

**Ocena wyników leczenia operacyjnego stopy
płasko-koślawej u dzieci po zabiegu artroryzy
z ewentualnym wydłużeniem mięśnia
brzuchatego łydki sp. Vulpiusa**

Anna Szesz

PRACA DOKTORSKA
w dziedzinie nauk medycznych

Promotor:

Prof. zw. dr hab. n. med. Kryspin R. Niedzielski

Instytut Centrum Zdrowia Matki Polki w Łodzi

Łódź 2022

PODZIĘKOWANIA

Niniejszym wyrażam podziękowania mojemu promotorowi prof. zw. dr n. med. Kryspinowi Ryszardowi Niedzielskiemu za cierpliwą opiekę w czasie mojej pracy doktoranckiej, pomocy przy pisaniu rozprawy doktorskiej oraz wiele cennych wskazówek i sugestii. Dziękuję również za przyjęcie mnie do zespołu Kliniki Ortopedii i Traumatologii ICZMP i zachętę do pisania doktoratu.

Dziękuję również za pomoc i współpracę Kolegom i Koleżankom z zespołu – oni również swoją pracą przyczynili się do powstania niniejszej rozprawy.

Pracę dedykuję moim Rodzicom, dziękuję za troskliwość i nieustające wsparcie.

SPIS TREŚCI

Podziękowania	2
WYKAZ SKRÓTÓW UŻYWANYCH W ROZPRAWIE	5
1. WSTĘP.....	6
1.1 Anatomia i biomechanika stopy	7
1.2 Epidemiologia.....	11
1.3 Sposoby rozpoznawania i oceny stóp płasko-koślawych	13
1.3.1 Ocena kliniczna	13
1.3.2 Obrazy radiologiczne	13
1.3.3 Pedobarografia	16
1.3.4 Podoskopia	18
1.4 Leczenie zachowawcze.....	20
1.5 Sposoby leczenia operacyjnego stóp płasko-koślawych	23
1.6 Zabieg artrozy podskokowej	24
2. CEL PRACY	29
3. MATERIAŁ I METODY	30
3.1 Projekt badania grupy 1	30
3.2 Projekt badania grupa 2	31
3.3 Badanie kliniczne	31
3.4 Ocena obrazów rentgenowskich	32
3.5 Pedobarografia.....	37
3.6 Pomiary podoskopowe	39
3.7 Technika operacyjna.....	41
3.8 Statystyka.....	44
4. WYNIKI.....	45
5. DYSKUSJA	61
6. WNIOSKI.....	74
Streszczenie w języku polskim	75
Summary – streszczenie w języku angielskim	77
PIŚMIENNICTWO	78

WYKAZ SKRÓTÓW UŻYWANYCH W ROZPRAWIE

CMT V – calcaneo-5th-metatarsal angle – kąt piętowo-śródstopny V

CP – calcaneal pitch – kąt inklinacji pięty

CPU – calcaneo-pedal unit, jednostka podskokowa, „piętowo-stopowa”, kompleks podskokowy

CS – calcaneo-stop – zabieg artrozy z użyciem pionowej śruby wprowadzonej w kość piętową

SESA – subtalar extraarticular screw arthroereisis – zabieg artrozy z użyciem śruby, inaczej technika calcaneo-stop (CS)

STI – sinus tarsi implant – implant wprowadzany do zatoki stępu

TDA – talar declination angle – kąt deklinacji kości skokowej

TNCA – talonavicular coverage angle – kąt pokrycia kości skokowej przez kość łódkowatą

TMT I – talo-1st-metatarsal angle - kąt skokowo-śródstopny I

1. WSTĘP

Stopa płaska jest to stopa, w której łuk podłużny przyśrodkowy jest obniżony. Często wiąże się to z występowaniem koślawości stępu – mamy wtedy do czynienia ze stopami płasko-koślawymi statycznymi. Deformacja widoczna jest podczas obciążenia, poza tym stopa jest zbudowana prawidłowo, a łuk podłużny przyśrodkowy obniża się dopiero, kiedy pacjent przeniesie na nią swój ciężar. Należy odróżnić stopy płasko-koślawe statyczne od stopy płaskiej przykurczonej, stopy serpentynowej, stopy płaskiej wrodzonej lub stopy płasko-koślawej spastycznej lub neurogennej, które występują u mniej niż 1% populacji, charakteryzują się deformacją strukturalną stopy i zwykle wymagają leczenia operacyjnego (1,2).

Stopy płasko-koślawe należy w pierwszej kolejności zbadać pod kątem korektywności – stopy niekorektywne są patologiczne, związane ze zmianami strukturalnymi i mogą być wynikiem wad wrodzonych, np. stopy płaskiej wrodzonej z pionowym ustawieniem kości skokowej (*talus verticalis*) lub koalicji kości stępu. Stopy płasko-koślawe korektywne mogą być fizjologiczne, statyczne lub związane z towarzyszącymi patologiami takimi jak choroby neurologiczne (np. mózgowie porażenie dziecięce), zespoły genetyczne (np. zespół Downa) lub zespoły związane z wiotkością tkankową, np. zespół Ehlersa-Danlosa.

Dr Walczak w publikacji pod redakcją prof. Napiontki (3) wyróżnił następujące rodzaje stóp płasko-koślawych:

1. Stopy wiotkie:

- a. fizjologiczna stopa płaska
- b. stopa płaska ze skróconym ścięgnem Achillesa
- c. stopa płaska związana z dodatkową kością łódkowatą
- d. stopa płaska porażenna (wiotka lub spastyczna)

2. Stopy sztywne:

- a. stopa płaska z koalicją stępu
- b. stopa płaska sztywna
- c. stopa płaska związana ze schorzeniami zapalnymi (np. młodzieńcze idiopatyczne zapalenie stawów)
- d. stopa płaska związana ze zmianami rozrostowymi (chrzęstniakowatość, zmiany rozrostowe).

3. Stopa płaska jatrogena - wszystkie zniekształcenia płasko-koślawe stopy spowodowane niewłaściwym leczeniem.

W podziale tym brakuje miejsca dla stóp płasko-koślawych, które ze względu na charakter deformacji w tym podziale powinniśmy zakwalifikować jako stopy fizjologicznie płaskie, ale jednak ze względu na wielkość deformacji lub występowanie objawów trudno je za takie uznać. Są to stopy wiotkie, korektywne, bez towarzyszącego przykurczu mięśnia brzuchatego łydki, ale za to z zaznaczoną dyslokacją podskokową, z widocznym przemieszczeniem do przysrodka głowy kości skokowej, bolesne po dłuższym chodzeniu lub bieganiu. Sklepienie podłużne przysrodkowe ulega obniżeniu, ale stopy te często nie są płaskie w pełnym rozumieniu tego słowa – plantogramy są prawidłowe lub ze względu na znaczną koślawość widoczne jest wręcz uniesienie bocznego brzegu stopy. Ta grupa pacjentów kwalifikowana bywa do leczenia operacyjnego, co stanowi przedmiot dyskusji i sporów co do zasadności i sposobów leczenia stóp płasko-koślawych w środowisku ortopedów dziecięcych.

Mówiąc o stopach płaskich, wysklepieniu łuku oraz o możliwościach leczenia ewentualnych deformacji, w tym operacyjnym, należy choćby krótko omówić anatomię i biomechanikę stopy, ponieważ ich zrozumienie jest niezbędne dla dalszych rozważań i umożliwia podejmowanie odpowiednich decyzji terapeutycznych.

1.1 Anatomia i biomechanika stopy

Zgodnie z piśmiennictwem anglojęzycznym w obrębie stopy możemy wyróżnić tyłostopie (hindfoot), utworzone przez kości piętową i skokową, stęp (midfoot) utworzony przez kości łódkowatą, sześcienną oraz 3 klinowate, przysrodkową, pośrednią i boczną oraz przodostopie (forefoot) utworzone przez 5 kości śródstopia oraz palce złożone z palczków. Ze względu na ustawienie kości stopy w przestrzeni możemy wyróżnić łuki stopy. Wyróżniamy łuki podłużne oraz łuk poprzeczny. Łuk podłużny przysrodkowy przebiega od guza piętowego poprzez kość łódkowatą, aż do głowy pierwszej kości śródstopia. Szczyt łuku powinna stanowić kość łódkowata. Łuk podłużny boczny łączy guz piętowy z głową piątej kości śródstopia. Łuk poprzeczny przechodzi przez głowy pięciu kości śródstopia. Ze względu na elastyczność łuku podłużnego przysrodkowego oraz związane z nim deformacje zdecydowana większość ortopedów mówiąc o łuku podłużnym stopy ma na myśli właśnie łuk podłużny przysrodkowy. Jego morfologia w większym stopniu niż w przypadku łuku podłużnego bocznego uzależniona jest od obciążenia stopy. Jego wysklepienie stabilizowane jest statycznie przez struktury kostne oraz przebiegające pomiędzy nimi pasma więzadłowe, m. in. tzw. spring ligament oraz rozciągną podeszwowe. Za dynamiczny stabilizator łuku

podłużnego uznawany jest mięsień piszczelowy tylny. Jego niewydolność odgrywa kluczową rolę w rozwoju deformacji płasko-koślawej w wieku dorosłym, tzw. adult acquired flat foot.

Stopa ma 2 główne funkcje: funkcję podporową oraz umożliwienie propulsji, czyli odpowiedniego wybicia się stopy podczas chodzenia. Podczas chodu wyróżniamy fazę podporu, w której stopa oparta jest o podłoże oraz fazę przenoszenia, w której stopa unosi się nad podłożem podczas wykonywania kroku. Bardziej szczegółowo podczas chodu możemy wyróżnić następujące etapy (4):

- Kontakt Pięty z Podłożem – Initial Contact
- Ekscentryczne Hamowanie – Loading Response
- Pełne Obciążenie – Mid Stance, podczas którego dochodzi do przetaczania stopy
- Terminal Stance, oderwanie pięty od podłoża i propulsja
- Odbicie – Pre Swing,
- Przyspieszenie – Initial Swing
- Przenoszenie Właściwe – Mid Swing
- Hamowanie – Terminal Swing

Tabela 1. Fazy cyklu chodu

	%		Kończyna dolna	Staw skokowy	Staw podskokowy	Staw Choparta
stance	0	Heel strike	Rotacja wewnętrzna	Zgięcie podeszwowe	Pronacja	Ruchomy, wolny
	10	Foot flat Mid-stance	Rotacja zewnątrzną	Zgięcie grzbietowe	Supinacja	Zablokowany
	30	Heel rise		Zgięcie podeszwowe		
swing	60	Toe off	Rotacja wewnętrzna	Zgięcie grzbietowe	Pronacja	Ruchomy, wolny
	73	Feet adjacent				
	100					

Stopa jest elastyczna, aby umożliwić odpowiednią amortyzację podczas przyjęcia ciężaru ciała i utrzymanie równowagi na nierównej powierzchni podczas środkowej części fazy podporu oraz zachowuje się jak sztywna dźwignia w fazie propulsji, aby umożliwić efektywne

wybicie się i przeniesienie ciężaru ciała na drugą kończynę. Staw podskokowy, utworzony przez kość skokową od góry i kość piętową poniżej jest kluczowy dla przejścia stopy z jednej formy w drugą (5) i pełni istotną rolę w przenoszeniu obciążeń pomiędzy stopą a podłożem (6). Podczas chodzenia stopa w fazie podparcia początkowo jest elastyczna – w czasie, gdy pięta ustawiona jest w koślawości oś ruchu w stawie podskokowym jest zbieżna z osią ruchu w stawie poprzecznym stępu, co umożliwia jednoczesny ruch w tych stawach. Podczas przetoczenia na skutek działania m. in. mięśnia piszczelowego tylnego pięta ustawia się w supinacji co powoduje rozbieżne ustawienie osi obu stawów i usztywnienie stopy, która w ten sposób staje się stabilną podporą umożliwiającą wybicie.

Przestrzeń w stawie podskokowym możemy podzielić na zatokę oraz kanał stępu. Pojęcie zatoki stępu dotyczy szerokiej przestrzeni od strony przednio-bocznej, a pojęcie kanału stępu obejmuje węższą, tylnoprzyśrodkową część przestrzeni podskokowej. Pomiędzy kością skokową i piętową przebiegają więzadła: międzykostne skokowo-piętowe, w którym wydziela się pasmo przednie (inaczej więzadło szyjki kości skokowej, najsilniejsze) oraz tylne (inaczej więzadło kanału stępu) – obydwa są silnymi więzadłami, w głównej mierze odpowiadającymi za stabilność stawu podskokowego. Poza tym w przestrzeni podskokowej przebiega dolny troczek prostowników i inne struktury, takie jak więzadła skokowo-piętowe boczne, tylne i przyśrodkowe.

Powierzchnie stawowe stawu podskokowego to w części przedniej: dolna powierzchnia stawowa kości skokowej oraz górna powierzchnia stawowa pięty, w części przedniej ograniczona przez staw skokowo-łódkowy. Razem nazywane bywają stawem lub połączeniem skokowo-piętowo-łódkowatym lub panewką stopy – wyjaśnienie tego pojęcia w dalszej części pracy. W części tylnej powierzchnie stawowe utworzone są przez tylną dolną powierzchnię stawową kości skokowej i górną tylną powierzchnię stawową kości piętowej.

Kość skokowa w 60% pokryta jest chrząstką stawową, wyróżniamy głowę, szyjkę oraz trzon kości skokowej. Do jej powierzchni nie przyczepiają się żadne mięśnie, jej ruchy uwarunkowane są jedynie poprzez otaczające stawy – skokowy górny, piętowo-skokowy oraz skokowo-łódkowy.

Ghanem z zespołem w 2019 roku opisali anatomię funkcjonalną i biomechanikę stopy(7). W ich teorii stopa funkcjonalnie zbudowana jest z 2 elementów: kości skokowej oraz ruszającej się względem niej jednostki piętowo-stopowej zbudowanej z pięty, stępu oraz przodostopia (calcaneopedal unit, CPU), która powiązana jest 3 głównymi więzadłami:

więzadłem piętowo-sześciennym, więzadłem Y Choparta oraz więzadłem piętowo-łódkowatym. Ta teoria nawiązuje do koncepcji Scarpy z 1806 roku, który stworzył pojęcie „panewki stopy” - ruchy kości skokowej, czyli funkcjonalnej głowy odbywają się w panewce, gdzie powierzchnią stawową dla kości skokowej jest kość łódkowata, przednia powierzchnia stawowa pięty oraz grzbietowa część spring ligament. CPU porusza się wokół skośnej osi, zwanej osią Henkego, która przebiega średnio 41 st. grzbietowo oraz jest o 23 st. zrotowana do wewnątrz. Staw skokowo-łódkowy jest najbardziej ruchomy – podczas inwersji i ewersji ruch w stawie odbywa się w 3 wymiarach. Teoria jednostki CPU zakłada, że łuk przyśrodkowy i boczny stopy poruszają się zależnie od siebie – zawsze, kiedy V kość śródstopia przemieszcza się do góry I kość śródstopia porusza się do dołu, każda z tych kości działa jak dźwignia podczas ruchu drugiej. Kiedy przyłożymy do stopy obciążenie osiowe łuki przyśrodkowy i boczny współdziałają jako jeden łuk podłużny stopy, a deformacja łuku w płaszczyźnie czołowej jest podobna do tej w płaszczyźnie strzałkowej, ale w mniejszym stopniu (łuk podłużny odkształca się bardziej niż łuk poprzeczny). Dalej powstało pojęcie „lamina pedis” – jednostka utworzona przez kości CPU oraz towarzyszące więzadła, bez palców, działa jak skrzynek płytki lub taśma - jest elastyczna i umożliwia dostosowanie się przodostopia do rotacji tyłostopia tak, aby utrzymać stopę w pozycji poziomej opartej na podłożu – supinacja przodostopia wiąże się z koślawością stępu i odwrotnie – pronacja przodostopia wiąże się ze szpotawością stępu. Podczas pronacji przodostopia dochodzi do rozluźnienia powięzi i rozciągnięcia podszewowego stopy, co powoduje uniesienie łuku podłużnego, a supinacja przodostopia przeciwnie – napina powięź stopy, spłaszczając łuk podłużny.

Ghanem opisał również zależność pomiędzy ruchami stopy a golenią w pozycji stojącej – rotacja zewnętrzna piszczeli powoduje rotację zewnętrzną kości skokowej, co powoduje deformację szpotawo-wydrążoną stopy; rotacja wewnętrzna piszczeli natomiast powoduje rotację wewnętrzną kości skokowej oraz deformację płasko-koślawą.

Teoria ta pozwala na lepsze zrozumienie biomechaniki stopy. Pamiętając o wzajemnych zależnościach w funkcjonowaniu przodo - i tyłostopia będziemy w stanie lepiej zaplanować leczenie operacyjne stopy, nie tylko płasko-koślawej. W przypadku stóp płasko-koślawych należy pamiętać o supinacji przodostopia, która towarzyszy koślawości stępu i może być utrwalona, stąd planując korekację w obrębie tyłostopia należy ocenić korektywność deformacji przodostopia.

W przypadku deformacji wewnętrznych CPU autorzy zalecają w pierwszej kolejności korekację przodostopia, co ma pozwolić na przywrócenie prawidłowej budowy CPU.

Ma to zastosowanie dla wszystkich przypadków wewnętrznej deformacji CPU z wyjątkiem utrwalonej stopy płasko-koślawej, gdzie w pierwszej kolejności autorzy zalecają korekcję tyłostopia. W tym założeniu jako zabieg z wyboru proponowana jest osteotomia wydłużająca pięty, zwracająca panewkę stopy do wewnątrz, co sprawia, że przodostopie ustawia się relatywnie w rotacji wewnętrznej, przez co pośrednio korygowane jest ustawienie tyłostopia. Koślawość stępu koryguje się spontanicznie w wyniku odtworzenia prawidłowej pozycji panewki stopy i przodostopia. Przodostopie w stopach płasko-koślawych znajduje się w supinacji, sztywnej bądź korektywnej. Korekcja pięty może wydobyć sztywną supinację przodostopia, ale nie powoduje jej. Zwykle deformacja przodostopia jest miękka i ustępuje spontanicznie po wydłużeniu pięty. W sztywnych przypadkach przodostopie nie koryguje się i wtedy potrzebne są procedury obejmujące kolumnę przyśrodkową, np. przy pomocy osteotomii kości klinowatej z przeszczepem klinowym z podstawą na powierzchni grzbietowej.

1.2 Epidemiologia

Stopy płasko-koślawe statyczne są powszechnym zjawiskiem w populacji dziecięcej i zarazem jedną z najczęstszych przyczyn konsultacji u ortopedy dziecięcego, jednak trudno ustalić rzeczywistą częstość ich występowania.

Wyniki badań epidemiologicznych różnią się w zależności od wybranych kryteriów. Oceniane parametry zmieniają się, ponieważ nie ma jednorodnych i jednoznacznych kryteriów definicji stóp płasko-koślawych oraz określonych ogólnodostępnych norm co do wysokości łuku podłużnego stopy u dzieci (8,9). Rozpoznanie stawiane jest zwykle na podstawie badania klinicznego, które może być subiektywne. Podejmowane są próby wprowadzenia obiektywnej oceny ustawienia stóp, np. formularz FPI-6 lub pFFP (10,11), jednak w naszej praktyce nie są one jeszcze powszechnie stosowane, służą raczej do oceny stóp w pracach naukowych.

W pracy epidemiologicznej prof. Niedzielskiego (12), który w roku 1986 przebadął ponad 3600 dzieci w wieku przedszkolnym w jednej z dzielnic Łodzi częstość występowania płaskostopia na podstawie pomiarów podoskopowych oraz kąta piętowo-goleniowego została określona na 12,73% - był to odsetek dzieci, u których stwierdzono współistniejącą nadmierną koślawość stępu oraz obniżenie łuku podłużnego.

W piśmiennictwie zachodnim częstość występowania oceniana jest na 48,5 do 77,9% u dzieci w wieku 2-16 lat (13,14), natomiast u osób dorosłych stopy płaskie stwierdzane są jedynie w przypadku 2 do 23% w zależności od źródła (15–17). U dorosłych stopy płasko-koślawe wiążą się często z niewydolnością mięśnia piszczelowego tylnego. Etiologia tego

znieskształcenia u dorosłych nie jest znana, wśród czynników ryzyka wymienia się otyłość, nadciśnienie, cukrzycę, wiek (choroba rozwija się zwykle u kobiet po 60 roku życia) oraz używanie glikokortykosteroidów czy seronegatywne choroby autoimmunologiczne.

W swojej pracy Rodriguez z zespołem określili częstość występowania płaskostopia u dzieci na 2,7% na podstawie analizy podogramów 1181 dzieci w wieku 4-13 lat (18). Nie brali oni jednak pod uwagę koślawości pięty. Wg badania epidemiologicznego Pfeiffera i jego zespołu przebadaniu ponad 800 dzieci w wieku 3-6 lat stopy płasko-koślawe stwierdzono u 54% dzieci w wieku 3 lat, natomiast w wieku 6 lat liczba ta zmniejszyła się do 24% bez leczenia (19). Odsetek stóp płasko-koślawych „patologicznych” wynosił <1%, a średni kąt piętowo-goleniowy określono na 5,5 st. Badania te były jednak wykonywane na mniejszych grupach dzieci, niż wspomniane wcześniej badanie prof. Niedzielskiego.

Wiadomo, że łuk podłużny stopy u dziecka początkowo jest płaski, a następnie stopniowo wraz z wiekiem unosi się, by osiągnąć docelową wysokość ok. 8-10 roku życia (8,9,20–24). Jest to związane m. in. z obecnością poduszeczki tłuszczowej Spitziego na podeszwie u najmłodszych dzieci, która stopniowo zanika do 3-4 roku życia, co sprawia, że klinicznie obserwujemy pojawienie się łuku podłużnego przyśrodkowego stopy. Większą częstość występowania stóp płasko-koślawych u dzieci można również tłumaczyć charakterystyczną dla dzieci wiotkością tkankową oraz rozwijającą się dopiero dojrzałością kontroli nerwowo-mięśniowej (19,20,25,26). Co do koślawości stępu również zwykle obserwowana jest spontaniczna poprawa z wiekiem, chociaż pojawiają się prace, w których oceniono, że kąt tyłostopia nie zmienia się mimo wzrostu stopy (27–29).

W swojej pracy z 2008 roku Walczak po przebadaniu 216 dzieci w wieku od 3 do 15 lat zwraca uwagę na częste współwystępowanie płaskostopia razem z innymi nieprawidłowościami budowy kończyn dolnych takich jak nadmierną rotację wewnętrzną kończyn dolnych i koślawość kolan (10% badanych) (30).

W swojej pracy przeglądowej analizującej prace epidemiologiczne dotyczące występowania stóp płasko-koślawych z całego świata Uden z zespołem ocenili określone parametry morfologiczne stopy takie jak wysokość kości łódkowatej, FPI-6 oraz parametry podoskopowe takie jak kąt Clarka i indeks łuku podłużnego Staheli i zasugerowali, że wysokość łuku podłużnego powinna zostać parametrem ocenianym w centylach – tak jak pediatrzy posługują się siatkami centylowymi mierząc wzrost czy masę ciała (20). Wynika to ze stwierdzenia, że istotny jest jedynie trend, czyli postępujące unoszenie się wysokości łuku

podłużnego, a nie tylko stopień wysklepienia stopy. Dotychczas nie ma jednak opracowanych siatek centylowych dla oceny wysklepienia łuku podłużnego przyśrodkowego.

Stopy objawowe wg piśmiennictwa stanowią mniej niż 2% pacjentów ze stopami płasko-koślawymi statycznymi (31).

1.3 Sposoby rozpoznawania i oceny stóp płasko-koślawych

1.3.1 Ocena kliniczna

Ocena kliniczna stóp płasko-koślawych polega na ocenie wysklepienia łuku podłużnego przyśrodkowego na podstawie wysokości, na której znajduje się guzowatość kości łódkowatej oraz na ocenie stopnia koślawości pięty i kąta piętowo-goleniowego, odwiedzenia przodostopia („objaw palców dodatkowych”) i cech podwichnięcia skokowo-łódkowego. Należy zbadać również korektywność deformacji np. w teście paluchowym, w teście stania na palcach oraz podczas badania ruchomości stopy. Istotne jest stwierdzenie, czy nie występuje koalicja stępu oraz ewentualnie przykurcz mięśnia brzuchatego łydki. Podczas badania w gabinecie jesteśmy też zwykle w stanie ocenić orientacyjnie plantogram na podstawie oglądania podeszwy stopy – zwykle udaje się zaobserwować, w którym miejscu stopa jest obciążana podczas chodzenia, choćby na podstawie stopnia zrogowacenia podeszwy stopy w poszczególnych obszarach. W pozycji pośredniej stawu skokowego bez obciążenia możemy ocenić również obecność utrwalonej supinacji przodostopia.

Rozpoznanie stóp płasko-koślawych stawiane jest na podstawie badania klinicznego, nie są konieczne badania dodatkowe. Kiedy jednak pojawiają się dolegliwości lub podejrzewamy, że mogą występować zmiany takie jak dodatkowa kostka łódkowata czy koalicja stępu wskazane jest wykonanie diagnostyki obrazowej. W pierwszej kolejności wykonuje się klasyczne zdjęcia rentgenowskie.

