

AUTOR: Anna Łukaszewska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na rekrutacji pacjentów, zbieraniu danych, pomocy przy projektowaniu planu badawczego, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 8 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data.....19.09.2023.....

Podpis.....
KIEROWNIK
Oddziału Dziennego Rehabilitacji
Narządu Ręce
Instytut "Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka"
lek. med. Anna Łukaszewska

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowaska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Diagnostics 2022, 12, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>,
Impact Factor 3.600, 70 pkt

AUTOR: Anna Łukaszewska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na rekrutacji pacjentów, zbieraniu danych, pomocy przy projektowaniu planu badawczego, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 8 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data... 19.09 2023

Podpis.....
KRYSTYNA
Oddział Dziennego Rehabilitacji
Narządu Ruchowego
Instytut "Pamięć-Centrum Zdrowia Dziecka"

lek. med. Anna Łukaszewska

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Comparison of 2 conservative treatment approaches for the flat foot in children aged 5 to 10: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stębowska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Clinical Pediatrics, 2023, on-line first, published 11.05.2023
<https://doi.org/10.1177/00099228231172480>. Impact Factor 1,5, 70 pkt

AUTOR: Anna Łukaszewska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na rekrutacji pacjentów, zbieraniu danych, pomocy przy projektowaniu planu badawczego, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 8 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data... 19.09.2023

Podpis.....
KIEROWNIK
Oddziału Dziennego Rehabilitacji
Nerządu Ruchu
Instytut "Pomnik-Centrum Zdrowia Dziecka"
lek. med. Anna Łukaszewska

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Changes of the gait induced by two different conservative methods applied to correct flexible flat feet in children 5 to 9 years old: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stębowska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Biomedical Human Kinetics, 2023, zaakceptowany do druku, Impact Factor 0,8, 140 pkt

AUTOR: Anna Łukaszewska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na rekrutacji pacjentów, zbieraniu danych, pomocy przy projektowaniu planu badawczego, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 8 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data..... 19. 09. 2023

Podpis.....
KIEROWNIK
Oddziału Dziennego Rehabilitacji
Narządu Rękochwy
Instytut "Pamięnik-Centrum Zdrowia Dziecka"
lek. med. Anna Łukaszewska

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: How to define paediatric flatfoot. Comparison of 2 methods: foot posture in static and dynamic conditions in children 5 to 9 years old.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Foot & Ankle Specialist, 2023; 16: 43-49,70 pkt

AUTOR: Ewa Szczerbik

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na zbieraniu danych, zarządzaniu danymi badawczymi, analizie danych, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 10 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data... 2023.09.19

Podpis... Ewa Szczerbik

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowaska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Diagnostics 2022, 12, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>,
Impact Factor 3.600, 70 pkt

AUTOR: Ewa Szczerbik

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na zbieraniu danych, zarządzaniu danymi badawczymi, analizie danych, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 10 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data... 2023.09.19

Podpis... Ewa Szczerbik

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Comparison of 2 conservative treatment approaches for the flat foot in children aged 5 to 10: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stębowska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Clinical Pediatrics, 2023, on-line first, published 11.05.2023
<https://doi.org/10.1177/00099228231172480>. Impact Factor 1,5, 70 pkt

AUTOR: Ewa Szczerbik

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na zbieraniu danych, zarządzaniu danymi badawczymi, analizie danych, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji.

Wkład w powstanie pracy wynosi 10 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data... 2023.09.19

Podpis... Ewa Szczerbik

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Changes of the gait induced by two different conservative methods applied to correct flexible flat feet in children 5 to 9 years old: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowaska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Biomedical Human Kinetics, 2023, zaakceptowany do druku, Impact factor 0,8, 140 pkt

AUTOR: Ewa Szczerbik

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy polegał na zbieraniu danych, zarządzaniu danymi badawczymi, analizie danych, merytorycznej recenzji artykułu i zaaprobowaniu jego ostatecznej wersji

Wkład w powstanie pracy wynosi 10 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data... 2023.09.19