1.3.2 Obrazy radiologiczne

W przypadku stóp płasko-koślawych możemy zaobserwować różne zmiany w obrazie radiologicznym, charakterystyczne dla tej deformacji. Zdjęcia rtg należy wykonywać na stojąco, ponieważ tylko takie zdjęcia odzwierciedlają rzeczywiste deformacje – część z nich nie byłaby widoczna na zdjęciu bez obciążenia, poza tym oceniamy stopę w takiej pozycji, w jakiej spełnia ona swoją funkcję. Wykonujemy zdjęcia rentgenowskie stopy w projekcjach AP i bocznej. Opisanych jest wiele parametrów radiologicznych oceniających strukturę stóp. Najczęściej oceniane w piśmiennictwie kąty oraz mające największe znaczenie kliniczne to:

1. Kąt pokrycia kości skokowej przez kość łódkowatą (talonavicular coverage angle, TNCA) – norma do 7 st.
2. Kąt skokowo-śródstopny I (talo-1st-metatarsal angle, TMT I) w dwóch projekcjach – na projekcji bocznej nazywany kątem Meary, norma 0 st. (+/- 4 st.), na projekcji AP nazywany kątem Simmona, norma 0-20 st.
3. Kąt deklinacji kości skokowej (zgięcia podeszwowego, talar declination angle, TDA) ok. 21 st.
4. Kąt inklinacji pięty (calcaneal pitch, CP) – norma 20-30 st.



Rysunek 1. Przykładowe zdjęcie rtg stopy płaskiej - projekcja boczna



Rysunek 2. Przykładowe rtg stóp płaskich - projekcja AP

W projekcji Saltzmana na specjalnej podstawie wykonuje się rtg oceniające ustawienie tyłostopia – można określić koślawość stępu oraz stwierdzić ewentualnie współistniejącą czasami koślawość w obrębie stawu skokowego górnego.

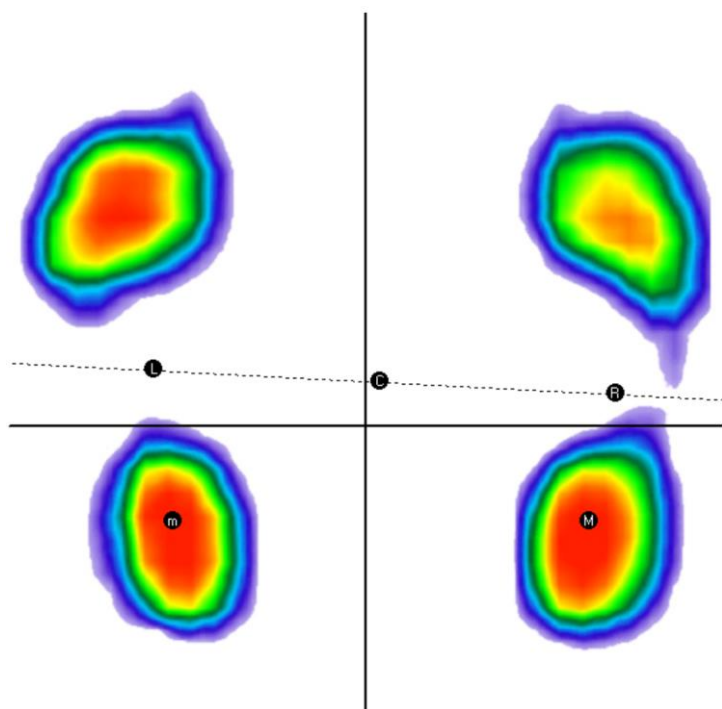


Rysunek 3. Przykładowe rtg stóp w projekcji Saltzmana

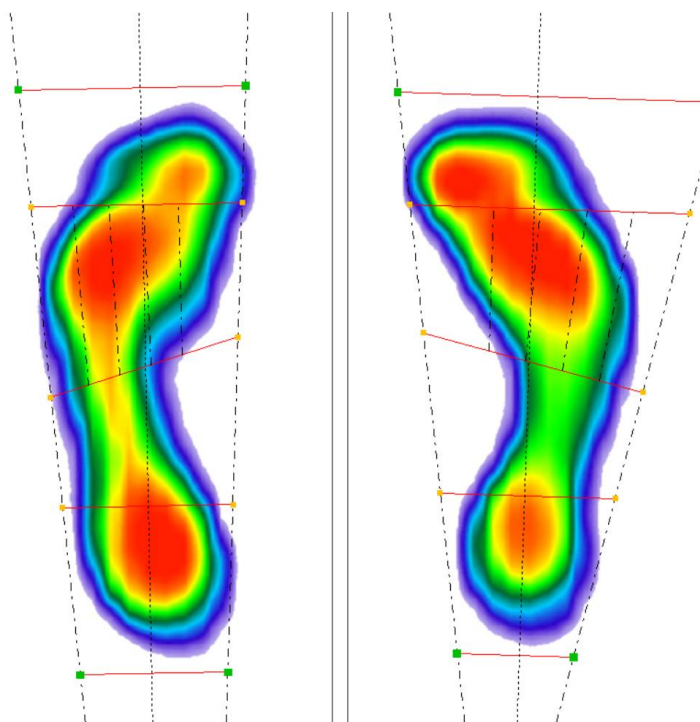
1.3.3 Pedobarografia

Pedobarografia – jest nowoczesną technologią umożliwiającą ocenę obciążenia podłoża przez poszczególne obszary stopy, możliwe jest również badanie dynamicznie podczas chodu. W badaniu oceniamy dystrybucję obciążeń statycznie na stojąco oraz podczas chodzenia, w związku z tym łatwo można określić obszary przeciążone, co ma szczególne znaczenie w niektórych patologiach, np. w medycynie sportowej do oceny ryzyka zmian przeciążeniowych lub np. u dorosłych w cukrzycy. W ocenie stóp płasko-koślawych stanowi dodatkowe narzędzie obok podoskopii, umożliwiające ocenę kontaktu podeszwy z podłożem, zwłaszcza podczas chodzenia. Nie ma dużego znaczenia klinicznego w diagnostyce stóp płasko-koślawych, jednak jest pomocnym narzędziem do oceny np. wyników leczenia operacyjnego lub w przypadku innych jednostek chorobowych np. w mózgowym porażeniu dziecięcym razem z danymi kinematycznymi z laboratorium chodu pozwala lepiej ocenić sposób obciążenia stopy. Dzięki pedobarografii możemy zidentyfikować punkty maksymalnego nacisku na podeszwę podczas chodzenia, co jest istotne np. podczas oceny pacjentów np. z neuropatią cukrzycową. Przy pomocy pedobarografii dobierane są również wkładki wykonywane na indywidualne zamówienie pacjenta.

Pedobarografię można wykonywać za pomocą stacjonarnych urządzeń takich jak platformy wbudowane w podłogę lub zamontowane na bieżni oraz za pomocą urządzeń przenośnych takich jak maty lub urządzenia ustawiane na podłodze. Poza tym funkcjonują również systemy, w których sensory zlokalizowane są we wkładkach umieszczanych w butach badanego. Są one jednak mniej dokładne niż urządzenia stacjonarne.



Rysunek 4. Przykładowy obraz pedobarografii statycznej



Rysunek 5. Przykładowy obraz pedobarografii dynamicznej

1.3.4 Podoskopia

Ocenę obciążenia podeszwy stopy można przeprowadzić również na podstawie obrazu podoskopowego. Przez długi czas podogramy stanowiły główne narzędzie diagnostyczne oceniające wysklepienie stopy. Początkowo uzyskiwano je poprzez odcisk stopy umalowanej farbą na białej kartce. Później opracowane zostały podoskopy szklane z systemem luster odbijających obraz, ukazujący podeszwy stóp od strony podłoża. Obecnie podogramy cyfrowe uzyskujemy poprzez zeskanowanie odcisku podeszwy stopy pacjenta stojącego na przezroczystej szybie. Przez wiele lat pomiary podskopowe były głównym narzędziem oceny wysklepienia stóp, używanym również w pracach naukowych (26). Opisanych jest wiele parametrów, służących do oceny stóp pod kątem obniżenia lub nadmiernego uniesienia łuku podłużnego.

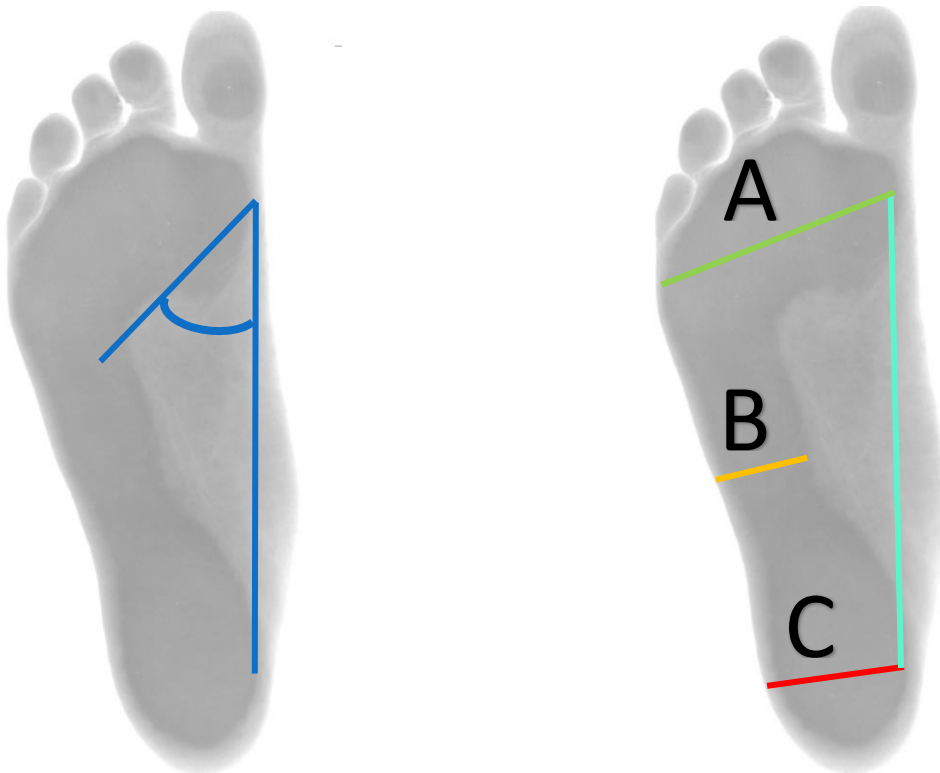
Do oceny wysklepienia stopy na podogramach służą m.in.:

1. Kąt Clarke'a
2. Indeks Chippaux – Smirak
3. Indeks łuku podłużnego Staheli
4. Indeks wysklepienia łuku podłużnego Weisfloga
5. Wskaźnik Sztritera – Godunowa.

Sposób pomiaru ocenianych parametrów omówiono dalej, w rozdziale dotyczącym metodyki badania.



Rysunek 6. Przykładowy obraz podoskopowy



Rysunek 7. Po lewej: Kąt Clarke'a. Po prawej: Wykreślone linie pomocnicze A, B, C oraz linia brzeżna przyśrodkowa do pomiaru parametrów podoskopowych, np. indeks Chippaux – Smirak lub Staheli.

1.4 Leczenie zachowawcze

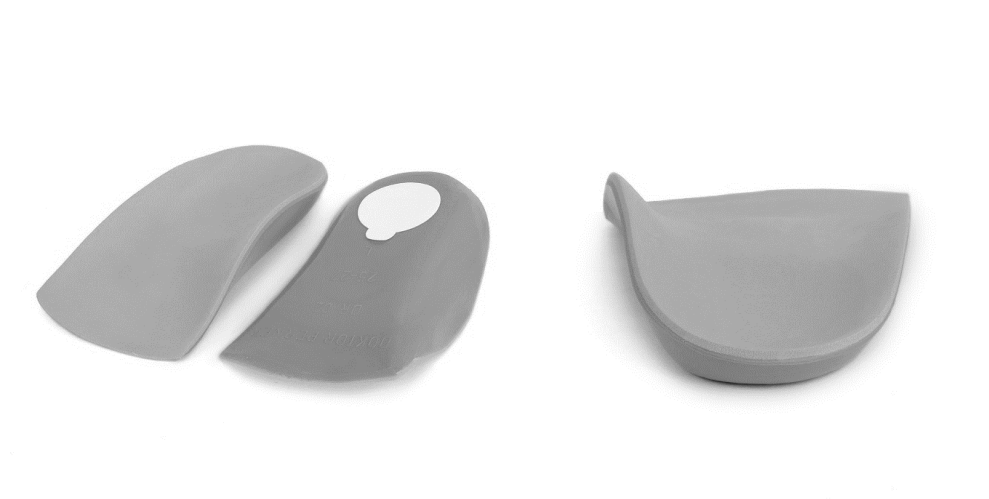
Wiadomo, że zdecydowana większość stóp płasko-koślawych statycznych jest korektywna i bezobjawowa. Pomimo tego, że płaskostopie u dzieci jest na tyle częstym zjawiskiem, że przez niektórych uważane jest za wariant normy nadal obserwujemy zjawisko powszechnego stosowania wkładek do obuwia lub butów ortopedycznych również w przypadku pacjentów bez dolegliwości (20). W dostępnym piśmiennictwie zasadność leczenia stóp płasko-koślawych bezobjawowych jest kontrowersyjna, a skuteczność stosowania wkładek lub ćwiczeń rehabilitacyjnych w takich przypadkach nadal jest dyskutowana (19,23,24,32–34).

Prace dotyczące stóp płasko-koślawych różnią się podejściem do problemu od jednej skrajności do drugiej – są prace, których autorzy uważają, że stopy płasko-koślawe są w większości bezobjawowe, nie wpływają na sprawność ruchową ani wyniki sportowe (34), a z drugiej strony pojawiają się publikacje opisujące dolegliwości bólowe, odchylenia od normalnego chodu, zaburzenia poruszania się i ograniczenie aktywności fizycznej, szybszy rozwój zmian zwyrodnieniowych np. kolan, co uzasadnia decyzję o podjęciu leczenia (35).

W swojej pracy Kothari z Uniwersytetu w Oxfordzie oceniał jakość życia dzieci ze stopami płasko-koślawymi oraz typowo rozwijającymi się za pomocą walidowanych kwestionariuszy PedsQL 4.0 oraz OxsAFQ-C (36). Stwierdził on istotne statystycznie obniżenie jakości życia pacjentów w grupie stóp płasko-koślawych w porównaniu z grupą kontrolną, przy czym podczas badania nie zastosował on podziału na stopy objawowe i bezobjawowe. Stwierdzono również, że rodzice w sposób istotny statystycznie przeceniali upośledzenie komfortu życia swoich dzieci ze stopami płasko-koślawymi. W kwestionariuszach oceniano komfort życia m. in. w zakresie fizycznym, społecznym (szkoła i zabawy) oraz psychicznym.

W większości prac uważa się, że leczenie powinno zostać wdrożone tylko w przypadku pojawienia się dolegliwości bólowych, ponieważ ma to wpływ na obniżenie aktywności fizycznej pacjenta (1,21,25,37). Opisywane konsekwencje nie leczonej deformacji płasko-koślawej to m. in. dolegliwości bólowe stóp, łydek, pleców, uczucie zmęczenia stóp, skurcze łydek, rozwój palucha koślawego, modzeli, palców młoteczkowatych czy zmian zwyrodnieniowych stawów (20,38). Uciążliwe dla pacjentów (i ich rodziców...) może być również niszczenie butów na skutek nadmiernego koślawienia pięt.

Najczęstszą interwencją w przypadku rozpoznania stóp płasko-koślawych pozostają wkładki korytkowe supinujące piętę. Na ogół preferowane są wkładki produkowane seryjnie ze względu na niskie koszty i szeroką dostępność. Wkładki wykonywane na indywidualne zamówienie rekomendowane są w przypadku niewystarczającej korekcji przy pomocy wkładek produkowanych seryjnie, pomimo tego, że w badaniach nie udowodniono istotnych różnic w działaniu obu typów wkładek (2,13,32).



Rysunek 8. Wkładka supinująca korytkowa

W piśmiennictwie spotykamy się również z leczeniem takim jak redukcja masy ciała, redresje, gipsowanie i ćwiczenia rozciągające (1,2,21,37). W pracy przeglądowej oceniającej dostępne publikacje dotyczące stosowania wkładek do butów u pacjentów ze stopami płasko-koślawymi opublikowanej przez Darsa, Udena, Banwella i Kumara stwierdzono, że na podstawie przeanalizowanej literatury istnieją dowody na działanie przeciwbólowe oraz poprawiające morfologię stóp i kinematykę chodu (35). Wiadomo jednak, że obserwowany efekt korygujący łuk podłużny zależy od fizjologicznego rozwoju stopy, a nie jest wynikiem stosowania wkładek, jak uznawano kiedyś (33).

Aby zbadać wpływ wkładek korekcyjnych na stopę Choi z zespołem chcieli wyeliminować w swojej pracy zjawisko fizjologicznego dojrzewania stopy obserwowane do 10 roku życia przeprowadzając badanie prospektywne na grupie dzieci w wieku od 10 do 12 lat, czyli po okresie w którym wg obecnego stanu wiedzy powinna ukształtować się stopa, ale przed zamknięciem chrząstek wzrostowych (39). Przeprowadzili badanie z 2 letnim okresem obserwacji oraz podziałem na grupę kontrolną oraz badaną, w której stosowano wkładki korytkowe. Nie wykazali oni jednak istotnych statystycznie różnic pomiędzy obiema

grupami, stąd nie udowodniono wpływu wkładek na korekcję stóp płasko-koślawych, chociaż niewielką poprawę parametrów radiologicznych płaskostopia zaobserwowano w obu grupach, co wskazuje na to, że łuk podłużny i stopa rozwijają się jeszcze dłużej niż donoszono wcześniej w piśmiennictwie, natomiast żadna grupa nie osiągnęła normalizacji ocenianych parametrów.

O ile działanie korekcyjne wkładek pozostaje wątpliwe, uznaje się ich działanie w zniesieniu dolegliwości bólowych, stąd w przypadku, gdy mamy do czynienia z objawowymi stopami płasko-koślawymi statycznymi w pierwszej kolejności stosujemy leczenie zachowawcze polegające na zastosowaniu wkładek do butów(23,35,39–41). Leczenie operacyjne wskazane jest dopiero w przypadku nieskuteczności leczenia zachowawczego stóp objawowych (42).

Nie jest znana przyczyna występowania płaskostopia ani dlaczego część stóp płasko-koślawych staje się objawowa. Uważa się, że nasilona deformacja płasko-koślawą niezależnie od występowania objawów ma wpływ na funkcję stopy, chociaż na podstawie analizy kinematycznej ruchów stopy i stawu skokowego nie da się odróżnić stóp objawowych od bezobjawowych (43). Pojawienie się dolegliwości bólowych jest subiektywne. Moraleda i Mubarak przeprowadzili badanie, w którym oceniali radiologiczne różnice pomiędzy stopami płasko-koślawymi bezobjawowymi oraz objawowymi zakwalifikowanymi do leczenia operacyjnego (44). Stwierdzili oni, że najbardziej istotną statystycznie różnicą była wielkość przyśrodkowego przemieszczenia kości skokowej względem kości łódkowatej, wyrażonej kątem pokrycia kości skokowej przez łódkowatą – talonavicular coverage angle (45,46). Natomiast w pracy opublikowanej przez Pehlivana i jego zespół za parametr radiologiczny korelujący z wystąpieniem dolegliwości bólowych uznano kąt skokowo-śródstopny I na projekcji bocznej, czyli kąt Meary (47). Odchylenie od normy w przypadku obydwu parametrów związane jest z przemieszczeniem kości skokowej, które pojawia się w stopach w płasko-koślawych z zaznaczoną dyslokacją podskokową. Stąd podczas oceny klinicznej powinniśmy zwrócić szczególną uwagę na okolicę stawu skokowo-łódkowatego, oceniając, czy nie mamy do czynienia właśnie ze stopami z dużym przemieszczeniem kości skokowej.

1.5 Sposoby leczenia operacyjnego stóp płasko-koślawych

W przypadku stóp płasko-koślawych leczenie operacyjne powinno być proponowane w przypadku nieskuteczności leczenia zachowawczego. Możemy wykonywać zabiegi na tkankach miękkich lub zabiegi kostne. Na tkankach miękkich wykonywane są zabiegi takie jak np.:

- wydłużenie mięśnia brzuchatego łydki w przypadku jego przykurczu, zwykle frakcjonowane poprzez wydłużenie jego części ścięgnistej, np. sposobem Strayera lub Vulpiusa;
- w przypadku przykurczu mięśni strzałkowych możemy wykonywać wydłużenie mięśnia strzałkowego krótkiego i ew. trzeciego;
- w przypadku niewydolności m. piszczelowego tylnego (głównie u dorosłych) wykonywane są zabiegi skrócenia i dystalizacji jego ścięgna oraz zmarszczenie spring ligament, zwłaszcza u osób dorosłych, u których niewydolność mięśnia piszczelowego tylnego i lub uszkodzenie spring ligament stanowią główny powód pojawienia się deformacji płasko-koślawej *de novo*.

Uznane techniki operacyjne obejmujące osteotomie, najczęściej stosowane w przypadku stóp płasko-koślawych u dzieci to:

- calcaneal lengthening osteotomy - wydłużenie kości piętowej opisane przez Evansa jako izolowana procedura, polegająca na wydłużeniu bocznej kolumny stopy, korygująca odwiedzenie przodostopia oraz unosząca łuk podłużny (48). Technika zmodyfikowana przez Moscę poprzez uzupełnienie procedury o osteotomię kości klinowatej przyśrodkowej dla korekcji supinacji przodostopia (49);
- calcaneo-cuboid-cuneiform osteotomy (triple C osteotomy) - zmodyfikowana przez Rathena i Mubaraka potrójna osteotomia: ześlizgowa zamykająca od przyśrodka klinowa osteotomia kości piętowej, zamykająca podeszwowa klinowa osteotomia kości klinowatej przyśrodkowej oraz otwierająca klinowa osteotomia kości sześcienniej (50,51). W czasie tego zabiegu wydłużana jest boczna kolumna stopy, co przywraca prawidłowe ustawienie w stawie skokowo-łódkowym i koryguje koślawe ustawienie pięty. Osteotomia kości klinowatej umożliwia pronację i zgięcie podeszwowe przodostopia, co odtwarza łuk podłużny przyśrodkowy.

- medial sliding calcaneal osteotomy - osteotomia przesuwająca guz piętowy do przysródka – koryguje koślawość pięty, odtwarza prawidłową oś pomiędzy kością piszczelową a piętową (52).

Kolejną metodą leczenia stóp płasko-koślawych jest ograniczenie koślawienia pięty. W tym celu wprowadzono artrodezę podskokową wg Greena Grice’a, gdzie pomiędzy kość skokową a piętową w zatokę stępu wprowadza się przeszczep kostny, trwale blokując ruch w stawie podskokowym.

Mniej inwazyjną metodą niż wspomniane powyżej jest zabieg artroryzy, czyli operacyjnego ograniczenia ruchomości stawu podskokowego zaproponowany przez Gianniniego, mający na celu ograniczenie nadmiernej pronacji poprzez zablokowanie stawu podskokowego implantem umieszczanym w zatoce stępu, przy zachowaniu części ruchu w tym stawie – w zakresie fizjologicznym (53). Technika ta ulegała następnie modyfikacjom, dotyczącym przede wszystkim rodzaju i kształtu oraz sposobu mocowania implantu.

1.6 Zabieg artroryzy podskokowej

Pojęcie artroryzy wywodzi się z greckiego *arthro* – staw oraz *-ereisis* – wspieranie, podpieranie. Ma ona za zadanie leczenie stopy płasko-koślawej poprzez ograniczenie, ale nie zablokowanie ruchu koślawienia pięty, co ma spowodować korekcję ustawienia tyłostopia a w efekcie przodostopia i całej stopy, bez całkowitego ograniczenia ruchomości stawu podskokowego, co odróżnia ją od zabiegu wg Grice’a.

Do rozwoju techniki przyczyniły się kolejne koncepcje ograniczenia nadmiernej koślawości stępu. Na początku wyszczególnić można osteotomię otwierającą, unoszącą tylną powierzchnię stawową pięty (Chambers, 1946). Później Grice zaproponował artrodezę podskokową przy pomocy wprowadzanego do zatoki stępu przeszczepu kostnego (1952). A w 1970 roku Le Lievre zaproponował artrodezę podskokową z użyciem skobla. Były to zabiegi, które utworzyły fundamenty dla rozwoju kolejnych pomysłów ograniczenia nadmiernej koślawości stępu, przyczyniły się one do zaprojektowania implantów u różnym mechanizmie działania.

W kolejnych latach rozwijały się koncepcje wprowadzania implantów podpierających kość skokową i zapobiegających jej nadmiernemu przemieszczeniu względem pięty (54). Implanty różniły się między sobą kształtem (prostokątów, kulisty, śruba, cylinder), materiałem (polietylen, silikon, tytan, ich kombinacje), wchłanianością (niewchłaniające,

wchłanianie) oraz mechanizmem działania. Miały one za zadanie otwarcie zatoki stępu i zablokowanie nadmiernej ruchomości kości skokowej względem piętowej poprzez jej odpowiednie podparcie.

W zależności od miejsca wprowadzenia implantu Vogler wyróżnił 3 mechanizmy działania (55):

1. Zmieniający oś ruchu w stawie podskokowym (axis altering device) – implant umieszczany pionowo w zatoce stępu do przodu od tylnej powierzchni stawowej pięty, ograniczający koślawość na skutek podpierania bocznego wyrostka kości skokowej;



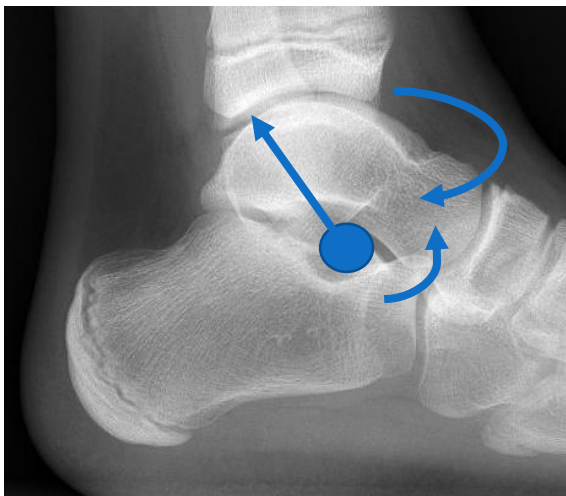
Rysunek 9. Implant zmieniający oś ruchu (axis altering device)

2. Blokujący uderzenie (impact blocking device) – podobny do poprzednich, ale umieszczany bardziej z przodu, skośnie w kości skokowej lub piętowej tak aby wchodzić w kontakt z wyrostkiem bocznym kości skokowej zapobiegając nadmiernemu przemieszczeniu kości skokowej do przodu i jej wewnętrznej rotacji;



Rysunek 10. Implant blokujący uderzenie (impact blocking device)

3. Implanty samoblokujące (self locking Wedge device) – umieszczane w zatoce stępu, podpierają szczykę kości skokowej, blokują rotację kości skokowej do przysródka i nadmierne zgięcie podeszwowe.



Rysunek 11. Implant samoblokujący (self locking wedge device)

W piśmiennictwie artryza opisana jest jako samodzielny zabieg korygujący stopy płasko-koślawe, ale można ją również łączyć z innymi procedurami. Stosowana jest zarówno u dzieci jak i u dorosłych.

Zabieg artryzy polega na wprowadzeniu implantu do zatoki stępu z małego poprzecznego dostępu ok. 2 cm nad wyczuwalną poniżej i do przodu od kostki bocznej zatoką stępu (równoległe do linii zgięciowych na skórze). Do zatoki stępu wprowadzany jest drut

kierunkowy, który powinien mieć następujący przebieg: od przodu do tyłu, od boku do przysrodka oraz od strony grzbietowej nieznacznie w kierunku podeszwowym. W związku ze zmiennością anatomiczną w razie wątpliwości położenie drutu można skontrolować przy pomocy śródoperacyjnej fluoroskopii. Następnie po drucie wprowadzane są kolejno przymiary, a rozmiar implantu dobierany jest pod kontrolą radiologiczną oraz poprzez ocenę kliniczną koślawienia pięty.

Zgodnie z literaturą artryza zapobiega nadmiernej pronacji tyłostopia poprzez zablokowanie koślawienia pięty, przemieszczenia przysrodkowego kości skokowej oraz jej zgięcia podeszwowego. Oprócz czysto mechanicznego działania opisywana jest również możliwość oddziaływania poprzez mechanoreceptory zatoki stępu (56,57).

Biorąc pod uwagę mechanizm działania artryzy oraz fakt, że występowanie dolegliwości bólowych w stopach płasko-koślawych statycznych ma udowodniony związek z podwichnięciem przysrodkowym kości skokowej wydaje się, że powinna to być dobra technika leczenia operacyjnego w przypadkach objawowych, z założenia mniej inwazyjna niż pozostałe. Ogromną zaletą tego zabiegu jest jego potencjalna odwracalność, dzięki czemu w przypadku niewystarczającego efektu możliwe jest wykonanie bardziej inwazyjnych i kompleksowych zabiegów operacyjnych, a w razie powikłań – usunięcie lub wymiana implantu.

Opisywane powikłania dotyczące tej techniki można podzielić na dotyczące implantu, związane z błędami techniki operacyjnej oraz miejscowe związane z obecnością ciała obcego. Powikłania mogą wynikać również z błędnej kwalifikacji pacjenta do zabiegu – np. pacjent z koalicją stępu, niestabilnością stępu z załamaniem łuku w obrębie kości klinowatych itp.

Powikłania miejscowe spowodowane są trudnością z adaptacją do nowego ustawienia stopy i podrażnieniem przez implant – pojawia się ból w zatoce stępu spowodowany obecnością wszczepionego materiału, może wystąpić bolesny skurcz mięśni strzałkowych.

Powikłania związane z implantem dotyczą przede wszystkim implantów biowchłaniaalnych, które czasami ulegały uszkodzeniu, stąd z czasem ustąpiły one miejsca implantom metalowym, niewchłaniałym. Implanty tego rodzaju w zmodyfikowanej formie są obecnie nadal używane m.in. przez prof. Gianniniego, który je wprowadził do życia (58).

Błędy techniczne, które mogą mieć negatywne konsekwencje po zabiegu to niedostateczna lub nadmierna korekcja stępu, zbyt płytkie lub w ogóle niewłaściwe

umieszczenie implantu (błędny kierunek wprowadzenia – dotyczy głównie implantów bez przedłużenia do kanału stępu, w przypadku których łatwiej o wprowadzenie ich nie w osi kanału stępu, jeśli wsuniemy drut w nieodpowiednią przestrzeń, np. pod szyjkę kości skokowej), powodujące jego obluzowanie i przemieszczanie się.

Najczęstszym powikłaniem po zabiegu jest ból w rzucie zatoki stępu, który jednak zwykle ustępuje po upływie 3-6 miesięcy od zabiegu, rzadko dochodzi do konieczności usunięcia implantu (59).

2. CEL PRACY

1. Ocena wpływu artroryzy na parametry radiologiczne stóp płasko-koślawych
2. Ocena wpływu artroryzy na parametry podoskopowe i pedobarograficzne
3. Ocena częstości powikłań po artroryzie
4. Określenie wskazań do leczenia operacyjnego techniką artroryzy u dzieci

Ze względu na występujące wątpliwości dotyczące zasadności i sposobów leczenia operacyjnego stóp płasko-koślawych postanowiliśmy ocenić wyniki leczenia operacyjnego stopy płasko-koślawej za pomocą artroryzy stawu skokowego dolnego przy pomocy tytanowego implantu wprowadzanego do zatoki stępu. W chwili przeprowadzania badania nie była to technika powszechnie stosowana w populacji dziecięcej. Na podstawie doniesień z dostępnej literatury założyliśmy, że jest to technika dająca dobre wyniki m.in. ze względu na korekcję koślawości stępu, małą inwazyjność, szybki powrót pacjenta do pełnej aktywności fizycznej oraz niewielką raportowaną ilość powikłań (60–62). Mieliśmy już pewne doświadczenie w wykonywaniu artroryzy techniką calcaneo-stop przy pomocy pionowej śruby wprowadzanej w kość piętową (ok. 70 wykonanych i ocenionych retrospektywnie zabiegów). W prospektywnym badaniu postanowiliśmy sprawdzić, w jaki sposób zabieg wpływa na morfologię i funkcję operowanej stopy w badaniu klinicznym, radiologicznym oraz pedobarograficznym statycznym i dynamicznym podczas chodzenia.

Problem badawczy – czy wskazane jest wykonywanie zabiegu artroryzy u dzieci ze stopami płasko-koślawymi, a jeśli tak, to u których pacjentów?

3. MATERIAŁ I METODY

Praca powstała na podstawie analizy badań 60 pacjentów operowanych w Klinice Ortopedii ICZMP w Łodzi w latach 2017-2021. Pacjenci oceniani byli w grupach – grupa pierwsza, 30 pacjentów, przebadana została prospektywnie - klinicznie, przy pomocy obrazów rentgenowskich, podoskopu oraz pedobarografii przed zabiegiem oraz po zabiegu. W grupie drugiej, stanowiącej również 30 pacjentów oceniono jedynie przed i pooperacyjne parametry radiologiczne ze względu na ich większe znaczenie w praktyce klinicznej. Pierwotnie zakładano, że ze względu na niewielki odsetek stóp płasko-koślawych objawowych wymagających leczenia operacyjnego w grupie badanej mogą również znaleźć się pacjenci, u których jednocześnie wykonywany będzie zabieg frakcjonowanego wydłużenia mięśnia brzuchatego łydki. Podczas zbierania materiału okazało się jednak, że w grupie badanej znalazłoby się jedynie 2 takich pacjentów, stąd aby zachować jednorodność grupy odstąpiono od wspólnego analizowania tych przypadków.

Na badanie uzyskano zgodę komisji bioetycznej Instytutu Centrum Zdrowia Matki Polki na podstawie opinii nr 9/ 2017.

3.1 Projekt badania grupy 1

Badanie 1 grupy miało charakter prospektywny. Kryterium włączenia do badania stanowiło rozpoznanie stopy płasko-koślawej statycznej objawowej. Pacjenci kierowani byli do Kliniki Ortopedii przez różnych specjalistów. Z badania wyłączono pacjentów, którzy w przeszłości mieli wykonywane zabiegi w obrębie stóp, np. po leczeniu stóp końsko-szpotaowych, po urazach oraz tych z zespołami wiotkości czy schorzeniami neurologicznymi oraz dzieci, które np. z jakichkolwiek przyczyn nie były w stanie współpracować podczas badania i wykonywać poleceń badacza (1 pacjent – ADHD). Również pacjenci, u których artrozyza wykonywana była jako procedura towarzysząca, np. korekcji palucha koślawego czy usunięciu kostki dodatkowej nie zostali włączeni do badania. Uzyskano pisemną zgodę na udział w badaniu i przetwarzanie danych w celach naukowych u wszystkich pacjentów i/lub ich opiekunów prawnych. Udział w badaniu wzięło 32 pacjentów w wieku od 6 do 16 lat, średnia wieku 10 lat. Łącznie w tej grupie przeanalizowano 43 stopy. Z analizy po ocenie zebranego materiału wykluczono 2 pacjentów, u których jednocześnie wykonywano zabieg frakcjonowanego wydłużenia mięśnia brzuchatego łydki. Do oceny wyników pooperacyjnych ostatecznie włączono grupę 30 pacjentów, 41 stóp. Analiza polegała na badaniu pacjenta przed zabiegiem, a następnie po upływie minimum 6 miesięcy od zabiegu. Średni okres obserwacji w tej grupie do momentu

badania kontrolnego pooperacyjnego wynosił 8 miesięcy. W piśmiennictwie nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy pomiędzy dziewczynkami a chłopcami w pomiarach łuku podłużnego, stąd dane zbierane były razem, bez podziału na płeć (63). Obecnie okres obserwacji wynosi 4 lata.

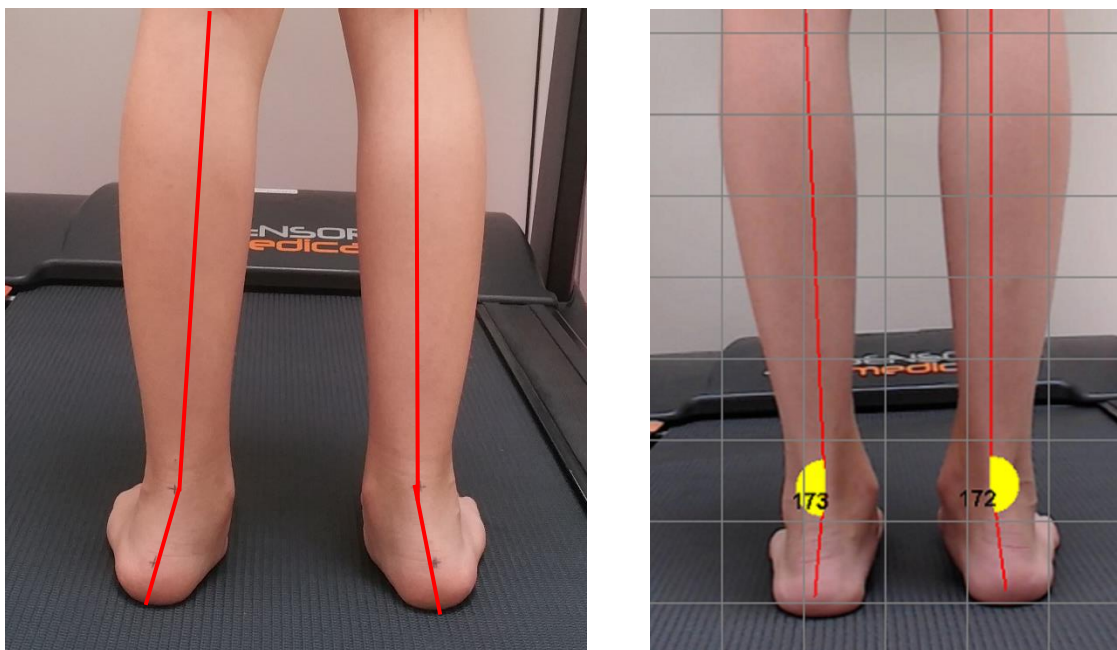
Badanie obejmowało ocenę kliniczną (wielkość koślawości wyrażoną zmianą kąta piętowo-goleniowego, korektywność deformacji, obecność cech wiotkości tkankowej, BMI), ocenę obrazów rentgenowskich, podoskopię, pedobarografię oraz ankietę satysfakcji pacjenta. Zabieg operacyjny wykonywany był w Instytucie Centrum Zdrowia Matki Polki przez różnych operatorów.

3.2 Projekt badania grupa 2

Do analizy danych radiologicznych jako grupę 2 włączono 30 pacjentów operowanych w Klinice, w przypadku których dysponowaliśmy pełną dokumentacją radiologiczną przed i po zabiegu operacyjnym. Analizowano 30 zoperowanych stóp. W przypadku grupy 2 do ocenianych parametrów radiologicznych włączono również badanie radiologiczne w projekcji Saltzmana jako obiektywną metodę oceny przed i pooperacyjnej koślawości stępu. Grupa ta włączona została do analizy retrospektywnie – pacjentów z tej grupy nie badano klinicznie na potrzeby pracy, nie przeprowadzano również ankiety satysfakcji przed i pooperacyjnej.

3.3 Badanie kliniczne

Badanie kliniczne obejmowało ocenę koślawości pięty, korektywności deformacji oraz obecności ew. przykurczu mięśnia brzuchatego łydki. Podczas oceny koślawości stępu pacjent stał tyłem na bieżni, zdjęcie wykonywano za pomocą aparatu kamery umieszczonej na statywie 40 cm nad ziemią. Następnie za pomocą kątomierza w programie komputerowym będącym częścią oprogramowania do analizy chodu na bieżni (Freestep, Sensor Medica, Rome, Italy) określano kąt piętowo-goleniowy przed i po zabiegu operacyjnym.



Rysunek 12. Koślawość pięt przed zabiegiem i po zabiegu operacyjnym

Ponadto notowano wagę pacjenta i jego wzrost do oceny BMI oraz badano pacjentów pod kątem występowania cech wiotkości tkankowej stosując skalę Beightona (64). Za normę przyjęto wynik w skali Beightona 0-4, wartości 5-9 uznawano za potwierdzające wiotkość tkankową. Każdy pacjent przed zabiegiem i po zabiegu określał odczuwane dolegliwości w krótkiej ankiecie. Określano, czy występują dolegliwości bólowe podczas chodzenia, podczas biegania lub dopiero po dłuższym wysiłku, a także czy mają one wpływ na codzienne funkcjonowanie.

3.4 Ocena obrazów rentgenowskich

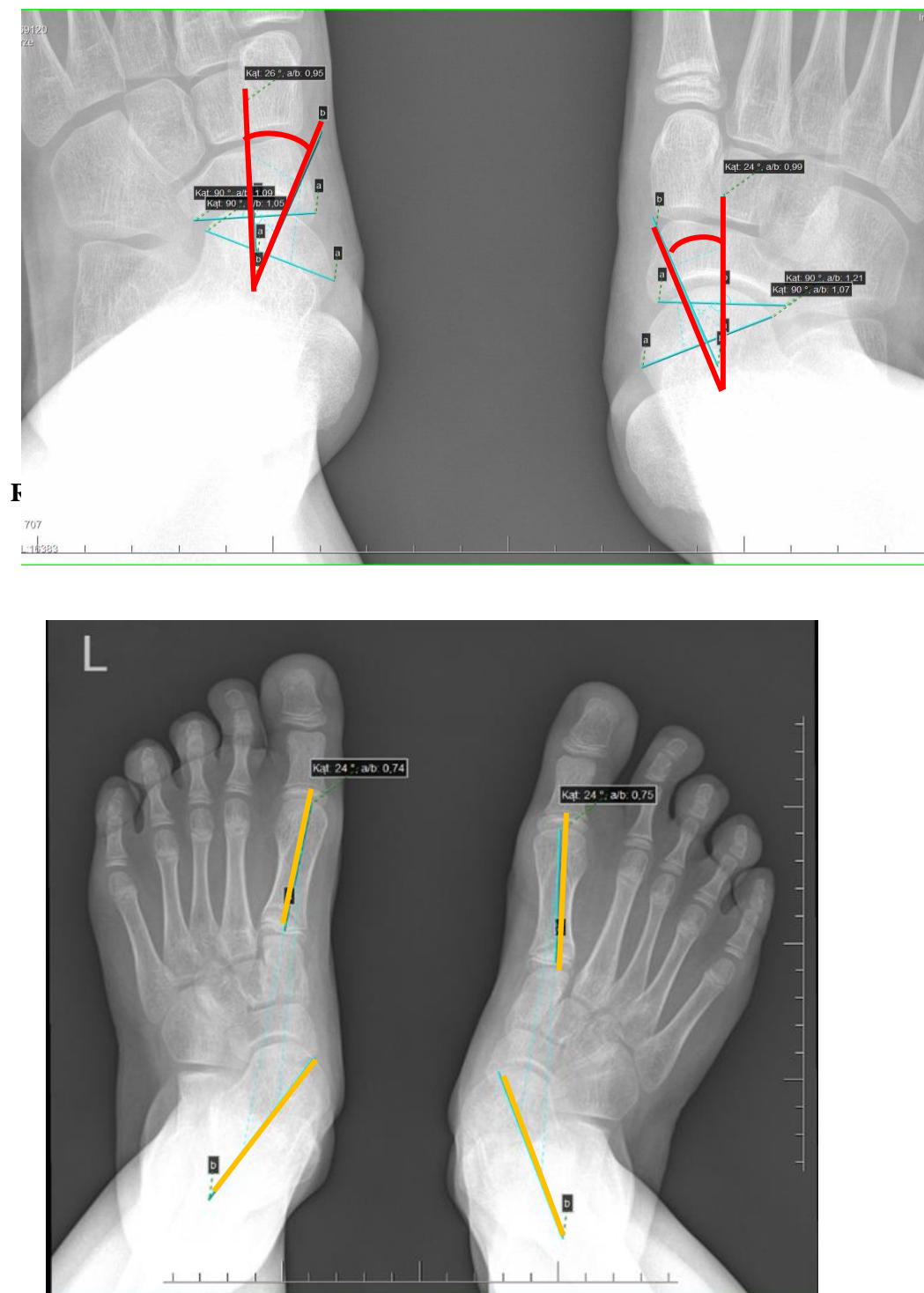
Każdy pacjent miał wykonane zdjęcia rentgenowskie obu stóp na stojąco w projekcjach przednio-tylnej (AP) oraz bocznej (L). Połowa pacjentów miała również wykonane zdjęcia rentgenowskie stawów skokowych w projekcji Saltzmana (grupa 2). Ocena obrazów rentgenowskich została dokonana przez autora pracy przy pomocy oprogramowania CGM DiagRAD (CompuGroup Medical, Lublin, Polska). W analizie radiologicznej grupy 2 wprowadzono projekcję Saltzmana, aby zobiektywizować pomiar koślawości stępu.

W projekcji AP dokonano pomiaru kąta skokowo-śródstopnego I (talo-1st metatarsal angle, TMT I) oraz kąta pokrycia kości skokowej przez kość łódkowatą (talonavicular coverage angle, TNCA).

Na projekcji bocznej mierzono kąt skokowo-śródstopny I (talo-1st metatarsal angle, TMT I, kąt Meary), kąt deklinacji (zgięcia podeszwowego) kości skokowej, kąt inklinacji kości

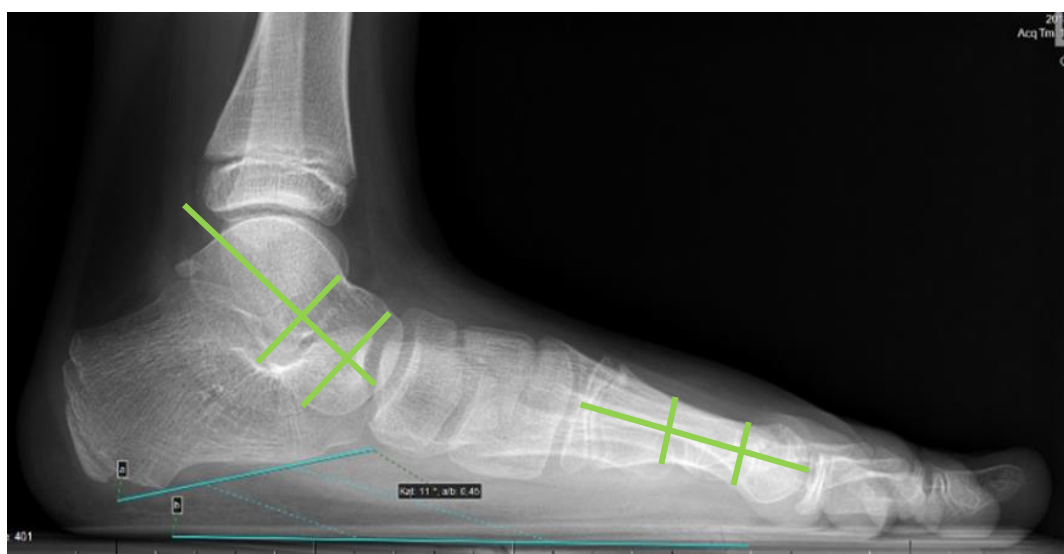
piętowej (calcaneal pitch) oraz kąt piętowo-śródstopny V. Pomiarów kątów dokonano metodą opisaną przez Davidsa i jego zespół (65).

Kąt pokrycia kości skokowej przez kość łódkowatą (TNCA, talonavicular coverage angle) to kąt pomiędzy linią powierzchni stawowej kości łódkowatej oraz skokowej, mierzony na projekcji AP. Za normę uznaje się wartości poniżej 7 st.



Rysunek 14. Kąt skokowo-śródstopny I na projekcji AP

Kąt skokowo-śródstopny I został zdefiniowany jako kąt pomiędzy długą osią I kości śródstopia oraz osią długą kości skokowej w projekcji bocznej (47). Na projekcji AP kąt ten określono jako kąt pomiędzy długą osią I kości śródstopia a linią dzielącą na pół przednią powierzchnię stawową kości skokowej. Na projekcji bocznej kąt Meary powinien wynosić 0 st. (linia prosta) \pm 4 st. Kąt $>$ 4 st skierowany wierzchołkiem podszwowo wskazuje na stopę płaską, z wierzchołkiem skierowanym grzbietowo wskazuje na wydrążenie stopy. Kąt $<$ 15 st wskazuje na łagodną deformację, 15-30 st. deformacja o średnim nasileniu, kąt powyżej 30 st. wskazuje na ciężką deformację stopy.



Rysunek 13. Kąt skokowo - śródstopny I na projekcji bocznej (kąt Meary)



Rysunek 14. Kąt inklinacji kości piętowej

Kąt inklinacji kości piętowej (CP, calcaneal pitch, calcaneal inclination angle) utworzony jest przez linię podłoża oraz linię biegnącą od najniższego punktu guza piętowego oraz punkt położony najniżej na powierzchni stawowej kości piętowej z kością sześcienną. Norma 20-30 st., stopa płaska < 20 st., stopa wydrążona > 30 st.

Kąt deklinacji kości skokowej (TDA, talar declination angle) zdefiniowano jako kąt pomiędzy długą osią kości skokowej a linią podłoża. Zwykle ok. 21 st.



Rysunek 15. Kąt deklinacji kości skokowej

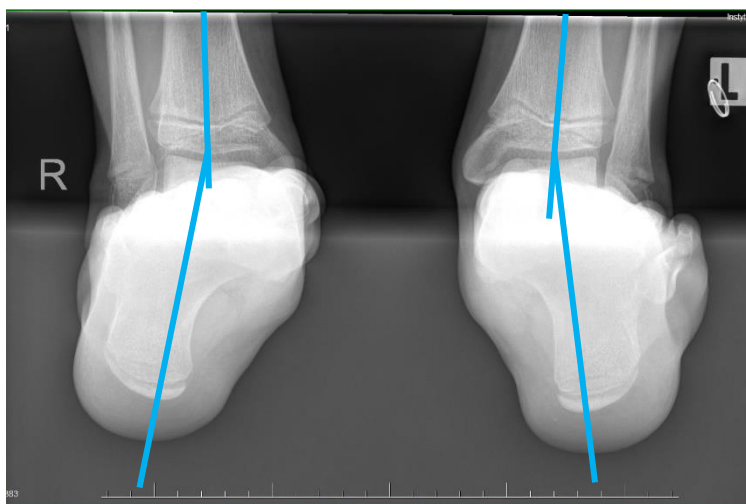


Rysunek 16. Kąt łuku podłużnego, piętowo śródstopny V

Kąt łuku podłużnego stopy utworzony jest przez linię biegnącą od najniższego punktu guza kości piętowej jak w kącie inklinacji pięty oraz dolny brzeg V kości śródstopia (44). Norma 150-170 st. Stopa płaska >170 st, stopa wydrążona < 150 st.