Podpis... Ewa Szczerbik

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: How to define paediatric flatfoot. Comparison of 2 methods: foot posture in static and dynamic conditions in children 5 to 9 years old.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowaska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

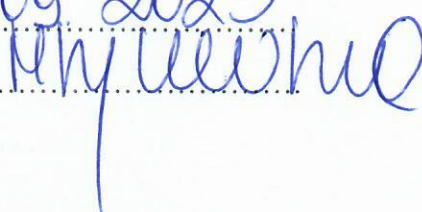
CZASOPISMO: Foot & Ankle Specialist, 2023; 16: 43-49,70 pkt

AUTOR: Małgorzata Syczewska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy był następujący: ustalenie metodyki, analiza danych, przygotowanie tabel i wykresów z danymi, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji, korespondencja z wydawnictwem, udzielanie odpowiedzi na uwagi recenzentów, nadzór nad projektem badawczym.

Wkład w powstanie pracy wynosi 20 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data..... 19.09.2023
Podpis..... 

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Effect of Plano-Valgus Foot on Lower-Extremity Kinematics and Spatiotemporal Gait Parameters in Children of Age 5–9.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowaska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Diagnostics 2022, 12, 2. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12010002>, Impact Factor 3.600, 70 pkt

AUTOR: Małgorzata Syczewska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy był następujący: ustalenie metodyki, analiza danych, przygotowanie tabel i wykresów z danymi, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji, korespondencja z wydawnictwem, udzielanie odpowiedzi na uwagi recenzentów, nadzór nad projektem badawczym.

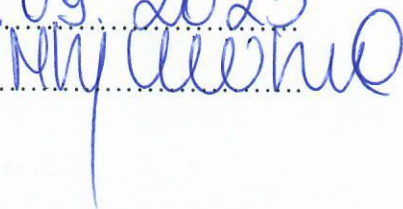
Wkład w powstanie pracy wynosi 20 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data.....

19.09.2023

Podpis.....



OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Comparison of 2 conservative treatment approaches for the flat foot in children aged 5 to 10: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stębowska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Clinical Pediatrics, 2023, on-line first, published 11.05.2023
<https://doi.org/10.1177/00099228231172480>. Impact Factor 1,5, 70 pkt

AUTOR: Małgorzata Syczewska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy był następujący: ustalenie metodyki, analiza danych, przygotowanie tabel i wykresów z danymi, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji, korespondencja z wydawnictwem, udzielanie odpowiedzi na uwagi recenzentów, nadzór nad projektem badawczym.

Wkład w powstanie pracy wynosi 20 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data.....19.09.2023.....

Podpis..........

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA
O INDYWIDUALNYM WKŁADZIE PRACY W POWSTAWANIE ARTYKUŁU

TYTUŁ: Changes of the gait induced by two different conservative methods applied to correct flexible flat feet in children 5 to 9 years old: foot orthoses vs foot orthoses supplemented with Zukunft-Huber manual therapy.

AUTORZY: Anna Boryczka-Trefler, Małgorzata Kalinowska, Ewa Szczerbik, Jolanta Stępowska, Anna Łukaszewska, Małgorzata Syczewska

CZASOPISMO: Biomedical Human Kinetics, 2023, zaakceptowany do druku, Impact factor 0,8, 140 pkt

AUTOR: Małgorzata Syczewska

Oświadczam, że mój wkład w powstanie pracy był następujący: ustalenie metodyki, analiza danych, przygotowanie tabel i wykresów z danymi, merytoryczna recenzja artykułu i zaaprobowanie jego ostatecznej wersji, korespondencja z wydawnictwem, udzielanie odpowiedzi na uwagi recenzentów, nadzór nad projektem badawczym.

Wkład w powstanie pracy wynosi 20 %.

Wyrażam zgodę, aby publikacja ta była częścią rozprawy doktorskiej mgr Anny Boryczka-Trefler.

Data.....

Podpis.....

19.09.2023