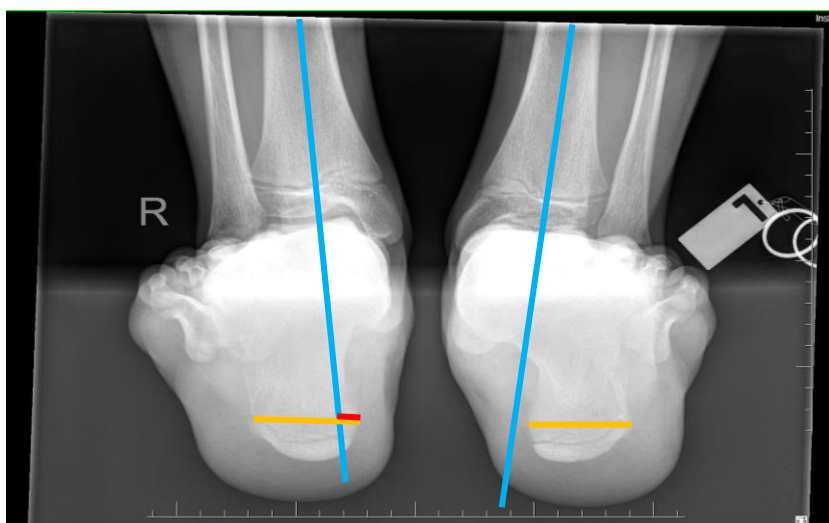
Projekcja Saltzmanna wykonywana jest na specjalnej podstawie, zaprojektowanej przez autora metody (66,67). Pacjent stoi na niej tyłem do lampy, promienie rentgenowskie padają na tyłostopie pod kątem 30 st. Umożliwia ocenę następujących parametrów (68):

1. Kąt piętowo-goleniowy, hindfoot alignment angle (HAA) – kąt utworzony przez linię poprowadzoną z najniższego punktu guza kości piętowej w osi pięty aż do linii przecinającej oś piszczeli na wysokości szpary stawu skokowego – ocenia stopień koślawości pięty, wartości dodatnie, jeśli pięta jest w koślawości, wartości ujemne dla pięty w szpotawości. Norma 0-5 st., patologiczna koślawość > 10 st.



Rysunek 17. Kąt piętowo-goleniowy, hindfoot alignment angle (HAA)

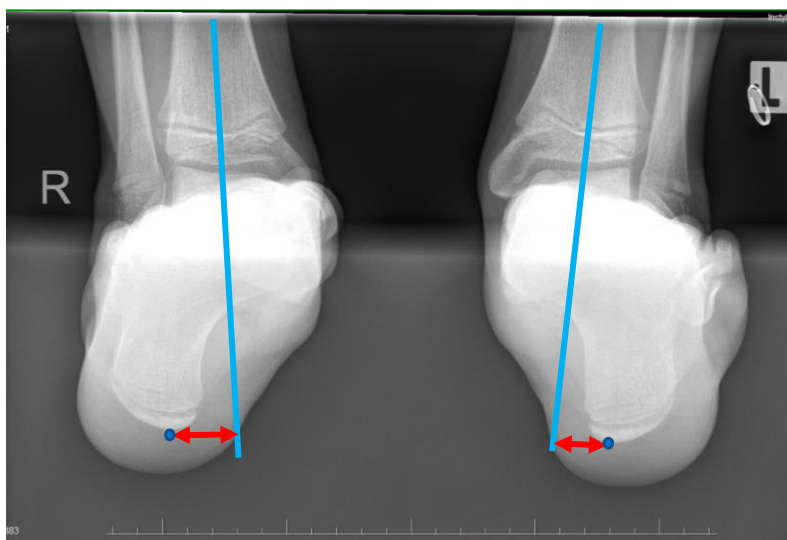
2. Współczynnik ustawienia tyłostopia, hindfoot alignment ratio (HAR) – linia stanowiąca oś piszczeli przechodząc przez kość piętową dzieli ją na części. W miejscu, w którym kość piętowa jest najszersza rysujemy linię i dokonujemy pomiaru: pomiar szerokości



Rysunek 18. Współczynnik ustawienia tyłostopia, hindfoot alignment ratio (HAR)

kości piętowej znajdującej się do przysródka od osi piszczeli dzielimy przez pomiar całej szerokości pięty w jej najszerszym miejscu;

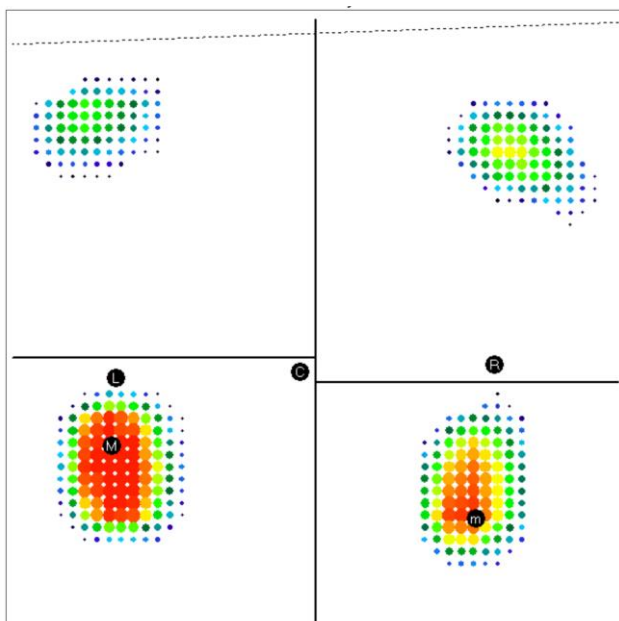
3. Ramię dźwigni tyłostopia, hindfoot moment arm (HMA) – odległość pomiędzy najniższym punktem kości piętowej a osią kości piszczelowej, wartość dodatnia, jeśli najniższy punkt jest zlokalizowany przysródkowo od tej osi, ujemne, jeśli do boku.



Rysunek 19. Ramię dźwigni tyłostopia, hindfoot moment arm (HMA)

3.5 Pedobarografia

Pomiary pedobarografii statycznej oraz dynamicznej wykonywano na bieżni z platformą diagnostyczną (bieżnia Runtime, Sensor Medica, Rzym, Włochy) przy pomocy oprogramowania dostarczonego przez producenta (Freestep, Sensor Medica, Rzym, Włochy). Podczas pedobarografii statycznej każdy pacjent został poinstruowany, aby stanąć na platformie w sposób równomiernie obciążający obie stopy przez 10 sekund. Oprogramowanie dokonywało pomiaru rozkładu obciążenia w obszarze przysródkowym oraz bocznym tyłostopia (hindfoot), stępu (midfoot) oraz przodostopia (forefoot).

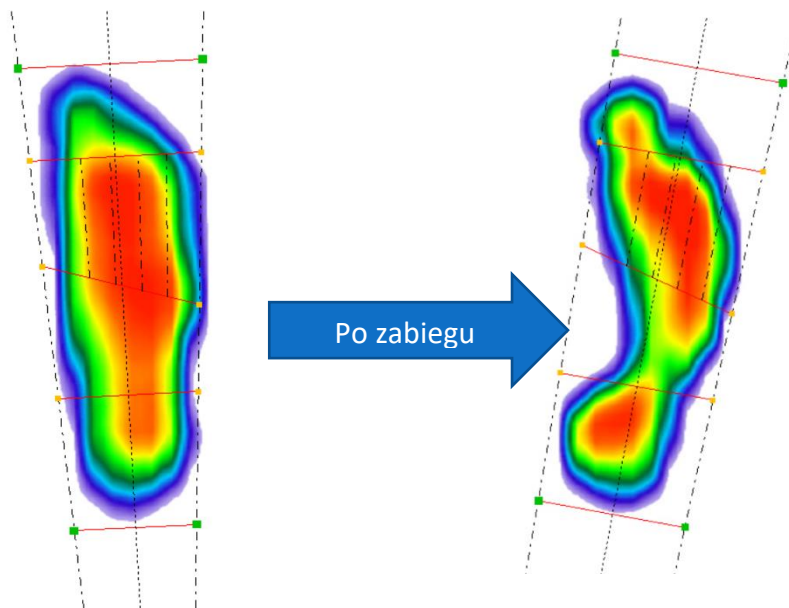


Rysunek 20. Przykładowy obraz pedobarografii statycznej

Podczas analizy dynamicznej każdy pacjent otrzymał polecenie, aby chodził w sposób jak najbardziej naturalny, każdy z nich miał wystarczająco dużo czasu i prób, aby poćwiczyć swobodny chód na bieżni. Każdorazowo rejestrowano 2 próby trwające minimum minutę i wyciągano z nich średnią do analizy. Mierzono czas poszczególnych faz chodu:

1. Pierwszy kontakt - Initial Contact Phase (ICP),
2. Faza kontaktu przodostopia - Forefoot Contact Phase (FFCP)
3. Faza stopy płaskiej - Flat Foot Phase (FFP)
4. Całkowity czas fazy stance - whole stance time

Oceniano również rozmieszczenie obciążeń w obrębie podeszwy stopy podczas fazy FFP pełnego podporu w obrębie przyśrodkowej oraz bocznej powierzchni przodostopia i tyłostopia.



Rysunek 21. Przykładowy obraz pedobarografii dynamicznej w fazie stopy płaskiej przed zabiegiem i po zabiegu operacyjnym u tego samego pacjenta.

3.6 Pomiary podoskopowe

Pomiarów dokonywano po uzyskaniu skanów stóp na podoskopie cyfrowym Sensor Medica (Rzym, Włochy) przy pomocy dedykowanego oprogramowania (Freestep, Sensor Medica, Rzym, Włochy).

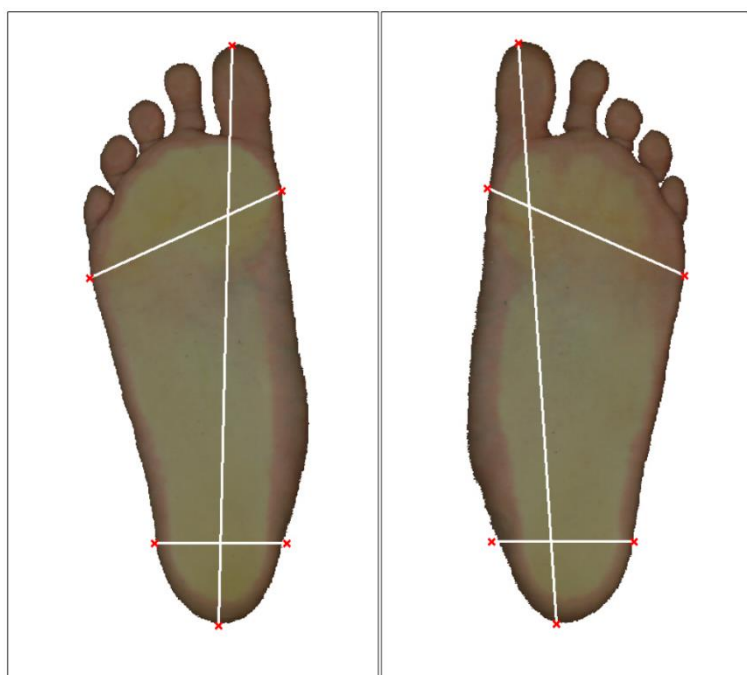
Wysklepienie stopy określano na podstawie opisanych w piśmiennictwie parametrów takich jak kąt Clarka, współczynnik łuku podłużnego Weisfloga oraz szczególnie polecanych w piśmiennictwie zachodnim do oceny stóp płasko-koślawych u dzieci współczynnika łuku wg Staheli (Staheli's arch index, SAI) oraz Chippaux-Smirak (Chippaux-Smirak index ,CSI) (23,69).

Początkowo wykreślano przyśrodkową i boczną linię styczną do krawędzi stopy, poprzez przeprowadzenie linii przez najbardziej przyśrodkowo i bocznie zlokalizowane punkty pięty oraz przodostopia. Linię poprzeczną pięty (C) wykreślano jako linię określającą szerokość pięty w jej najszerszym wymiarze. Linię poprzeczną przodostopia (A) wykreślano jako linię określającą największą szerokość przodostopia, równoległą do linii poprzecznej pięty. Szerokość śródstopia (midfoot, B) określano na podstawie linii równoległej do linii pięty oraz przodostopia, w największym miejscu lub w wątpliwych przypadkach w połowie odległości pomiędzy nimi. Pomiarów dokonywano dwukrotnie i wyciągano z nich średnią do analizy.

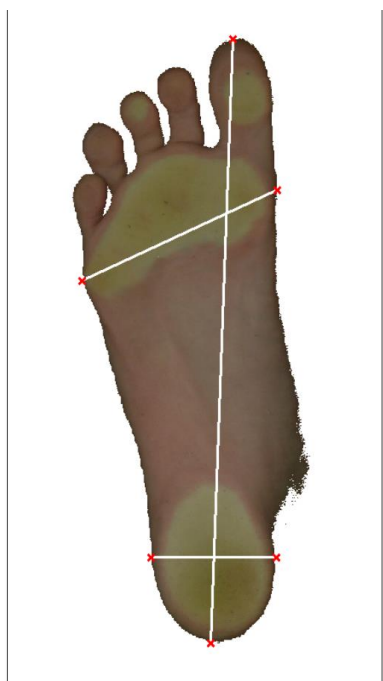
Staheli Arch Indeks mierzony jest jako stosunek B/C. 0,44–0,89—normalna stopa; < 0,44—wydrążona; > 0,89—płaska.

Chippaux Smirak Indeks mierzony jest jako stosunek $A/B \cdot 100\%$. Norma 26-45%. Stopa płaska I st. 46 – 49 %, stopa płaska II st. 50-75%, skrajne płaskostopie > 75%. Stopa wydrążona $\leq 25\%$ (70).

Kąt Clarka mierzony jako kąt pomiędzy linią przyśrodkową styczną do krawędzi stopy oraz linią przeprowadzoną stycznie do odcisku przyśrodkowej krawędzi stopy pomiędzy punktem największego zagłębienia Q oraz punktem przecięcia tej linii z linią przyśrodkową. Norma dla polskiej populacji to $42^\circ - 48^\circ$. Stopa płaska – kąt < 42 st. Stopa wydrążona > 55 st. (70–74)



Rysunek 22. Przykładowy obraz podoskopowy stóp przed zabiegiem - typowa stopa płaska.



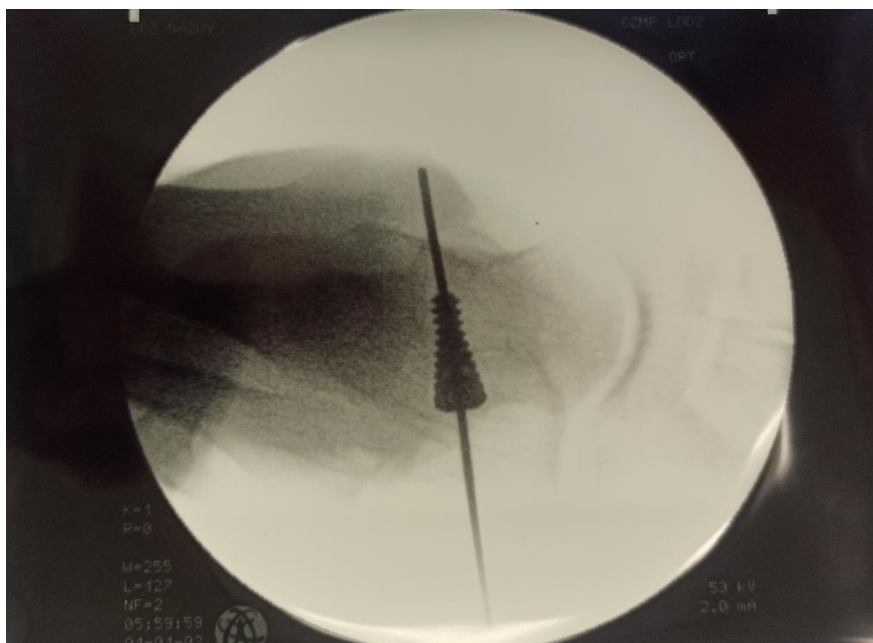
Rysunek 23. Przykładowy obraz podoskopowy przed zabiegiem. Stopa pronująca, brzeg boczny stóp uniesiony.

3.7 Technika operacyjna

Nad zatoką stępu wykonuje się ok. 2 cm cięcie skórne w bruzdach zgięciowych, następnie nacina się i rozszerza na tępo powierzchowne tkanki tak aby dotrzeć do zatoki stępu. Następnie wprowadza się drut kierunkowy do zatoki i kanału stępu, tak aby był wyczuwalny poniżej kostki przyśrodkowej. Niezmiernie ważna jest dbałość o odpowiedni kierunek wprowadzania drutu – należy pamiętać, że zatoka i kanał stępu zorientowane są w następujący sposób: od boku do przyśrodka, od przodu do tyłu oraz od grzbietu nieznacznie podeszwowo. Oczywiście występuje pewna zmienność anatomiczna, ale w przypadku, gdy drut skierowany jest w inny sposób niż opisany powyżej należy starannie skontrolować radiologicznie jego położenie, aby potwierdzić, że został wprowadzony prawidłowo. Po wprowadzeniu drutu kierunkowego należy zastosować kolejne przymiary, aby określić prawidłową wielkość implantu. Za radiologicznie prawidłowe wprowadzenie implantu uznawano wprowadzenie na taką głębokość, aby boczny brzeg implantu znajdował się przy bocznej krawędzi kości skokowej w projekcji AP. Następnie wykonywana była kliniczna ocena koślawienia pięty. Docelowa ruchomość to ok. 5 st. koślawienia pięty po zabiegu. Podczas tego badania stosowaliśmy stożkowy implant tytanowy do zatoki stępu w rozmiarach od 8 do 11 mm.

Ponieważ stopy przekorygowane mogą być bolesne, stąd podczas decyzji co do rozmiaru implantu w wątpliwych przypadkach wprowadzano implant mniejszy.

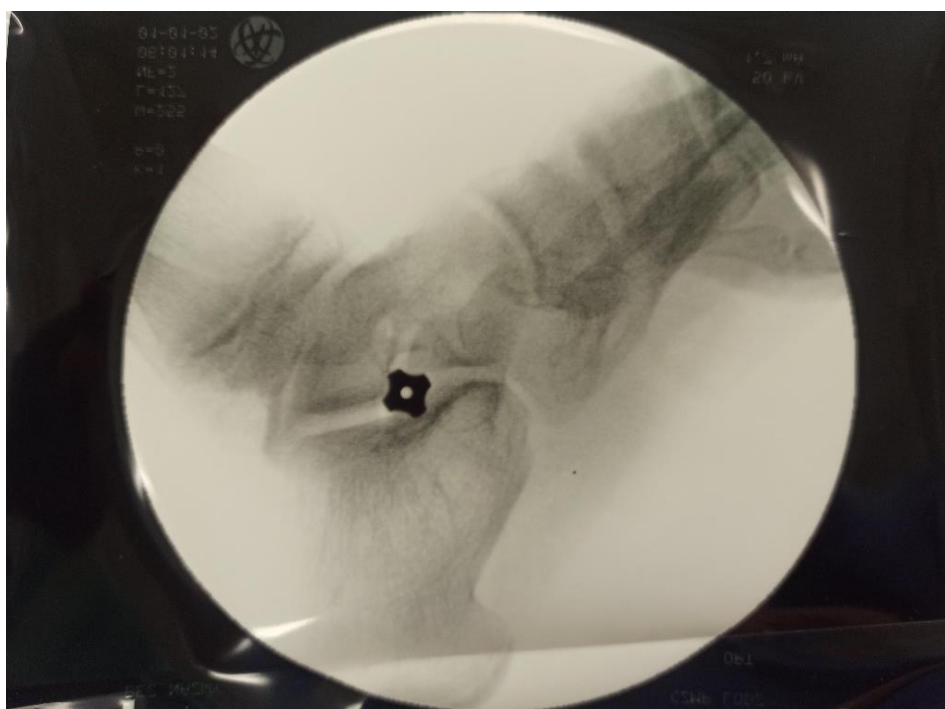
Po zabiegu pacjenci nie mieli stosowanego unieruchomienia, jedynie chodzenie o kulach z zakazem obciążania operowanej kończyny przez 2 tygodnie od zabiegu a następnie stopniowe obciążanie w granicach bezbólowych aż do pełnego obciążania. Zakaz biegania i skakania, uprawiania sportów zespołowych obowiązywał do 3 miesięcy od zabiegu.



Rysunek 24. Obraz śródoperacyjny. Widoczny drut kierunkowy i wprowadzony po nim implant



Rysunek 25. Obraz śródoperacyjny. Kontrola położenia implantu po zabiegu, po usunięciu drutu kierunkowego.



Rysunek 26. Obraz śródoperacyjny. Kontrola położenia implantu po zabiegu.

3.8 Statystyka

Badane cechy numeryczne opisano za pomocą miar lokalizacji – ważonych średnich arytmetycznych, i miar dyspersji, jak odchylenie standardowe, 95-procentowy przedział ufności oraz wartości minimalne i maksymalne cechy.

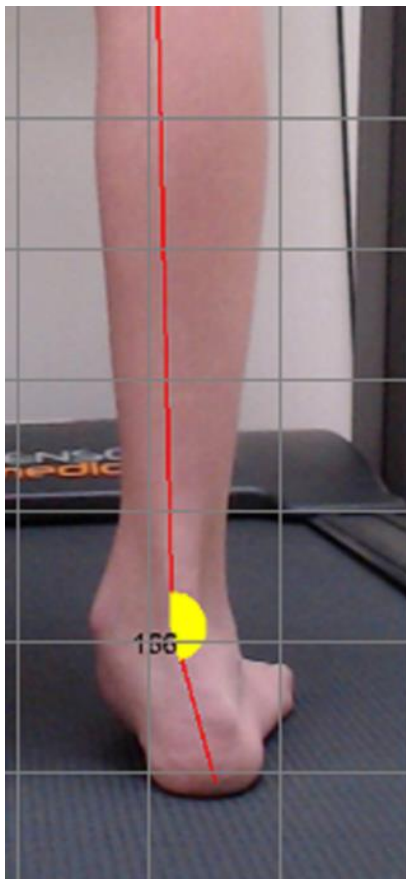
Wstępnie przeprowadzono test skośności i kurtozy w celu oceny normalności rozkładu cechy mierzalnej oraz test Levene'a w celu oceny homogeniczności wariancji. Przeprowadzono wieloczynnikową analizę wariancji (ANOVA) z powtarzanymi pomiarami, służącą oszacowaniu istotności statystycznej różnic wartości badanych parametrów przed zabiegiem i po zabiegu chirurgicznym, dla zmiennych o rozkładzie normalnym. W przypadku zmiennych o rozkładzie odbiegającym od nienormalnego zastosowano uogólnione równania estymujące (ang. generalized estimating equation, GEE) z powtarzanymi pomiarami i błędami standardowymi odpornymi na odchylenia (ang. robust standard errors), wykorzystując przy tym metodę estymatorów kanapkowych (ang. sandwich estimators).

Wszystkie te modele statystyczne były kontrolowane pod względem płci badanych pacjentów. Zastosowano również korekcję wewnątrzobiektoową (ang. intra-subject variability) ze względu na fakt, że jednostką miary była jedna z dwóch stóp każdego badanego pacjenta. Należy zaznaczyć, że niektórzy uczestnicy badania przeszli operację jednej stopy, a inni przeszli operację obu stóp.

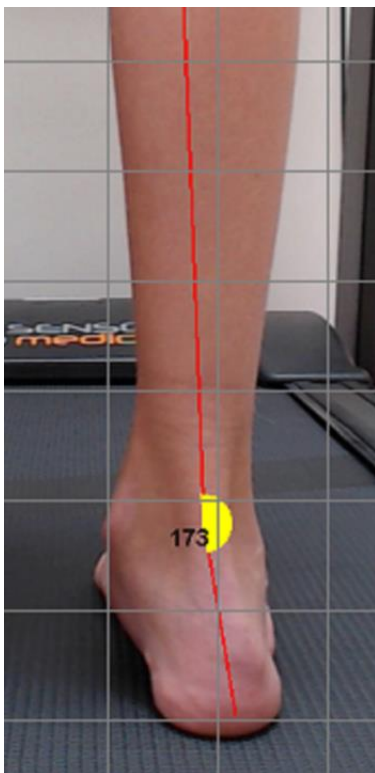
Za istotny statystycznie uznano poziom $P < 0,05$. Moc statystyczna testu $>0,999$ dla wszystkich badanych parametrów radiologicznych. Wszystkie obliczenia statystyczne przeprowadzono za pomocą programu Stata/Special Edition, wersja 14.2 (StataCorp LP, College Station, Texas, USA).

4. WYNIKI

Kąt piętowo-goleniowy przed zabiegiem wynosił średnio 166,5 st. st, zakres 155– 172 st. Po zabiegu średnia 171,5 st., zakres 167-177 st. Średnia korekcja kąta piętowo-goleniowego po zabiegu wynosiła 5,4 stopnia. Po zabiegu 6 pacjentów (15%) uzyskało korekcję koślawości do 175 st. U 28 pacjentów (68%) kąt piętowo-goleniowy po zabiegu mieścił się w zakresie 174-170 st. U 7 pacjentów (17%) kąt piętowo-goleniowy po zabiegu wynosił poniżej 170 st., ale wyjściowa koślawość stępu u tych pacjentów wynosiła minimum 16 st.



Rysunek 27. Przykładowy pomiar kąta piętowo-goleniowego przed zabiegiem



Rysunek 28. Przykładowy pomiar koślawości pięty po zabiegu

W ocenie wiotkości tkankowej w skali Beightona 4 z 30 pacjentów włączonych do badania uzyskało 5 i więcej punktów w tej skali, co uprawnia do rozpoznania u nich wiotkości tkankowej (13% grupy badanej).

Zgodnie z wytycznymi dotyczącymi norm BMI dla dzieci w wieku 5-19 lat na stronie internetowej WHO za dzieci z nadwagą uznano te, których BMI wynosiło powyżej 25 kg/m^2 , a otyłość rozpoznawano przy BMI powyżej 30 kg/m^2 . Nadwagę stwierdzono u 1 pacjenta (3%) i otyłość również u 1 pacjenta (3%).

Analiza danych wykazała, że po zabiegu uzyskano istotną statystycznie ($p < 0,001$) zmianę wszystkich badanych parametrów radiologicznych z wyjątkiem kąta pomiędzy piętą a V kością śródstopia. Nie wszyscy pacjenci po zabiegu uzyskali wartości uznawane za normę dla danego pomiaru. Największą zmianę zaobserwowano dla kątów: skokowo-śródstopnego I w obu projekcjach oraz dla kąta deklinacji kości skokowej – średnia zmiana wartości tych kątów wynosiła średnio ok. 11 st. Dla kąta pokrycia kości skokowej przez łódkowatą zmiana ta była również istotna statystycznie i wynosiła średnio ok. 13 st. Dla kąta inklinacji pięty zmiana była istotna statystycznie, ale średnia zmiana wartości tych kątów była niewielka,

wynosiła 2-3 st. Zmiana wartości kąta piętowo-śródstopnego V nie była istotna statystycznie po zabiegu.

Tabela 2. Statystyka opisowa wyników odczytanych ze zdjęć rentgenowskich badanych pacjentów przed operacją versus po zabiegu.

Kąt anatomiczny (stopnie)	Faza badania	Parametr statystyczny					Poziom istotności statystycznej (P)
		<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>95% CI</i>	<i>Min. – maks.</i>	
Kąt skokowo-śródstopny I Meary	Przed	21,08	21	7,33	19,38-22,84	3-37	< 0,001
	Po	9,01	9	6,58	7,47-10,58	0-24	
Kąt inklinacji pięty	Przed	11,76	11,50	4,68	10,66-12,86	4-25	< 0,001
	Po	14,19	13	4,70	12,98-15,13	6-27	
Kąt deklinacji kości skokowej	Przed	36,96	37	5,47	35,71-38,30	19-52	< 0,001
	Po	26,49	26	5,33	25,50-27,89	12-39	
Kąt pięta – V kość śródstopia	Przed	162,72	163	6,86	160,93-164,03	146-180	= 0,203
	Po	161,93	162,50	6,65	160,34-163,49	137-180	
Kąt pokrycia kości skokowej przez kość łódkowatą	Przed	20,26	19,50	9,48	18,25-22,67	0-45	< 0,001
	Po	7,22	5	5,58	6,01-8,62	0-22	
Kąt skokowo-śródstopny I AP	Przed	17,44	17	8,64	15,48-19,55	0-39	< 0,001
	Po	7,01	6,50	6,19	5,64-8,55	0-30	



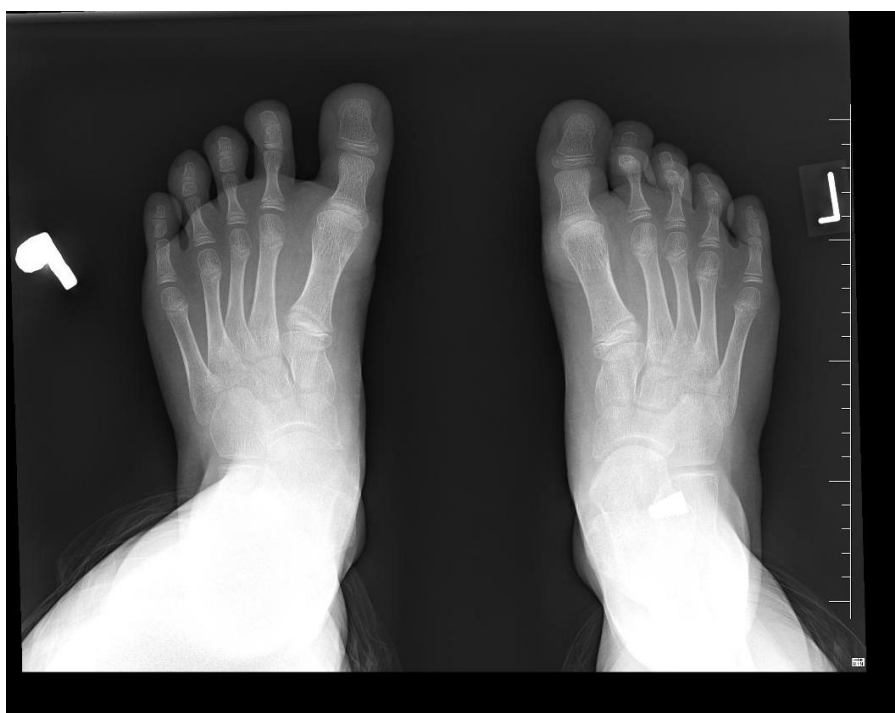
Rysunek 29. Obraz radiologiczny stopy przed zabiegiem.



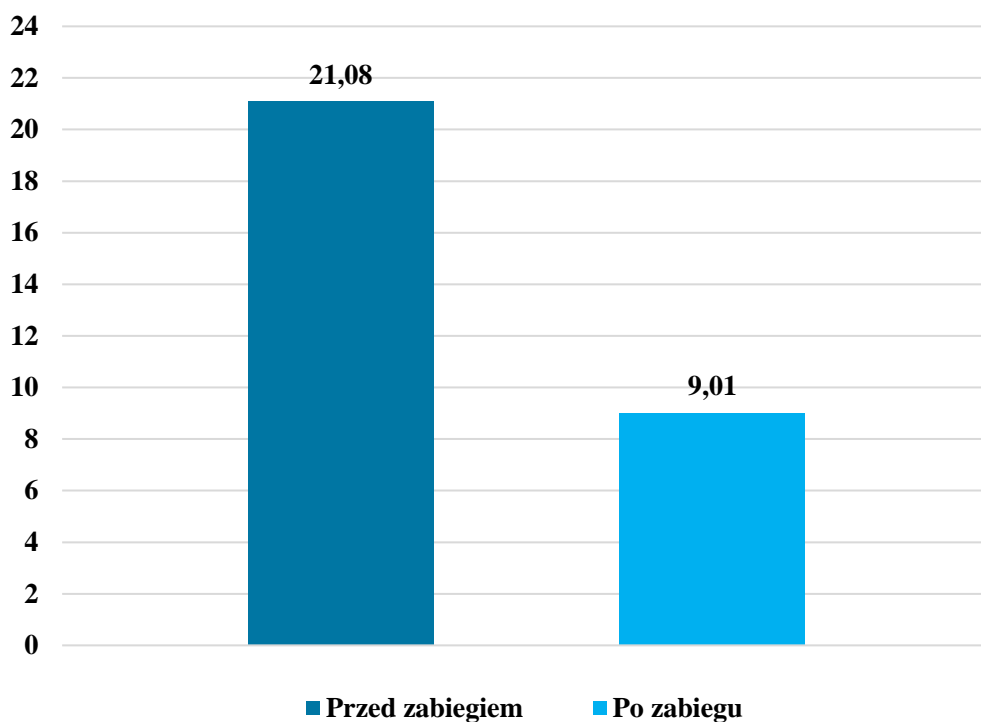
Rysunek 30. Obraz radiologiczny stopy po zabiegu. Widoczny cień implantu w zatoce stępu, uniesienie kości skokowej i łuku podłużnego przyśrodkowego.



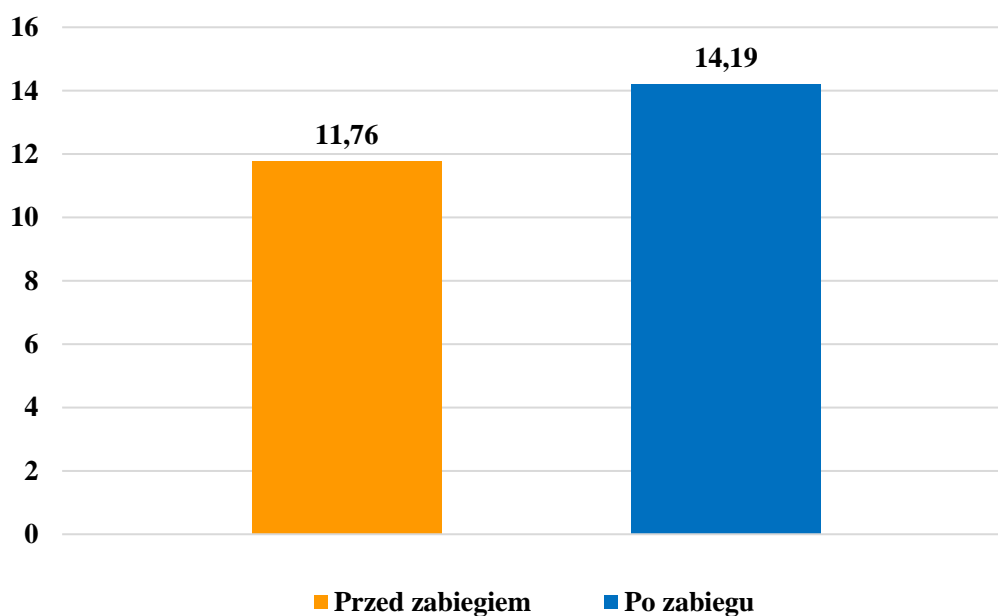
Rysunek 31. Obraz radiologiczny stóp przed zabiegiem.



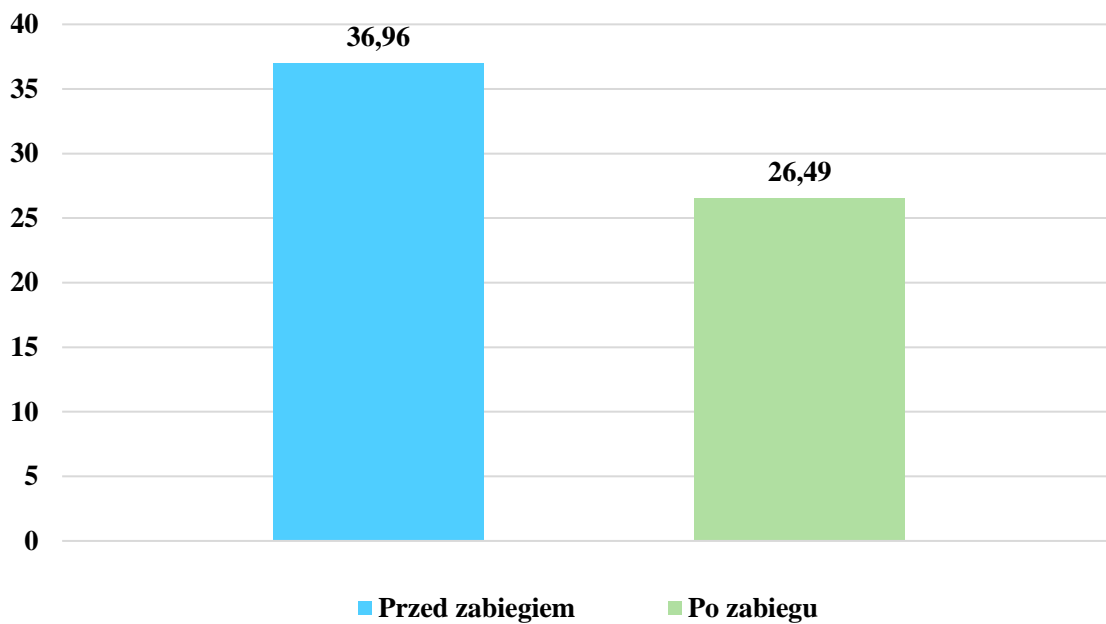
Rysunek 32. Obraz radiologiczny stóp po zabiegu. Zmniejszenie podwichnięcia przyśrodkowego kości skokowych.



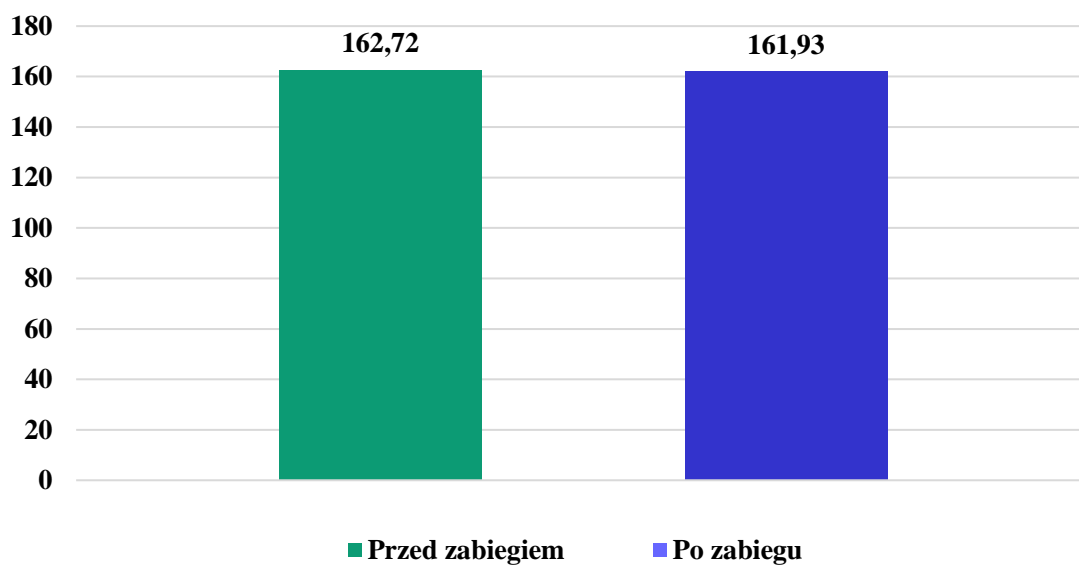
Wykres 1. Średnie wartości kąta TMT I na projekcji bocznej u badanych przed zabiegiem *versus* po zabiegu ($P < 0,001$).



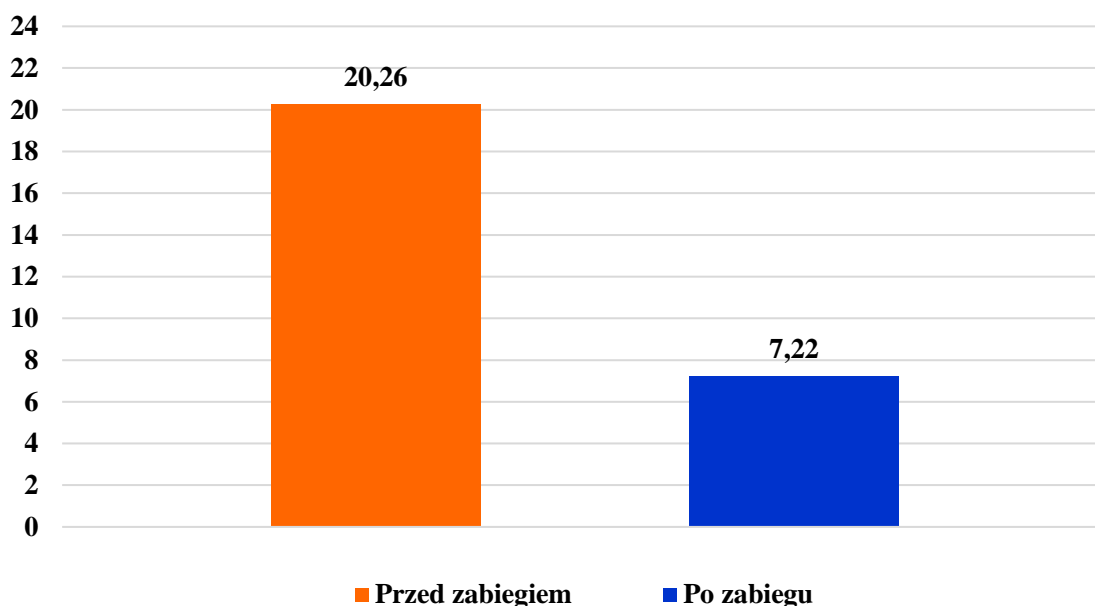
Wykres 2. Wartości średnie kąta inklinacji pięty (stopnie) u badanych przed zabiegiem *versus* po zabiegu ($P < 0,001$)



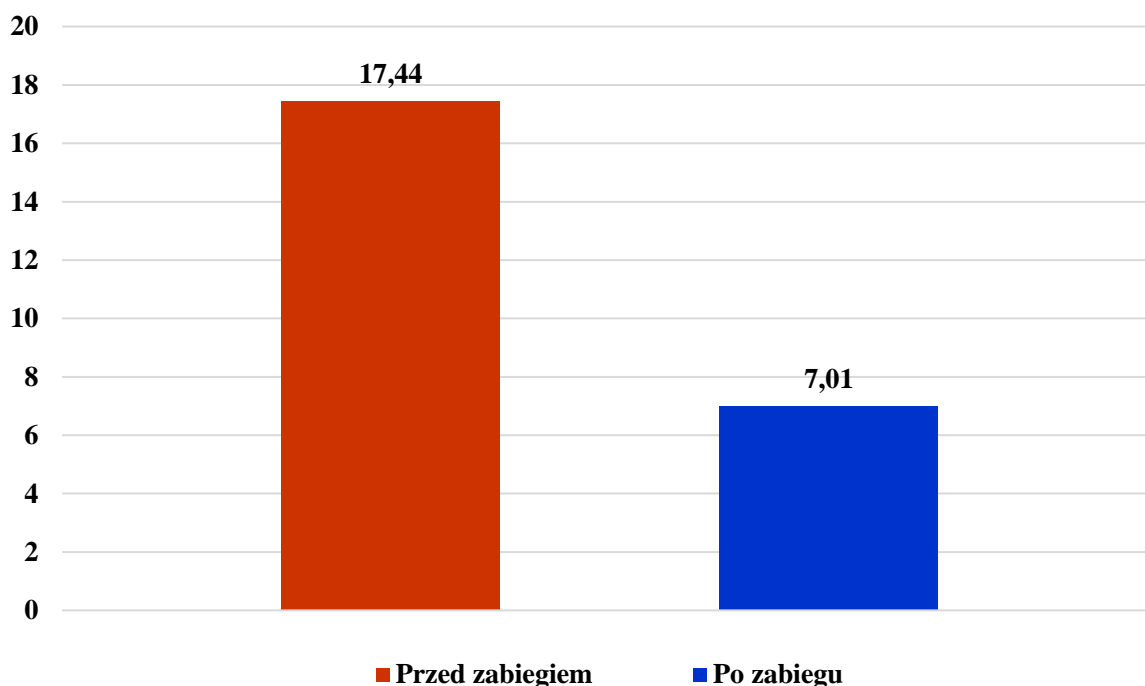
Wykres 3. Wartości średnie kąta deklinacji kości skokowej (stopnie) u badanych przed zabiegiem *versus* po zabiegu ($P < 0,001$)



Wykres 4. Wartości średnie kąta pięta – V kość śródstopia (stopnie) u badanych przed zabiegiem *versus* po zabiegu ($P = 0,203$)



Wykres 5. Wartości średnie kąta pokrycia kości skokowej przez kość łódkowatą (stopnie) u badanych przed zabiegiem *versus* po zabiegu ($P < 0,001$).



Wykres 6. Wartości średnie kąta skokowo-śródstopnego I AP (stopnie) u badanych przed zabiegiem *versus* po zabiegu ($P < 0,001$)

Radiogramy w projekcji Saltzman'a wykonywano jedynie u pacjentów z grupy 2. Jest to projekcja umożliwiająca obiektywną ocenę koślawości pięty i kąta piętowo-goleniowego, jak wspomniano wcześniej badanie to jest bardziej obiektywne niż ocena kliniczna wykonywana nawet przez doświadczonego ortopeda, stąd na podstawie oryginalnego artykułu skonstruowaliśmy odpowiednią podstawkę do wykonywania badań w tej projekcji.

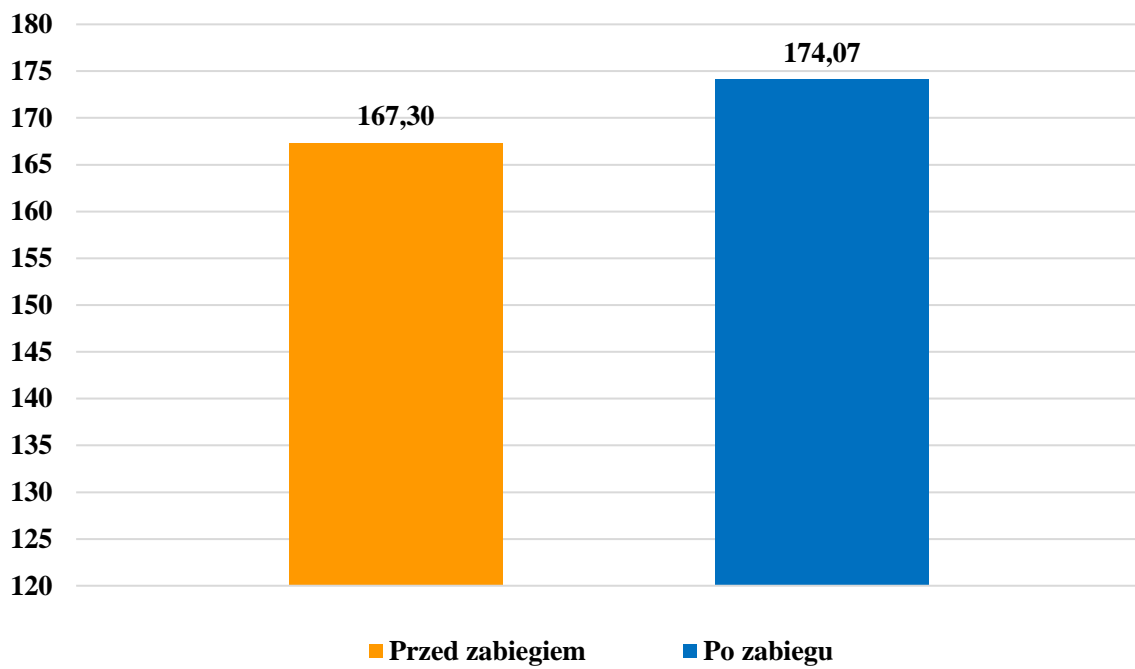
Do analizy włączono 27 radiogramów. Obrazy radiologiczne 3 pacjentów ze względów technicznych nie nadawały się do oceny.

Na rentgenogramach oceniano 3 wspomniane wcześniej parametry: kąt piętowo-goleniowy (HAA), współczynnik ustawienia tyłostopia (HAR) oraz moment dźwigni tyłostopia (HMA).

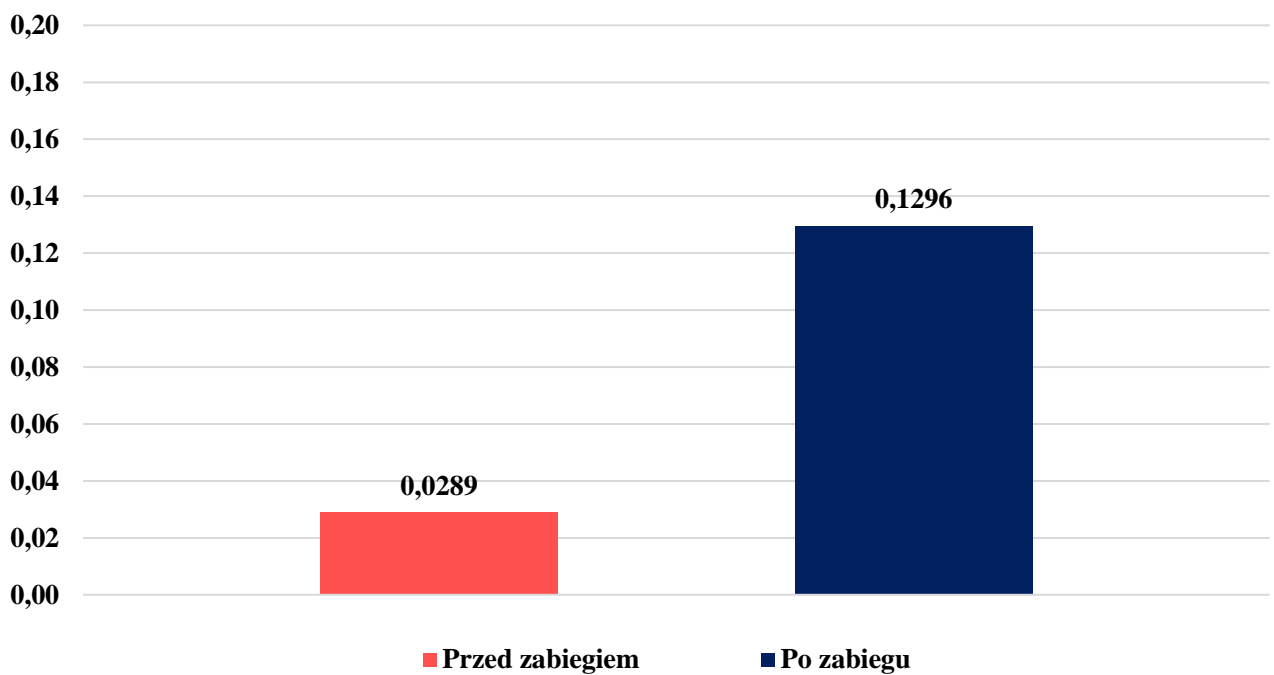
Tabela 3. Statystyka opisowa wyników odczytanych ze zdjęć rentgenowskich w projekcja Saltzmana u badanych pacjentów przed operacją *versus* po operacji

Oznaczany parametr radiologiczny	Faza badania	Parametr statystyczny					Poziom istotności statystycznej (P)
		<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>	<i>Min.</i> – <i>maks.</i>	
HAA (stopnie)	Przed	167,30	168	4,12	165,66-168,93	160-175	< 0,001
	Po	174,07	174	3.06	172,86-175,29	168-178	
HAR	Przed	0,0289	0,0000	0,0614	0,0046-0,0532	0,00-0,21	< 0,001
	Po	0,1296	0,0000	0,2628	0,0257-0,2336	0,00-1,30	
HMA (cm)	Przed	-1,83	-1,94	0,70	(-2,11)-(-1,55)	(-3,01)-(-0,27)	< 0,001
	Po	-1,09	-1,16	0,75	(-1,38)-(-0,79)	(-2,52)-(0,80)	

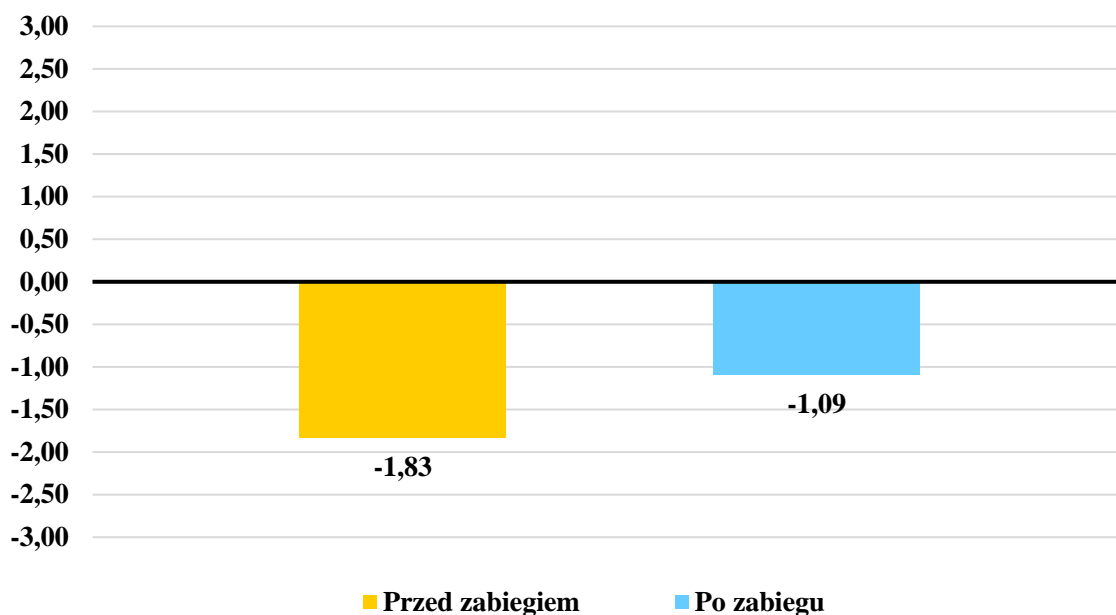
Podczas analizy, jak widać w tabeli 3, uzyskano istotną statystycznie zmianę wszystkich badanych parametrów, stąd wniosek, że artrozyza w efektywny sposób ogranicza koślawość stępu.



Wykres 7. Wartości średnie kąta HAA (stopnie) u badanych przed zabiegiem versus po zabiegu ($P < 0,001$)

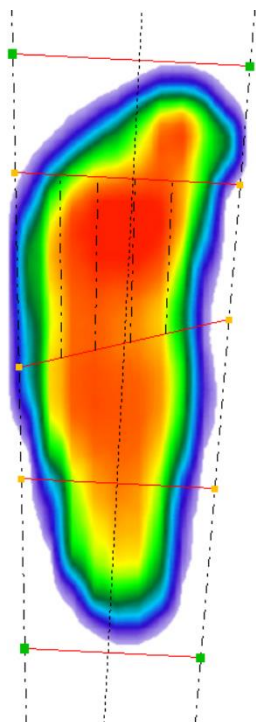


Wykres 8. Wartości średnie HAR u badanych przed zabiegiem *versus* po zabiegu ($P < 0,001$)

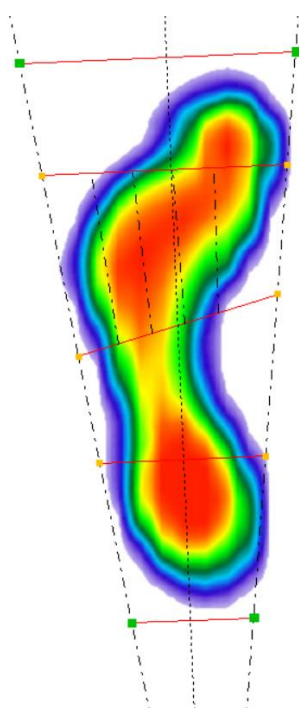


Wykres 9. Wartości średnie HMA (cm) u badanych przed zabiegiem *versus* po zabiegu ($P < 0,001$)

W badaniu pedobarografii dynamicznej spośród badanych parametrów takich jak czas trwania poszczególnych faz chodu ze szczególną analizą odcisku stopy podczas fazy stopy płaskiej w czasie podporu oraz powierzchni stopy obciążanych podczas chodzenia wykazano istotne statystycznie wydłużenie fazy kontaktu przodostopia po zabiegu, nie stwierdzono istotnego statystycznie zmniejszenia powierzchni całej stopy kontaktującej się z podłożem podczas chodzenia, natomiast wykazano istotne statystycznie zwiększenie obciążania bocznego brzegu stopy wraz ze zmianą dystrybucji obciążeń podeszwy stopy – zmniejszenie kontaktu obszaru przyśrodkowego i zwiększenie obciążenia bocznego obszaru stopy po zabiegu.



Rysunek 33. Pedobarografia dynamiczna, stopa pacjenta przed zabiegiem



Rysunek 34. Pedobarografia dynamiczna. Stopa pacjenta po zabiegu.

Podczas analizy pedobarografii statycznej spośród badanych parametrów takich jak obciążenie powierzchni bocznej i przyśrodkowej przodostopia, śródstopia oraz tyłostopia uzyskano istotne statystycznie zwiększenie kontaktu bocznego obszaru śródstopia.

Tabela 4. Statystyka opisowa wyników odczytanych z pedobarografii dynamicznej badanych pacjentów przed operacją versus po zabiegu.

Badany parametr	Faza badania	Parametr statystyczny					Poziom istotności statystycznej (<i>p-value</i>)
		<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>95% CI</i>	<i>Min. – max.</i>	
Stance time (msec)	Przed zabiegiem	953,25	943,00	179,11	895,97-1010,53	678-1467	= 0,467
	Po zabiegu	973,70	957,00	118,42	935,83-1011,57	774-1272	
Double support / swing (msec)	Przed zabiegiem	241,00	235,00	59,69	221,91-260,09	124-367	= 0,005
	Po zabiegu	278,90	263,50	65,54	257,94-299,86	189-525	
Stance phase time (msec)	Przed zabiegiem	592,60	561,00	165,26	539,75-645,45	345-1031	= 0,849
	Po zabiegu	600,52	557,50	186,46	540,89-660,16	434-1356	
Initial contact phase, ICP (msec)	Przed zabiegiem	115,05	97,00	79,95	89,48-140,62	6-321	= 0,181
	Po zabiegu	94,25	93,50	35,70	82,83-105,67	22-169	
Forefoot contact phase, FFCP (msec)	Przed zabiegiem	571,45	569,00	117,23	533,96-608,94	300-854	< 0,001
	Po zabiegu	654,70	662,50	85,95	627,21-682,19	411-839	
Flat foot phase, FFP (msec)	Przed zabiegiem	239,00	219,50	117,91	201,29-276,71	95-616	= 0,124
	Po zabiegu	209,50	189,00	82,23	183,20-235,80	73-441	
Area (cm ²)	Przed zabiegiem	163,82	161,50	34,56	152,77-174,88	109-268	= 0,273
	Po zabiegu	158,65	155,50	24,71	150,75-166,55	112-236	

Tabela 5. Statystyka opisowa wyników odczytanych z pedobarografii dynamicznej badanych pacjentów przed operacją versus po zabiegu

Obciążenie	Phase of the study	Parametr statystyczny					Poziom istotności statystycznej (<i>p-value</i>)
		<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>95% CI</i>	<i>Min.</i> – <i>max.</i>	
Przodostopie (%)	Przed zabiegiem	72,85	72,00	8,91	70,00-75,70	54-89	= 0,692
	Po zabiegu	72,27	71,50	6,48	70,20-74,35	60-86	
Tyłostopie (%)	Przed zabiegiem	27,12	28,00	8,91	24,27-29,97	11-46	= 0,680
	Po zabiegu	27,72	28,50	6,48	25,65-29,77	14-40	
Przyśrodkowa krawędź (%)	Przed zabiegiem	51,62	52,00	6,38	49,58-53,66	39-64	< 0,001
	Po zabiegu	43,52	43,00	6,57	41,42-45,62	33-56	
Boczna krawędź (%)	Przed zabiegiem	48,37	48,00	6,38	46,33-50,41	36-61	< 0,001
	Po zabiegu	56,47	57,00	6,57	54,37-58,57	44-67	

W badaniu na podoskopie zaobserwowano poprawę badanych parametrów na poziomie istotności statystycznej 0,002-0,003.

Tabela 6. Statystyka opisowa badanych parametrów podoskopowych przez zabiegiem oraz po zabiegu

Badany parametr	Faza badania	Parameter statystyczny					Poziom istotności statystycznej (<i>p-value</i>)
		<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>	<i>Min. – max.</i>	
Kąt Clarke’a (stopnie)	Przed zabiegiem	31,02	31,00	14,44	26,41-35,64	3-55	= 0,002
	Po zabiegu	42,80	44,00	12,46	38,81-46,79	14-64	
Współczynnik Staheli	Przed zabiegiem	0,841	0,803	0,443	0,699-0,982	0,000-1,604	= 0,003
	Po zabiegu	0,635	0,621	0,163	0,583-0,687	0,329-1,235	
Współczynnik Chippaux-Smirak	Przed zabiegiem	0,482	0,480	0,251	0,401-0,562	0,000-0,934	= 0,002
	Po zabiegu	0,360	0,335	0,094	0,330-0,390	0,197-0,757	
współczynnik łuku podłużnego Weisfloga.	Przed zabiegiem	0,615	0,641	0,313	0,514-0,715	0,000-1,122	= 0,002
	Po zabiegu	0,461	0,432	0,118	0,423-0,499	0,243-0,913	

Podczas oceny satysfakcji pacjentów przed zabiegiem wszyscy pacjenci zgłaszali dolegliwości bólowe stóp po dłuższym chodzeniu lub po lekcjach WF, co stanowiło jedno z kryteriów kwalifikujących do leczenia operacyjnego. Minimum 6 miesięcy od zabiegu powikłania pod postacią dolegliwości bólowych w okolicy zatoki stępu występowały u 4 osób (14%), przy czym u 2 były to dolegliwości przy chodzeniu oraz u 2 bóle pojawiały się tylko po dłuższym wysiłku. Pozostali pacjenci, badani minimum 6 miesięcy od zabiegu, nie zgłaszali żadnych dolegliwości związanych z obecnością implantu. W grupie badanej nie wystąpiły powikłania zapalne, niewielkie dolegliwości miejsca operowanego ustępowały w ciągu 3 miesięcy od zabiegu. Ponadto ze względu na niezadowalającą korekcję 1 pacjent zdecydował się na wymianę implantu na większy (po wymianie implantu korekcja była zadowalająca i nie występowały dolegliwości bólowe). Stąd całkowitą częstość powikłań w naszej grupie po roku obserwacji należy określić na 16%.

W chwili obecnej okres obserwacji wynosi nawet do 5 lat. W dalszej perspektywie okazało się, że wymiana lub usunięcie implantu konieczne było w grupie badanej u 4 pacjentów, natomiast u 1 pacjenta całkowicie usunięto implant z powodu dolegliwości w okolicy implantu.

Pacjenci, u których dolegliwości bólowe po zabiegu utrzymywały się oraz pacjenci, u których nie udało się uzyskać pełnej korekcji koślawości ($< 5^{\text{st.}}$) stanowili odrębne grupy, tzn. dolegliwości występowały u pacjentów mimo radiologicznie i klinicznie dobrej korekcji wady, a nie u tych, u których korekcja pooperacyjna była niepełna. W grupie badanej po zabiegu nie stwierdzono nadmiernej korekcji u żadnego z pacjentów.

W trakcie oceny przedoperacyjnej przy okazji badań przed zabiegiem zbieraliśmy również informacje dotyczące BMI oraz cech wiotkości tkankowej, aby ocenić, czy stanowią one istotny problem w grupie pacjentów kwalifikowanych do zabiegu operacyjnego. Nadwaga i otyłość stwierdzone zostały u 2 pacjentów z 30, stąd wniosek, że nadmierna masa ciała niekoniecznie przyczynia się do występowania dolegliwości bólowych i nasilenia deformacji płasko-koślawej stóp. Potwierdzają to wyniki badań z dostępnych publikacji (75).

5. DYSKUSJA

Jednym z celów naszej pracy było określenie mechanizmu działania artrydy, ocena wyników i ustalenie wskazań do wykonywania tego zabiegu w populacji dziecięcej. W chwili, gdy rozpoczynałam badanie piśmiennictwo dotyczące wykonywania artrydy podskokowej przy pomocy implantu tytanowego typu self-locking u dzieci były nieliczne i przeprowadzane na małych grupach, z krótkim okresem obserwacji. Wyniki moich badań potwierdzają dostępne już w chwili obecnej w piśmiennictwie dane dotyczące mechanizmu działania tego zabiegu. Pierwotnie zakładałam, że ze względu na niską częstość występowania stóp płasko-koślawych objawowych grupa badana może składać się z pacjentów, u których deformacja płasko-koślawą związaną jest z przykurczem mięśnia brzuchatego łydki. W trakcie zbierania materiału okazało się jednak, że udało się zebrać grupę pacjentów ze stopami płasko-koślawymi objawowymi statycznymi, bez towarzyszącego przykurczu mięśnia brzuchatego. W związku z tym wykluczyłam tych pacjentów z grupy badanej, aby zachować jej jednorodność.

Decydując się na zastosowanie nowej techniki operacyjnej, przy pomocy nowego typu implantu, zakładaliśmy, że wyniki zabiegu powinny być zadowalające – podobne do tych uzyskiwanych dotychczas stosowaną przez nas metodą artrydy podskokowej za pomocą śruby wprowadzanej pionowo w kość piętową wg metody opisanej znakomicie przez Pellegrina, nazywanej inaczej metodą calcaneo-stop (60,76). Ze względu na prostotę wykonywania zabiegu artrydy przy pomocy implantu wprowadzanego do zatoki stępu oraz jej jeszcze mniejszą inwazyjność i łatwiejszą potencjalnie odwracalność zabiegu postanowiliśmy zbadać wyniki leczenia operacyjnego implantami podskokowymi tytanowymi typu self-locking. Wyniki badania przedstawione są powyżej w niniejszej pracy i zachęcają do dalszego stosowania tej techniki, ale również skłaniają do refleksji i dają naukę na przyszłość.

W swojej pracy potwierdziłam działanie implantu podskokowego przede wszystkim poprzez korekcję koślawości stępu poprzez zablokowanie przemieszczenia przyśrodkowego oraz podeszwowego kości skokowej, co miało swój wyraz w wykonywanych badaniach radiologicznych – największa zmiana, najbardziej istotna statystycznie miała miejsce w przypadku kątów określających położenie kości skokowej, tzn. w projekcji bocznej kąt Meary i kąt deklinacji (zgięcia podeszwowego) kości skokowej względem podłoża oraz kąt skokowo-śródstopny I i kąt pokrycia kości skokowej przez kość łódkowatą w projekcji AP. Artryda nie wpływa jednak w sposób istotny na zmianę kąta inklinacji pięty, chociaż stwierdziłam niewielkie, ale istotne statystycznie uniesienie pięty po zabiegu. Jednak

w przypadku stóp płasko-koślawych ze zmniejszonym kątem inklinacji pięty technika ta może nie być wystarczającym narzędziem do korekcji wady.

Po zabiegu dyslokacja podskokowa jest ograniczona, co wyraża się zmniejszeniem kąta deklinacji kości skokowej, kąta skokowo-śródstopnego I w obu projekcjach oraz zmniejszeniem kąta pokrycia kości skokowej przez kość łódkowatą. W projekcji Saltzmanna po zabiegu zaobserwowano istotne statystycznie zmniejszenie kąta piętowo-goleniowego (HAA), co bezpośrednio świadczy o zmniejszeniu koślawości stępu w wyniku zabiegu. Również pozostałe oceniane parametry, takie jak współczynnik ustawienia tyłostopia (HAR) czy moment dźwigni tyłostopia (HMA) uległy istotnie statystycznej poprawie.

Projekcja Saltzmana została wprowadzona do oceny koślawości stępu u pacjentów z grupy 2 po powrocie promotora mojej pracy ze szkolenia w szpitalu w Baltimore w Stanach Zjednoczonych, gdzie projekcja ta jest rutynowo stosowana. Po zapoznaniu się z dostępną literaturą na temat projekcji oceniających konfigurację stępu wybrano właśnie tę projekcję. Na potrzeby doktoratu zaprojektowałam specjalną podstawkę na podstawie oryginalnego artykułu Saltzmana, która umożliwia wykonywanie zdjęć w tej projekcji.

Projekcja Saltzmana jest dobrym narzędziem do oceny wyników zabiegu u danego pacjenta. Ma ona jednak swoje ograniczenia i stwarza pewne problemy podczas interpretacji badania, nie tylko ze względu na trudność wykonywaniu pomiarów w przypadkach, gdy elementy kostne nakładają się na siebie, ale również ze względu na błędy techniczne podczas ustawienia stopy do badania – zazwyczaj jest to nieprawidłowa rotacja stopy, która może zmienić wartości badanych parametrów. Z założenia stopa powinna być ustawiona na podstawce w taki sposób, żeby oś II kości śródstopia była równoległa do osi padających promieni rentgenowskich, jednak ze względu na to, że oś II kości śródstopia nie zawsze jest łatwa do określenia, błąd może wynosić nawet ok 5 st. rotacji przodostopia. Aby pomiary były jak najbardziej obiektywne przebadano opisane parametry i uznano, że najmniej podatnym na wpływ złego ustawienia rotacyjnego podczas oceny zdjęć rentgenowskich w projekcji Saltzmana jest linia określająca boczną krawędź pięty (77).

Parametrem najbardziej zmiennym, wrażliwym na ustawienie stopy podczas wykonywania zdjęcia w projekcji Saltzmana okazała się oś kości piętowej, wykorzystywana wg Cobeya do pomiaru kąta piętowo-goleniowego. Stąd podczas badania do określenia kąta piętowo goleniowego nie wyznaczano osi pięty, a mierzono oś od najniższego punktu guza kości piętowej aż do punktu przecinającego oś piszczeli na wysokości szpary stawu skokowego

górnego. W drugiej często stosowanej w badaniach naukowych projekcji osiowej długiej tyłostopia wg Cobeya oś kości piętowej jest najmniej zmiennym parametrem do oceny.

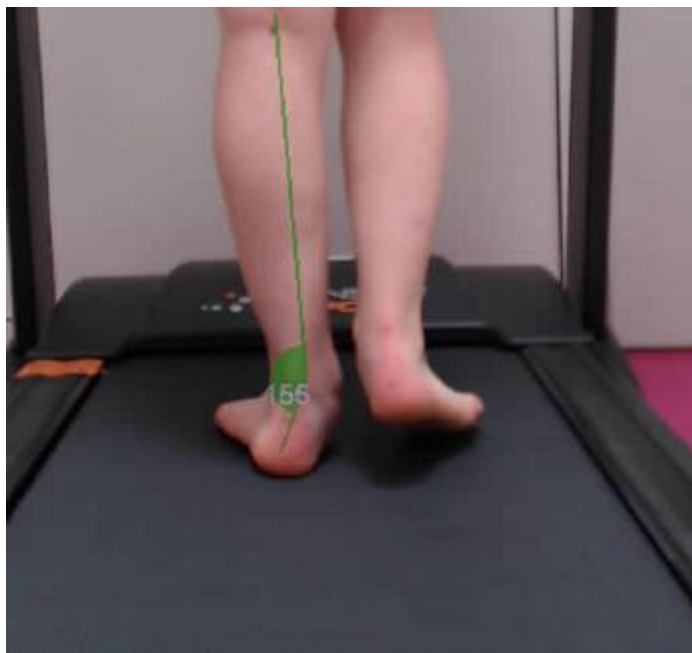
Zdjęcia radiologiczne w standardowych projekcjach AP oraz bocznej również mogą nieść ze sobą pewne trudności w ocenie. Pacjenci ze stopami płasko-koślawymi często potrafią czynnie, aktywnie korygować ustawienie stopy, przez co możemy nie zaobserwować oczekiwanych zmian w obrazie radiologicznym. Należy zawsze pouczyć pacjenta, aby zdjęcie wykonywał w pozycji zrelaksowanej, tak by można było jak najlepiej ocenić występujące przemieszczenia w ustawieniu kości stopy.

Stwierdzona w badaniach obrazowych korekcja dyslokacji podskokowej i związanej z nią koślawości miała swoje odzwierciedlenie w badaniach dystrybucji obciążeń podeszwy stopy zarówno w pedobarografii statycznej jak i dynamicznej oraz w mniejszym stopniu w badaniu podoskopowym. W badaniach pedobarografii korekcja ujawniała się przede wszystkim jako zwiększenie obciążenia bocznej krawędzi stopy w wyniku zmniejszenia koślawości stępu.

Badanie podoskopowe wśród przebadanych pacjentów nie wykazało istotnych statystycznie zmian po zabiegu. Należy jednak wspomnieć, że samo wykreślenie badanych parametrów czasami stwarzało trudności ze względu na to, że zdarzały się stopy ze znacznie wyrażoną koślawością, w których kontakt podeszwy z podłożem w pozycji rozluźnionej, w jakiej wykonywano badanie, występował tylko w obrębie tyłu i przodostopia, z pominięciem okolicy śródstopia (midfoot) lub tylko niewielkim jej obciążeniem w związku z uniesieniem bocznego brzegu stopy. Podobnie obciążenia prezentowały się w pedobarografii statycznej. W takich przypadkach Staheli Arch Index czy Chippau- Smirak index, w których jednym z elementów pomiaru stanowi szerokość środkowej części stopy (linia B) okazywały się nie do określenia lub ich wartości wskazywały na stopy wydrążone, podczas gdy w rzeczywistości były to stopy koślawe o obniżonym łuku z dużym koślawieniem stępu. Prawdopodobnie z tego powodu wyniki badania podoskopowego nie odzwierciedlają dobrze efektów zabiegu.

Klinicznie po zabiegu stwierdzono zmniejszenie koślawości pięty u wszystkich pacjentów, chociaż w trakcie oceny wyników leczenia okazało się, że korekcja koślawości w części pacjentów okazała się mniejsza niż zamierzona, ponieważ tylko 6 pacjentów (15%) zyskało po zabiegu wartości kąta piętowo-goleniowego poniżej 5 st. Może być to związane z faktem, że operowane przez nas stopy często miały znaczną komponentę koślawości oraz z tym, że wcześniej nie mieliśmy do czynienia z tego typu implantami, a trafny dobór wielkości

implantu wymaga pewnego doświadczenia. Obawiając się przekorygowania i związanych z nim powikłań w razie wątpliwości wybierano mniejszy implant.



Rysunek 35. Koślawość stępu u pacjentki ze znacznym nasileniem wady - zdjęcie wykonane podczas wykonywania badania pedobarografii dynamicznej na bieżni

Ograniczeniem techniki operacyjnej artrozy jest brak możliwości zaplanowania wielkości implantu przed zabiegiem, a ocena śródoperacyjna mimo wprowadzania implantu pod kontrolą rtg jest ograniczona (78). Rzeczywisty wynik zabiegu widoczny jest dopiero podczas badania pacjenta po zabiegu na stojąco z pełnym obciążaniem operowanej kończyny. Stąd otrzymane wyniki co do oczekiwanej korekcji mogą nie być do końca zadowalające. Dobór rozmiaru implantu jest kluczowy dla dobrego wyniku pooperacyjnego - zbyt mały implant spowoduje niedostateczną korekcję, zbyt duży będzie powodem występowania dolegliwości bólowych na skutek przekorygowania. Dlatego istotnym czynnikiem mającym wpływ na ostateczny wynik jest doświadczenie operatora. Podczas decyzji o rozmiarze implantu podczas zabiegu ocenia się głębokość jego wprowadzenia oraz korektywność stępu przy zastosowaniu danego rozmiaru przymiaru. Po wprowadzeniu implant powinien podierać wyrostek boczny kości skokowej w swoim największym wymiarze, czyli podczas oceny radiologicznej koniec implantu od strony bocznej powinien znajdować się przy bocznej krawędzi kości skokowej. Koślawienie pięty po wprowadzeniu implantu powinno wynosić do 5 st. Ocena koślawienia pięty u pacjenta znieczulonego do zabiegu na leżąco bez obciążenia jest jednak subiektywna, a ocena stopnia ruchomości tyłostopia wymaga wprawy.

Jeśli wziąć pod uwagę skuteczność artrozy pod kątem występowania dolegliwości bólowych po zabiegu, nie biorąc oceniając samej morfologii stopy, to wynik leczenia operacyjnego w naszej grupie jest zdecydowanie bardziej korzystny – tylko 4 z 30 pacjentów po 6 miesiącach od zabiegu zgłaszało dolegliwości bólowe stóp, a zatem 26 pacjentów, czyli 86% grupy badanej była zadowolona z rezultatu operacji. Okazuje się, że dla zniesienia dolegliwości bólowych nie jest wymagana pełna korekcja wady, a jedynie ograniczenie nadmiernego przemieszczenia kości skokowej – tłumaczy to fakt, że większość stóp płasko-koślawych jest bezobjawowa, a tylko u części pacjentów dyslokacja podskokowa jest na tyle nasilona, że dochodzi do pojawienia się dolegliwości.

Ból w stopach płasko-koślawych może wiązać się z większą pracą mięśni krótkich stopy oraz mięśni łydki w tym mięśnia piszczelowego tylnego, która występuje na skutek braku „zablokowania” tyłostopia. Podczas chodu stopa powinna „zablokować się” stanowiąc sztywną podporę, aby umożliwić dynamiczne wybiecie się stopy (79). Wraz ze zmianą ustawienia pięty zmienia się przebieg osi stawów skokowo-łódkowatego oraz sześcienne-piętowego. W pozycji koślawości pięty oś obu stawów przebiega równolegle, umożliwiając ruch w tych stawach, ale w miarę zmiany pozycji pięty w kierunku szpotawości oraz wraz z przesuwaniem się środka ciężkości i rotacją goleni na zewnątrz oś tych stawów ustawia się rozbieżnie, co powoduje zablokowanie ruchu, usztywnienie stępu i tworzy sztywną dźwignię. W ten sposób struktury „okołoskokowe i podskokowe” odpowiadają za absorpcję energii podczas pierwszego kontaktu stopy z podłożem, a następnie za przeniesienie środka ciężkości z tyłu do przodu i utworzenie sztywnej dźwigni potrzebnej do wybiecia się stopy w czasie push-off (44). Z tego powodu u osób z nadmierną koślawością pięty stopa nie spełnia funkcji sztywnej dźwigni umożliwiającej dynamiczne wybiecie po przetoczeniu stopy, a mięśnie krótkie stopy i mięśnie łydki wykonują kompensacyjnie większą pracę. U osób z płaskostopem występuje zwiększona praca mięśnia piszczelowego tylnego, strzałkowego długiego oraz piszczelowego przedniego, co może tłumaczyć występujące u niektórych osób z płaskostopem skurcze łydek lub uczucie ciężkości lub zmęczenia po dłuższym chodzeniu (46). Nie zaobserwowano większych odchyleń od normy w badaniach kinematycznych stóp płasko-koślawych objawowych od bezobjawowych (80), jedynie przemieszczenie przysiódkowej kości skokowej względem kości łódkowatej oceniane w badaniach radiologicznych odróżnia stopy płasko-koślawe objawowe od bezobjawowych (44). Na podstawie tych przesłanek można przypuszczać, że stwierdzana po zabiegu artrozy korekcja nadmiernej koślawości stępu i zmniejszenie

dyslokacji podskokowej, może poprawić biomechanikę przetaczania stopy i sprawić, że stopa objawowa stanie się bezbolesna.

Częstość powikłań po artrozyzie stawu skokowego dolnego podawana w piśmiennictwie jest zróżnicowana. Powikłania można podzielić na ogólne oraz związane z implantem. Ogólne – ból w okolicy zatoki stępu jest najczęstszą skargą, zwykle ustępuje po usunięciu implantu i może wynikać z przekorygowania w wyniku użycia zbyt dużego wkreću podskokowego, ale jak widać na przykładzie naszej grupy badanej nie jest to jedyna możliwa przyczyna bólu w okolicy zatoki stępu po zabiegu, ponieważ wśród przebadanych przez nas pacjentów nie stwierdzono ani jednego przypadku nadmiernej korekcji. Ze strony implantu najczęstsze powikłania opisywane w piśmiennictwie to jego przemieszczenie oraz uszkodzenie, a w przypadku implantów silikonowych i biowchłaniających odczyn tkanek miękkich na materiał implantu. Pojawiają się również pojedyncze doniesienia o powikłaniach takich jak złamanie szyjki kości skokowej, a w przypadku użycia implantu STA-Peg osteonekroza kości skokowej i utworzenie torbieli w kości skokowej oraz rozległe zapalenie błony maziowej w reakcji na materiał implantu (81–84). Są to jednak pojedyncze przypadki opisywane w piśmiennictwie. Zdecydowanie najczęściej występują dolegliwości bólowe w okolicy operowanej związane z chodzeniem lub dłuższym wysiłkiem. W naszej grupie badanej spośród 30 pacjentów u 4 osób utrzymywały się one powyżej 6 miesięcy od zabiegu, przy czym u 2 pacjentów również w czasie zwykłej aktywności. U 1 pacjenta operowanego w naszej Klinice (spoza grupy badanej) rok po zabiegu artrozyzy pojawiło się zmęczeniowe złamanie V kości śródstopia – prawdopodobnie w wyniku przeciążenia bocznej krawędzi stopy na skutek utrwalonej supinacji przodostopia, mimo klinicznie prawidłowej korekcji stępu. Wśród pacjentów z grupy badanej w perspektywie 5 lat obserwacji konieczność wymiany implantu zaistniała u 4 pacjentów, usunięcie u 1 pacjentki – zabiegi te miały miejsce minimum po upływie roku obserwacji od czasu zabiegu.

Podczas oceny przedoperacyjnej konieczne jest dokładne zbadanie stopy, ponieważ stopy płasko-koślawe nie są jednorodną grupą. Zgodnie z teorią Viladota stopa płasko-koślawą jest jak rozkręcająca się sprężyna – tyłostopie koślawi się a w tym samym czasie przodostopie supinuje. Odwrotnie w przypadku stóp wydrążonych-szpotałych, gdzie szpotawości stępu towarzyszy pronacja I promienia. Teoria ta jest zgodna z pojęciem „lamina pedis”, które omówiono przy okazji koncepcji stopy jako „calcaneopedal unit”. Zgodnie z tą teorią blokując koślawienie pięty zapobiegamy odkręcaniu się sprężyny, przez co stopa pozostaje zbalansowana, a supinacja przodostopia ustępuje – o ile nie jest utrwalona. Często podczas

oceny stóp płasko-koślawych pomijana jest ocena korektywności przodostopia. Miało to odzwierciedlenie w pooperacyjnej pedobarografii dynamicznej – u pacjentów z utrwaloną supinacją przodostopia podczas chodzenia obciążana jest przede wszystkim boczna krawędź stopy, dopiero na koniec przetoczenia środek ciężkości COP przechodzi przez głowy kości śródstopia aż do stawu MTP I i dalej na paluch. Miało to miejsce w przypadku 10 stóp w naszej grupie (24%).

W badaniach radiologicznych stóp płasko-koślawych wykonanych przez Bourdet et al. opisane zostały 4 typy stóp płasko-koślawych, w zależności od stwierdzanej deformacji – stopy z przemieszczeniem podskokowym (stopa płasko-koślawą podskokową), stopy z deformacją zlokalizowaną głównie w śródstopiu z zaznaczonym odwiedzeniem przodostopia i szczytem deformacji na wysokości kości łódkowatej i sześcienniej, stopy z deformacją mieszaną podskokowo-śródstopną (większość) oraz stopy płasko-wydrażone z obniżeniem łuku podłużnego przyśrodkowego, ale wydrążeniem łuku bocznego (co wyrażone było zwiększonym kątem piętowo-śródstopnym V) (45). Do zabiegu artroryzy w naszej Klinice pacjenci kwalifikowani byli ze względu na występowanie dolegliwości bólowych w przebiegu stóp płasko-koślawych statycznych, bez określania podtypu deformacji, co może być przyczyną niepełnej korekcji deformacji lub niezadowalającego wyniku korekcji stwierdzonej u części pacjentów. Według mojej obserwacji najlepsze efekty artroryzy uzyskano u pacjentów, u których deformacja wyrażona była przede wszystkim jako dyslokacja podskokowa, na co zwracał uwagę również Graham w swojej pracy opisującej wyniki leczenia operacyjnego stóp płasko-koślawych u dorosłych zapomocą implantu tytanowego do zatoki i kanału stępu HyProCure (85). Stąd skrupulatna ocena stopy przed zabiegiem pod kątem współwystępujących utrwalonych deformacji oraz ocena przedoperacyjnych radiogramów w obciążeniu jest obowiązkowa.

Do oceny deformacji stóp płasko-koślawych zdjęcia rentgenowskie wykonywane powinny być na stojąco, w równomiernym obciążeniu obu stóp. Istotne znaczenie ma fakt czy zdjęcia rentgenowskie wykonywane są w rozluźnionej czy skorygowanej, aktywnej pozycji stopy. Ma to wpływ na obserwowaną dyslokację podskokową. Graham w swojej ocenie przedoperacyjnej pacjentów zaleca wręcz wykonywanie radiogramów stopy w obciążeniu i bez, aby uwidocznić otwieranie się zatoki stępu, a tym samym korektywność koślawości stępu. W mojej opinii wykonywanie takich badań byłoby jednak niepotrzebnym narażaniem dzieci na promieniowanie rentgenowskie, ponieważ korektywność stóp można również dobrze ocenić klinicznie. W miarę możliwości warto jednak zadbać, aby wykonywane zdjęcia

odzwierciedlały rzeczywistą deformację i informować rodziców i pacjentów o konieczności wykonania zdjęcia rentgenowskiego w pozycji zrelaksowanej, aby ułatwić odpowiednie planowanie przedoperacyjne i dobór techniki korekcji deformacji. Słabym punktem oceny klinicznej koślawości stępu jest to, że jest mało precyzyjna, koślawość stępu mierzona nawet za pomocą kątomierza na fotografii wykazuje dużą zmienność pomiędzy badaczami, a wartości oceniane tą metodą nie korelują z wartościami ocenianymi obiektywnie w badaniach radiologicznych, nawet jeśli ocena kliniczna wykonywana jest przez doświadczonych badaczy (86). Stąd w trakcie badania drugiej grupy pacjentów posługiwaliśmy się obiektywną miarą koślawości stępu jaką jest ocena radiologiczna za pomocą projekcji Saltzman (66). Technika ta również ma swoje ograniczenia – nieprawidłowa rotacja stopy podczas badania ma wpływ na widoczną w rentgenogramach konfigurację stępu, co może wprowadzić w błąd podczas analizy przed i pooperacyjnej.

Im więcej składowych deformacji płasko-koślawej, np. załamanie łuku na wysokości kości klinowatej lub utrwalona supinacja przodostopia tym większe ryzyko braku zadowalającej korekcji stopy po zabiegu. W takich przypadkach artrozyzę można wykonać jako procedurę dodatkową, towarzyszącą korekcji deformacji przodostopia, np. osteotomii kości klinowatej przyśrodkowej.

Opisane techniki korekcji stóp płasko-koślawych obejmują m.in. osteotomie kości piętowej i kości klinowatej. Artrozyza stawu skokowego dolnego jest zabiegiem innego typu, jest mniej inwazyjną procedurą, nie zmieniamy anatomii stopy, a implant wprowadzany jest pozastawowo. Stosowane implanty zmieniały się na przestrzeni lat – od bloczków kostnych, poprzez implanty silikonowe, biowchłaniające, metalowe śruby wkręcane w kość piętową (technika calcaneo-stop), aż po obecnie najszerzej stosowane implanty tytanowe wprowadzane do zatoki stępu, czasem aż do kanału stępu. Najpopularniejsze obecnie techniki operacyjne korekcji stóp płasko-koślawych to artrozyza oraz wydłużenie kości piętowej. Obie techniki zapewniają istotną poprawę mierzonych parametrów radiologicznych, w badaniach porównawczych nie wykazano wyższości jednej techniki nad drugą (87).

Osteotomia wydłużająca kości piętowej jest powszechnie akceptowaną techniką służącą do korekcji stóp płasko-koślawych objawowych, zwłaszcza z tzw. skróceniem bocznej kolumny stopy, czyli w stopach, w których stwierdza się znaczne odwiedzenie przodostopia. Dostępne są prace opisujące dobre wyniki funkcjonalne po tym zabiegu, ale pojawiają się również prace opisujące możliwe powikłania tej techniki operacyjnej występujące po przekorygowaniu, czyli nadmiernym wydłużeniu bocznej kolumny pod postacią

wcześniejszych zmian zwyrodnieniowych stawu piętowo-sześciennego i zmęzeniowych złamań V kości śródstopia(88,89). Ponadto dostępne są prace określające różnice w pomiarach radiologicznych stóp płasko-koślawych objawowych i bez objawowych (44,47,90) i istotną statystycznie różnicę, jak już wcześniej wspomniano, stanowiły parametry opisujące podwichnięcie kości skokowej, przede wszystkim kąt pokrycia kości skokowej przez łódkowatą oraz kąt deklinacji kości skokowej oraz kąt Meary. We wspomnianych pracach pomiary dotyczące bocznej kolumny stopy nie różniły się pomiędzy grupami badanymi. Z tego względu artroryza, jako zabieg ograniczający nadmierną patologiczną ruchomość kości skokowej, ale nie zmieniająca anatomii stopy wydaje się być bardziej fizjologicznym zabiegiem, rodzajem wewnętrznej ortezy blokującej nadmierną koślawość stępu.

W porównaniu do zabiegu osteotomii kości piętowej zabieg artroryzy jest małoinwazyjny, łatwiejszy do wykonania, chętniej akceptowany przez dzieci i ich rodziców, umożliwia szybszy powrót pacjenta do pełnej aktywności, nie ma konieczności stosowania unieruchomienia i wymaga krótszej hospitalizacji. Zaletą jest również potencjalna odwracalność zabiegu – w razie dolegliwości lub niedostatecznej korekcji możliwe jest usunięcie lub wymiana implantu, a w razie stwierdzenia wskazań nawet wykonanie zabiegów kostnych.

W naszej praktyce stosujemy na co dzień 2 typy implantów tytanowych – implant stożkowy do zatoki stępu Midlock/ LIT oraz implant przedłużony do zatoki i kanału stępu ChM. Każdy z nich ma swoją specyfikę, ale w chwili obecnej brak danych przemawiających na korzyść jednego z nich, wybór zależy od preferencji operatora.

W piśmiennictwie brakuje publikacji porównujących wyniki leczenia operacyjnego przy pomocy różnych implantów. Jedną z niewielu jest praca Vogta i jego zespołu opublikowana w 2021 roku, porównująca wyniki leczenia operacyjnego stóp płasko-koślawych objawowych za pomocą artroryzy wykonywanej przy użyciu śruby wprowadzanej w kość piętową (CS) oraz 2 typów implantów podskokowych – niewchłanialnego implantu tytanowo-silikonowego Kalix (Newdeal) oraz biowchłanialnego implantu Gianniniego (Stryker-Howmedica) (91). Niestety w pracy tej nie stosowano implantów całkowicie tytanowych do zatoki stępu, jakie używane są w naszym ośrodku. We wszystkich grupach uzyskano podobne wyniki radiologiczne i pedobarograficzne po zabiegu, natomiast grupy różniły się między sobą częstością i rodzajem powikłań. W grupie pacjentów operowanych przy pomocy SESA (CS) częściej występowało powikłanie pod postacią przykurczu mięśni strzałkowych, natomiast w grupach, w których stosowano implanty do zatoki stępu częściej występowały powikłania związane z przemieszczeniem implantu i dolegliwościami bólowymi w jego okolicy.

Niewielka ilość publikacji porównujących między sobą różne rodzaje implantów pozostawia pole do kolejnych badań. Każda z technik ma swoje wady i zalety. Technika CS niesie ze sobą mniejsze ryzyko przemieszczenia / obłuzowania implantu, jest potencjalnie tańsza – nie wymaga stosowania implantów dedykowanych do zatoki stępu, można wykonać ją za pomocą tradycyjnej śruby kaniulowanej. Z drugiej strony w technice CS trudniej jest wprowadzić implant w odpowiednie miejsce, wymaga to pewnego doświadczenia operatora. Implant wprowadzany jest w kość piętową – w przypadku wprowadzenia stycznie do warstwy korowej zbyt blisko niej możliwe jest wyłamanie warstwy korowej kości. Z kolei implanty wprowadzane do zatoki stępu mają większe ryzyko przemieszczenia, są droższe, ale zabieg nie narusza tkanki kostnej, przez co jest mniej inwazyjny. W przypadku tej techniki dostępne są również przymiary pozwalające na dobór wielkości implantu, podczas gdy w technice CS decyduje głębokość wprowadzenia śruby, korekcja jest w pełni zależna od doświadczenia operatora. Postępowanie pooperacyjne w przypadku technik CS oraz STI nie różni się od siebie.

Dla STI brakuje prac opisujących jak długo pozostawić implant u dziecka przy braku dolegliwości – dla techniki calcaneo-stop Pellegrin ocenił, że jeśli zabieg zostanie wykonany w wieku 10-13 lat, to po 2 latach od zabiegu po usunięciu implantu utrata korekcji nie przekracza 10% (76). Gdyby w podobny sposób zachowywały się stopy operowane techniką STI (a na podstawie dostępnych danych i naszych doświadczeń można założyć, że efekt zabiegu nie zależy od stosowanej techniki), to byłby to dodatkowy argument przemawiający za korekcją stóp płasko-koślawych właśnie tą techniką – byłby to mało inwazyjny i odwracalny zabieg dający możliwość uzyskania trwałej korekcji, bez narażania dziecka na rozległe procedury operacyjne, unieruchomienie, dłuższą hospitalizację, a nie wymagający pozostawienia implantu na całe życie dziecka. Pod tym względem przewagę mają implanty biowchłanialne, które dodatkowo nie wymagają usunięcia, za to częściej dają powikłania miejscowe związane z podrażnieniem tkanek w okolicy implantu.

Celem leczenia pacjenta powinno być zniesienie dolegliwości i w przypadku występowania deformacji taka jej korekcja, która ograniczy ryzyko powstawania wtórnych deformacji i zmian zwyrodnieniowych. Artroryza podskokowa jest dobrym narzędziem korygującym koślawość stępu i ograniczającym dyslokację podskokową, ale przy współistniejącej deformacji w obrębie dalszej części stępu lub przodostopia nie osiągnie się dobrej korekcji wady. Stąd podczas badania stóp płasko-koślawych konieczna jest staranna ocena ewentualnie współistniejących utrwalonych deformacji przodostopia, np. utrwalonej supinacji, odwiedzenia przodostopia na skutek skrócenia bocznej kolumny. W przypadku stwierdzenia towarzyszących deformacji

możliwe jest wykonanie artrozy razem z innymi procedurami, np. osteotomią kości klinowatej przysródkowej. Kluczem do dobrego wyniku jest skrupulatna ocena deformacji i kwalifikacja do odpowiednich procedur operacyjnych, a ta stwarza pewne problemy związane np. brakiem doświadczenia lekarzy operujących. Mała inwazyjność zabiegu i niska częstość powikłań stanowią jego główne zalety i sprzyjają jego nadużywaniu również w stopach bezobjawowych, stąd kontrowersje w środowisku ortopedów dziecięcych co do zasadności wykonywania zabiegu artrozy. Wątpliwości dotyczą przede wszystkim kwalifikacji do leczenia stóp płasko-koślawych bez współistniejących dolegliwości bólowych, Rodzice łatwiej godzą się na wykonanie małego zabiegu związanego z krótkim czasem hospitalizacji oraz szybkim powrotem do pełnej aktywności w przeciwieństwie do innych stosowanych w przypadku stóp płasko-koślawych procedur np. osteotomii kości piętowej. W przypadku, kiedy operowane są stopy płasko-koślawe bezobjawowe mogą pojawić się zarzuty, jakoby zabieg wykonywany był ze względów kosmetycznych.

Martinelli zbadał wpływ artrozy na aktywność sportową u 49 dzieci w wieku około 11 lat, z okresem obserwacji około 5 lat (92). Wskazaniem do zabiegu były nie tylko dolegliwości bólowe stóp, ale również uczucie ucisku w okolicy obniżonego łuku przysródkowego czy zaburzenia chodu. W 2 walidowanych skalach CHQ oraz OxAFQ oceniali oni zmianę w obrębie sfery emocjonalnej, dopasowania obuwia oraz aktywności w szkole i podczas zabawy. Z zabiegu zadowolonych było 89% rodziców. Rodzice najczęściej zgłaszali poprawę samopoczucia dziecka oraz zmniejszenie problemów z doborem lub niszczeniem obuwia. Spośród operowanych wszyscy byli w różnym stopniu aktywni sportowo przed zabiegiem. Po zabiegu 91% pacjentów wróciło do aktywności sprzed zabiegu, 5 z nich wróciło do aktywności na niższym poziomie intensywności, 8 pacjentów zwiększyło poziom aktywności sportowej. Na podstawie tego badania można stwierdzić, że artroza nie wpływa w istotny sposób na aktywność sportową dzieci, ale zmniejsza ich dyskomfort psychiczny, zmniejsza dolegliwości bólowe oraz likwiduje problemy z doborem obuwia.

Głównym celem leczenia stóp generalnie powinno być zniesienie dolegliwości bólowych, dobrane tak, aby nie upośledzać funkcji stopy w dłuższej perspektywie, co podkreślał w swojej pracy Moraleta (44). Dotyczy to również stóp płasko-koślawych. Naszym zdaniem pomimo tego, że nie u wszystkich pacjentów uzyskano pełną korekcję deformacji wyrażoną normalizacją mierzonych parametrów to zabieg artrozy może być rozważany jako zabieg do wykonania w pierwszej kolejności, jeśli leczenie zachowawcze stóp płasko-koślawych statycznych za pomocą wkładek jest nieskuteczne. Ma to swoje uzasadnienie w niedużej

częstości powikłań oraz wysokiej satysfakcji pacjentów z wyników zabiegu. Szczególnie dobre wyniki uzyskuje się u pacjentów z podskokowym typem deformacji, co powinno stanowić kryterium kwalifikacji do zabiegu. W innych przypadkach uzasadnione może być uzupełnienie o procedury dodatkowe lub wybranie innej techniki operacyjnej.

Jeśli chodzi o wiek, w którym powinno się wykonać zabieg artrozyzy kwestia pozostaje otwarta. Zakładając, że stopa kształtuje się do ok. 10 roku życia można spodziewać się, że wyniki zabiegu wykonanego wcześniej mogą nie być trwałe. Potwierdza to badanie Kubo, który ocenił wyniki leczenia operacyjnego techniką calcaneo-stop i stwierdził, że optymalnym wiekiem do wykonania zabiegu jest 9-12 rok życia (93). Zabiegi wykonywane u młodszych pacjentów nie odnosiły trwałego efektu, wada nawracała. Podobne wyniki uzyskano w grupie, w której zabiegi wykonywane były po 13 roku życia.

Morfologia stopy płasko-koślawej u dorosłych przypomina tą spotykaną u dzieci. U dorosłych często związana jest ona z niewydolnością mięśnia piszczelowego tylnego, ale mówi się również o postępującej niewydolności więzadłowej, np. spring ligament, więzadła trójkątnego przysródkowego czy więzadła międzykostnego skokowo-piętowego (94). Ściągno mięśnia piszczelowego tylnego jest kluczowe podczas chodu, ponieważ jako główny mięsień odpowiadający za inwersję stopy sprawia, że staw podskokowy „blokuje się” w supinacji, sprawiając, że stopa staje się sztywną dźwignią umożliwiającą efektywne wybiecie się stopy. Jak już wcześniej wspomniano, jest udowodnione, że w stopach płasko-koślawych mięsień piszczelowy tylny wykonuje większą pracę. Ze względu na niewydolność struktur więzadłowych przy nadmiernej koślawości stępu mięsień piszczelowy tylny musi wykonać większą pracę, aby zeszpotać piętę i zablokować kompleks podskokowy. Stąd można pokusić się o stwierdzenie, że stopy płasko-koślawe o dużej deformacji nawet bezobjawowe w dzieciństwie, na skutek przewlekłego przeciążenia mięśnia piszczelowego tylnego mogą rozwinać się w objawowe stopy płasko-koślawe u dorosłych. Wydaje się logiczne, że przewlekłe przeciążenie mięśnia piszczelowego tylnego oraz nadmierne rozciąganie przysródkowo – podeszwowych struktur stabilizujących łuk podłużny, takich jak spring ligament, mogą prowadzić do uszkodzeń, przewlekłych stanów zapalnych lub nawet zerwania tych struktur. Niestety w dostępnym piśmiennictwie nie znalazłam pracy, która potwierdzałaby, że znaczna dyslokacja podskokowa w nieskorygowanych spontanicznie stopach płasko-koślawych „fizjologicznych” może prowadzić bezpośrednio do niewydolności mięśnia piszczelowego tylnego, tzw. nabytej stopy płasko-koślawej u dorosłych. Pomimo tego wykonywanie zabiegu artrozyzy wydaje się być uzasadnione nawet w przypadkach

bezobjawowych ze znaczną dyslokacją podskokową, niejako profilaktycznie. Jeśli wykonamy zabieg w wieku 10-13 lat możemy oczekiwać, że nawet jeśli z jakiegoś powodu zaistnieje konieczność usunięcia implantu, to i tak nie utracimy całej uzyskanej pooperacyjnie korekcji.

Deformację płasko-koślawą można traktować jak inne zaburzenia z grupy deformacji osiowych kończyn – np. nadmiernej koślawości kolan, ponieważ wszelkie zaburzenia osiowe wpływają na oś mechaniczną kończyny i mogą mieć wpływ na rozwój wcześniejszych zmian zwyrodnieniowych czy dolegliwości bólowych w przeciążanych obszarach.

Artroryza nie zawsze jest dobrym rozwiązaniem w leczeniu stóp płasko-koślawych objawowych. Kwalifikacja do zabiegu powinna opierać się na starannym badaniu pacjenta, korektywności jego stóp, obecności znacznej wiotkości, deformacji strukturalnych itp.

Podsumowując, po przeprowadzeniu niniejszej analizy problemu dotyczącego zasadności wykonywania zabiegu artroryzy u dzieci można ustalić następujące kryteria kwalifikacji pacjenta do zabiegu:

1. Pacjent ze stopami płasko-koślawymi statycznymi objawowymi.
2. Klinicznie zaznaczona dyslokacja podskokowa, weryfikowana w obrazach rtg. Kąt Meary minimum 10 st., szczyt podeszwowo na projekcji bocznej. Kąt pokrycia kości skokowej przez kość łódkowatą > 7 st. w projekcji AP. Należy jednak pamiętać o tym, że parametry radiologiczne mogą zależeć od tego, czy pacjent był w pozycji zrelaksowanej czy aktywnej. Stąd parametry radiologiczne są względne, wymagają porównania z obrazem klinicznym, ew. powtórzenia dobrego technicznie badania.
3. Obowiązkowa ocena korektywności przodostopia, w razie potrzeby dodatkowo osteotomia kości klinowatej przyśrodkowej.

6. WNIOSKI

1. Artroryza w istotny statystycznie sposób wpływa na badane parametry radiologiczne, zmieniając przede wszystkim wartości kątów oceniających położenie kości skokowej – kąt skokowo-śródstopny I w obu projekcjach, kąt deklinacji kości skokowej oraz kąt pokrycia kości skokowej przez kość łódkowatą.
2. Artroryza nie wpływa w sposób istotny statystycznie na parametry podoskopowe, chociaż ulegają one niewielkiej poprawie (istotność $p=0,002-0,003$).
3. Artroryza w sposób istotny statystycznie wpływa na sposób obciążenia stopy podczas chodzenia – w pedobarografii dynamicznej zmniejsza się obciążenie przyśrodkowej części stopy, zwiększa obciążenie bocznej powierzchni. W pedobarografii statycznej widoczne jest istotne statystycznie zwiększenie obciążenia bocznej części śródstopia, a zmniejszenie obciążenia przyśrodkowej części midfoot.
4. Dobór implantu wymaga doświadczenia operatora (jak w przypadku każdego zabiegu występuje krzywa uczenia, patrz początkowe wyniki i niedokorygowanie).
5. Artroryza podskokowa jest dobrym narzędziem korygującym koślawość stępu i ograniczającym dyslokację podskokową.

STRESZCZENIE

Wstęp

Stopa płasko-koślawą u dzieci jest często spotykanym zjawiskiem. Większość stóp płasko-koślawych koryguje się samoistnie wraz z wiekiem pacjenta i pozostaje bezobjawowa. Jednak w pewnej niedużej części przypadków rozwijają się dolegliwości bólowe. Leczenie tych pacjentów, zwłaszcza operacyjne, pozostaje tematem dyskusji wśród ortopedów dziecięcych.

Cel pracy

Celem niniejszej pracy była ocena wyników leczenia operacyjnego stóp płasko koślawych za pomocą artoryzy z użyciem implantu tytanowego wprowadzanego do zatoki stępu – w jaki sposób zabieg wpływa na operowane stopy oraz czy pacjenci zadowoleni są z wyników leczenia.

Materiał i metody

Do analizy posłużono się danymi 60 pacjentów, z czego grupa 1 (30 pacjentów, 41 stóp) przebadana była prospektywnie. U każdego pacjenta zarówno przed jak i po zabiegu operacyjnym wykonywano badanie kliniczne, pedobarografię statyczną oraz dynamiczną, podoskopię oraz wykonywano diagnostykę obrazową pod postacią radiogramów. Oceniono również satysfakcję pacjentów w krótkiej ankiecie. W rtg obu stóp na stojąco w projekcji AP oraz bocznej oceniano kąt skokowo-śródstopny I, kąt deklinacji kości skokowej, kąt inklinacji kości piętowej oraz kąt piętowo-śródstopny V. W grupie 2 (również 30 pacjentów, 30 stóp) przebadanej retrospektywnie oceniono przed oraz pooperacyjne obrazy rtg, uzupełniając diagnostykę o projekcję Saltzmana.

Wyniki

Analiza danych wykazała, że po zabiegu uzyskano istotną statystycznie ($p < 0,001$) zmianę wszystkich badanych parametrów radiologicznych z wyjątkiem kąta piętowo-śródstopnego V. Największą zmianę zaobserwowano dla kątów: skokowo-śródstopnego I w obu projekcjach oraz dla kąta deklinacji kości skokowej – średnia zmiana wartości tych kątów wynosiła średnio ok. 11 st. Dla kąta pokrycia kości skokowej przez łódkowatą zmiana ta była również istotna statystycznie i wynosiła średnio ok. 13 st. W badaniu pedobarografii dynamicznej wykazano istotne statystycznie wydłużenie fazy kontaktu przodostopia po zabiegu. Wykazano istotne statystycznie zwiększenie obciążania bocznego brzegu stopy wraz ze zmianą dystrybucji obciążeń podeszwy stopy – zmniejszenie kontaktu obszaru

przyśrodkowego i zwiększenie obciążenia bocznego obszaru stopy po zabiegu. Podczas analizy pedobarografii statycznej uzyskano istotne statystycznie zwiększenie kontaktu bocznego obszaru śródstopia. W badaniu na podoskopię zaobserwowano poprawę badanych parametrów na poziomie istotności statystycznej 0,002-0,003. Minimum 6 miesięcy od zabiegu powikłania pod postacią dolegliwości bólowych w okolicy zatoki stępu występowały u 4 osób (14%), przy czym u 2 były to dolegliwości przy chodzeniu oraz u 2 bóle pojawiały się tylko po dłuższym wysiłku. Pozostali pacjenci, badani minimum 6 miesięcy od zabiegu, nie zgłaszali żadnych dolegliwości związanych z obecnością implantu. W grupie badanej nie wystąpiły powikłania zapalne, niewielkie dolegliwości miejsca operowanego ustępowały w większości przypadków w ciągu 3 miesięcy od zabiegu.

Wnioski

Artroryza podskokowa jest dobrym narzędziem korygującym koślawość stępu i ograniczającym dyslokację podskokową. Jest to zabieg, który u pacjentów ze stopami płasko-koślawymi o określonych cechach daje bardzo dobre efekty z wysokim poziomem satysfakcji pacjenta oraz rodziców po zabiegu oraz niską częstością powikłań. Nie jest to jednak zabieg uniwersalny, istotna jest odpowiednia kwalifikacja do zabiegu.

SUMMARY

Introduction

Idiopathic flexible flatfoot in children is a common condition which most frequently improves with age and remains asymptomatic. In some, small number of cases, this condition is more severe, may cause mechanical impairment or pain. The aim of this research was to evaluate the results of surgical treatment of symptomatic flexible flatfeet with subtalar titanium screw arthroereisis using radiographs, footprint analysis, dynamic and static pedobarography and regarding also patient satisfaction after surgery.

Material and methods

60 patients (71 feet, mean age 10) with symptomatic idiopathic flexible flatfoot were included in this study. Half of them – 30 patients, were examined prospectively. Standing radiographs, static and dynamic footprint analysis was performed and foot health survey was administered for each patient before surgery and after minimum 6 months follow-up. The other group of patients – also 30 of them were analysed retrospectively – standing radiographs before and after surgery were evaluated, without clinical examination.

Results

Significant improvement of radiographic parameters and foot positioning during standing and walking was found, persistent pain in sinus tarsi region was claimed by 4 patients (13%). We established no overcorrections or inflammatory complications in our study group.

Conclusions

Subtalar arthroereisis is minimal-invasive and effective method of surgical treatment of flexible flatfoot with low complication and high satisfaction rate and should be considered as the first line surgical treatment in symptomatic cases.

PIŚMIENNICTWO

1. Harris EJ, Vanore J V., Thomas JL, Kravitz SR, Mendelson SA, Mendicino RW, et al. Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. *J Foot Ankle Surg.* 2004;
2. Rome K, Ashford RL, Evans A. Non-surgical interventions for paediatric pes planus. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010;
3. Napiontek M, Ciszek B, Ławniczak D, Walczak M, Burakowski W, Józwiak M, et al. Stopa dziecięca w praktyce ortopedy. *Stopa dziecięca w praktyce ortopedy.* 2021.
4. Karol LA. Gait analysis. In: Herring JA, ed *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics.* 2014.
5. Scott SH, Winter DA. Talocrural and talocalcaneal joint kinematics and kinetics during the stance phase of walking. *J Biomech.* 1991;24(8).
6. Stagni R, Leardini A, O'Connor JJ, Giannini S. Role of passive structures in the mobility and stability of the human subtalar joint: A literature review. Vol. 24, *Foot and Ankle International.* 2003.
7. Ghanem I, Massaad A, Assi A, Rizkallah M, Bizdikian AJ, El Abiad R, et al. Understanding the foot's functional anatomy in physiological and pathological conditions: The calcaneopedal unit concept. *J Child Orthop.* 2019;13(2):134–46.
8. Mosca VS. Flexible flatfoot in children and adolescents. *J Child Orthop.* 2010;4(2):1–15.
9. Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Jt Surg - Ser A.* 1987;69(3):426–8.
10. 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(1).
11. Hegazy FA, Aboelnasr EA, Salem Y, Zaghloul AA. Validity and diagnostic accuracy of foot posture Index-6 using radiographic findings as the gold standard to determine paediatric flexible flatfoot between ages of 6–18 years: A cross-sectional study. *Musculoskelet Sci Pract.* 2020;46(January).
12. Niedzielski KR, Zwierzchowski H. Epidemiologia stóp płasko-koślawych sta- tycznych u dzieci w aglomeracji łódzkiej. *Chir Narz Ruchu Ortop.* 1992;

13. Evans AM, Rome K. A cochrane review of the evidence for non-surgical interventions for flexible pediatric flat feet. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2011.
14. Halabchi. *_Pediatric Flexible Flatfoot Clinical Aspects_*2013. 2013;1(3):247–60.
15. Dunn JE, Link CL, Felson DT, Crincoli MG, Keysor JJ, McKinlay JB. Prevalence of Food and Ankle Conditions in a Multiethnic Community Sample of Older Adults. *Am J Epidemiol*. 2004;159(5).
16. Golightly YM, Hannan MT, Dufour AB, Jordan JM. Racial differences in foot disorders and foot type. *Arthritis Care Res*. 2012;64(11).
17. HARRIS RI, BEATH T. Hypermobile flat-foot with short tendo achillis. *J Bone Joint Surg Am*. 1948;
18. García-Rodríguez A, Martín-Jiménez F, Carnero-Varo M, Gómez-Gracia E, Gómez-Aracena J, Fernández-Crehuet J. Flexible flat feet in children: a real problem? *Pediatrics* [Internet]. 1999;103(6):e84. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10353981>
19. Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of Flat Foot in Preschool-Aged Children. *Pediatrics* [Internet]. 2006;118(2):634–9. Available from: <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/doi/10.1542/peds.2005-2126>
20. Uden H, Scharfbillig R, Causby R. The typically developing paediatric foot: How flat should it be? A systematic review. Vol. 10, *Journal of Foot and Ankle Research*. 2017.
21. Halabchi F, Mazaheri R, Mirshahi M, Abbasian L. Pediatric flexible flatfoot; Clinical aspects and algorithmic approach. *Iran J Pediatr*. 2013;23(3):247–60.
22. Stolzman S, Irby MB, Callahan AB, Skelton JA. Pes planus and paediatric obesity: a systematic review of the literature. *Clin Obes* [Internet]. 2015;5(2):52–9. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/cob.12091>
23. 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. Vol. 11, *Journal of Foot and Ankle Research*. 2018.
24. 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 Jt Surg - Ser A*. 1989;71(6):800–10.
25. 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):378–82.
 26. 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):424–8.
 27. Gould N, Moreland M, Alvarez R, Trevino S, Fenwick J. Development of the child's arch. *Foot Ankle*. 1989;9(5):241–5.
 28. Vanderwilde R, Staheli LT, Chew DE, Malagon V. Measurements on radiographs of the foot in normal infants and children. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 1988;70(3).
 29. Sobel E, Levitz S, Caselli M, Brentnall Z, Tran MQ. Natural history of the rearfoot angle: Preliminary values in 150 children. *Foot Ankle Int*. 1999;20(2).
 30. Walczak M, Mistowska E. Ocena wpływu wybranych parametrów morfologicznych na występowanie stopy płasko-koślawej u dzieci. *Now Lek*. 2008;77(5):343–6.
 31. Hell A, Döderlein L, Eberhardt O, Hösl M, von Kalle T, Mecher F, et al. S2-Leitlinie: der kindliche Knick-Senk-Fuß. *Z Orthop Unfall*. 2018;156(03).
 32. Jane MacKenzie A, Rome K, Evans AM. The efficacy of nonsurgical interventions for pediatric flexible flat foot: A critical review. *J Pediatr Orthop*. 2012 Dec;32(8):830–4.
 33. 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(6).
 34. Tudor A, Ruzic L, Sestan B, Sirola L, Prpić T. Flat-footedness is not a disadvantage for athletic performance in children aged 11 to 15 years. *Pediatrics*. 2009;123(3).
 35. 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 Feb 1;13(2).
 36. Kothari A, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. Health-related quality of life in children with flexible flatfeet: a cross-sectional study. *J Child Orthop*. 2014;8(6).
 37. Dars S, Uden H, Kumar S, Banwell HA. When, why and how foot orthoses (FOs) should

- be prescribed for children with flexible pes planus: A Delphi survey of podiatrists. *PeerJ*. 2018;2018(4).
38. Menz HB, Munteanu SE, Zammit G V., Landorf KB. Foot structure and function in older people with radiographic osteoarthritis of the medial midfoot. *Osteoarthr Cartil*. 2010;
 39. Choi JY, Lee DJ, Kim SJ, Suh JS. Does the long-term use of medial arch support insole induce the radiographic structural changes for pediatric flexible flat foot? — A prospective comparative study. *Foot Ankle Surg* [Internet]. 2020 Jun 1;26(4):449–56. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fas.2019.05.017>
 40. Choi JY, Kim MJ, Suh JS. The Long-Term Structural Effect of Orthoses for Pediatric Flexible Flat Foot: A Systematic Review. *Foot Ankle Orthop*. 2019;4(4):2473011419S0014.
 41. Mereday C, Dolan CM, Lusskin R. Evaluation of the University of California Biomechanics Laboratory shoe insert in “flexible” pes planus. *Clin Orthop Relat Res*. 1972;
 42. Mosca VS. Flexible flatfoot and skewfoot. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 1995;
 43. Rodriguez N, Volpe RG. Clinical Diagnosis and Assessment of the Pediatric Pes Planovalgus Deformity. Vol. 27, *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*. 2010. p. 43–58.
 44. Moraleda L, Mubarak SJ. Flexible flatfoot: Differences in the relative alignment of each segment of the foot between symptomatic and asymptomatic patients. *J Pediatr Orthop*. 2011 Jun;31(4):421–8.
 45. Bourdet C, Seringe R, Adamsbaum C, Glorion C, Wicart P. Flatfoot in children and adolescents. Analysis of imaging findings and therapeutic implications. *Orthop Traumatol Surg Res* [Internet]. 2013 Feb;99(1):80–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2012.10.008>
 46. Murley GS, Menz HB, Landorf KB. A protocol for classifying normal- and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. *J Foot Ankle Res*. 2009;2(1):1–13.
 47. Pehlivan O, Cilli F, Mahirogullari M, Karabudak O, Koksall O. Radiographic correlation of symptomatic and asymptomatic flexible flatfoot in young male adults. *Int Orthop*.

- 2009;33(2).
48. Evans D. Calcaneo valgus deformity. *J Bone Jt Surg - Ser B*. 1975;57(3).
 49. Mosca VS. Calcaneal lengthening for valgus deformity of the hindfoot: Results in children who had severe, symptomatic flatfoot and skewfoot. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 1995;77(4):500–12.
 50. Rathjen KE, Mubarak SJ. Calcaneal-cuboid-cuneiform osteotomy for the correction of valgus foot deformities in children. *J Pediatr Orthop*. 1998 Nov;18(6):775–82.
 51. Kim JR, Kim KB, Chong SW, Ham DH, Wang S II. Treatment outcomes at skeletal maturity after calcaneo-cuboid-cuneiform osteotomy for symptomatic flatfoot deformity in children. *CiOS Clin Orthop Surg*. 2020;12(2).
 52. Koutsogiannis E. Treatment of mobile flat foot by displacement osteotomy of the calcaneus. *J Bone Joint Surg Br*. 1971;
 53. Jahss MH, Donald Mauldin JR. Disorders of the Foot, Vols. I and II. *J Pediatr Orthop*. 1983;
 54. Bernasconi A, Lintz F, Sadile F. The role of arthroereisis of the subtalar joint for flatfoot in children and adults. *EFORT Open Rev*. 2017;2(11):438–46.
 55. H. V. McGlamry's Comprehensive Textbook of Foot and Ankle Surgery (2-Volume Set) • Alan S. Banks, Micheal S. Downey, Dennis E. Martin, Stephen J. Miller • Lippincott Williams & Wilkins • 2001 • ISBN-10: 0683304712 • ISBN-13: 978-0683304718. Vol. 2, Foot & Ankle Specialist. 2009.
 56. Roth S, Sestan B, Tudor A, Ostojic Z, Sasso A, Durbesic A. Minimally invasive calcaneo-stop method for idiopathic, flexible pes planovalgus in children. *Foot Ankle Int*. 2007;28(9).
 57. Uselli FG, Montrasio UA. The Calcaneo-Stop Procedure. Vol. 17, Foot and Ankle Clinics. 2012. p. 183–94.
 58. Giannini S, Cadossi M, Mazzotti A, Persiani V, Tedesco G, Romagnoli M, et al. Bioabsorbable Calcaneo-Stop Implant for the Treatment of Flexible Flatfoot: A Retrospective Cohort Study at a Minimum Follow-Up of 4 Years. *J Foot Ankle Surg*. 2017;56(4).

59. Metcalfe SA, Bowling FL, Reeves ND. Subtalar joint arthroereisis in the management of pediatric flexible flatfoot: A critical review of the literature. *Foot Ankle Int.* 2011;32(12):1127–39.
60. De Pellegrin M, Moharamzadeh D, Strobl WM, Biedermann R, Tschauner C, Wirth T. Subtalar extra-articular screw arthroereisis (SESA) for the treatment of flexible flatfoot in children. *J Child Orthop.* 2014;
61. Richter M, Zech S. Arthrorisis with calcaneostop screw in children corrects talo-1st metatarsal-index (TMT-index). *Foot Ankle Surg [Internet].* 2013;19(2):91–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fas.2012.11.008>
62. De Pellegrin M. Die subtalare schrauben-arthrorise beim kindlichen plattfuß. *Orthopade.* 2005;34(9):941–54.
63. Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. Is the foot structure of preschool children moderated by gender? *J Pediatr Orthop.* 2008;
64. Smits-Engelsman B, Klerks M, Kirby A. Beighton score: A valid measure for generalized hypermobility in children. *J Pediatr.* 2011;158(1).
65. Davids JR, Gibson TW, Pugh LI. Quantitative segmental analysis of weight-bearing radiographs of the foot and ankle for children: Normal alignment. *J Pediatr Orthop.* 2005;
66. Saltzman CL, El-Khoury GY. The hindfoot alignment view. *Foot Ankle Int.* 1995;16(9):572–6.
67. Dagneaux L, Moroney P, Maestro M. Reliability of hindfoot alignment measurements from standard radiographs using the methods of Meary and Saltzman. *Foot Ankle Surg [Internet].* 2017; Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fas.2017.10.018>
68. Coughlin MJ, Mann RA, Saltzman CL. *Surgery of the foot and ankle.* 8th ed. Philadelphia: Mosby; 2007.
69. Hernandez AJ, Kimura LK, Laraya MHF, Fávaro E. Calculation of staheli's plantar arch index and prevalence of flat feet: A study with 100 children aged 5-9 years. *Acta Ortop Bras.* 2007;
70. Szczepanowska-Wołowiec B, Sztandera P, Kotela I, Zak M. Assessment of the foot's longitudinal arch by different indicators and their correlation with the foot loading

- paradigm in school-aged children: A cross sectional study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(10).
71. Tashiro Y, Fukumoto T, Uritani D, Matsumoto D, Nishiguchi S, Fukutani N, et al. Children with flat feet have weaker toe grip strength than those having a normal arch. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(11).
 72. Galiński J, Piejko A, Zieliński J. Przegląd wybranych metod oceny stanu stóp człowieka. *Wych Fiz i Zdrowotne*. 1996;1:36–40.
 73. Jolanta P, Valeriy E. The effect of foot orthotics on arch height: Prediction of arch height correction in flat-foot children. *Biocybern Biomed Eng* [Internet]. 2011;31(1):51–62. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0208-5216\(11\)70005-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0208-5216(11)70005-5)
 74. Pauk J, Kuzmierowski T, Ostaszewski M, Daunoraviciene K. The impact of different processing techniques on foot parameters in adults. *J Vibroengineering*. 2017;19(4).
 75. Evans AM, Karimi L. The relationship between paediatric foot posture and body mass index: Do heavier children really have flatter feet? *J Foot Ankle Res* [Internet]. 2015;8(1):1–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s13047-015-0101-x>
 76. De Pellegrin M. 15-jährige Erfahrung mit der subtalaren Schrauben-Arthrorise beim kindlichen Plattfuß. *Fuss und Sprunggelenk*. 2007;5(1):12–20.
 77. Buck FM, Hoffmann A, Mamisch-Saupe N, Espinosa N, Resnick D, Hodler J. Hindfoot alignment measurements: Rotation-stability of measurement techniques on hindfoot alignment view and long axial view radiographs. *Am J Roentgenol*. 2011;197(3).
 78. Bali N, Theivendran K, Prem H. Computed Tomography Review of Tarsal Canal Anatomy with Reference to the Fitting of Sinus Tarsi Implants in the Tarsal Canal. *J Foot Ankle Surg* [Internet]. 2013;52(6):714–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.jfas.2013.07.008>
 79. Mann R, Inman VT. Phasic activity of intrinsic muscles of the foot. *J Bone Joint Surg Am*. 1964;
 80. 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(1):23–8.

81. Corpuz M, Shofler D, Labovitz J, Hodor L, Yu K. Fracture of the Talus as a Complication of Subtalar Arthroereisis. *J Foot Ankle Surg.* 2012;51(1):91–4.
82. Siff TE, Granberry WM. Avascular necrosis of the talus following subtalar arthrorisis with a polyethylene endoprosthesis: A case report. *Foot Ankle Int.* 2000;
83. A.K. R, G. M, S.S. M. Bilateral intraosseous cystic formation in the talus: A complication of subtalar arthroereisis. *J Foot Ankle Surg.* 1998;
84. Scher DM, Bansal M, Handler-Matasar S, Bohne WH, Green DW. Extensive implant reaction in failed subtalar joint arthroereisis: Report of two cases. *HSS J.* 2007;3(2):177–81.
85. Graham ME, Jawrani NT, Chikka A, Rogers RJ. Surgical Treatment of Hyperpronation Using an Extraosseous Talotarsal Stabilization Device: Radiographic Outcomes in 70 Adult Patients. *J Foot Ankle Surg.* 2012;
86. Slullitel G, Álvarez V, Lopez V, Calvi JP, Calvo AB. How Accurate Is Clinical Evaluation in Hindfoot Coronal Alignment? *Foot Ankle Orthop.* 2017;2(4):247301141773156.
87. Chong DY, Macwilliams BA, Hennessey TA, Teske N, Stevens PM. Prospective comparison of subtalar arthroereisis with lateral column lengthening for painful flatfeet. *J Pediatr Orthop Part B.* 2015 Jun 19;24(4):345–53.
88. Xia J, Zhang P, Yang YF, Zhou JQ, Li QM, Yu GR. Biomechanical analysis of the calcaneocuboid joint pressure after sequential lengthening of the lateral column. *Foot Ankle Int.* 2013;34(2).
89. Davitt JS, Morgan JM. Stress fracture of the fifth metatarsal after evans' calcaneal osteotomy: A report of two cases. *Foot Ankle Int.* 1998;19(10).
90. Yan G Sen, Yang Z, Lu M, Zhang JL, Zhu ZH, Guo Y. Relationship between symptoms and weight-bearing radiographic parameters of idiopathic flexible flatfoot in children. *Chin Med J (Engl).* 2013;126(11):2029–33.
91. Vogt B, Toporowski G, Gosheger G, Rölfig JD, Rosenbaum D, Schiedel F, et al. Subtalar arthroereisis for flexible flatfoot in children—clinical, radiographic and pedobarographic outcome comparing three different methods. *Children.* 2021 May 1;8(5).

92. Martinelli N, Bianchi A, Martinkevich P, Sartorelli E, Romeo G, Bonifacini C, et al. Return to sport activities after subtalar arthroereisis for correction of pediatric flexible flatfoot. *J Pediatr Orthop Part B*. 2018;27(1):82–7.
93. Kubo H, Lipp C, Hufeland M, Ruppert M, Westhoff B, Krauspe R, et al. Outcome after subtalar screw arthroereisis in children with flexible flatfoot depends on time of treatment: Midterm results of 95 cases. *J Orthop Sci*. 2020;25(3).
94. Abousayed MM, Alley MC, Shakked R, Rosenbaum AJ. Adult-acquired flatfoot deformity: Etiology, diagnosis, and management. *JBJS Rev*. 2017;5(8).