

Zastosowanie badania pedobarograficznego do oceny biomechaniki stopy i stawu skokowo-goleniowego u osób dorosłych – doświadczenia własne

The Use of Pedobarographic Examination to Biomechanical Evaluation of Foot and Ankle Joint in Adult – Own Experience

Jacek Lorkowski^{1,2}, Oliwia Grzegorowska², Ireneusz Kotela¹

¹ Klinika Ortopedii i Traumatologii, Centralny Szpital Kliniczny MSW w Warszawie, Polska

² Centrum Rehabilitacji „Zdrowie” w Krakowie, Polska

STRESZCZENIE

Pedobarografia jest nieinwazyjną metodą, używaną do opisu rozkładu nacisków na podszwowej stronie stopy podczas stania i chodu, a więc ułatwiającą ocenę biomechaniki głównie stopy i stawu skokowo-goleniowego. Znajduje ona zastosowanie w diagnostyce schorzeń narządu ruchu i w ocenie ich progresji, monitorowaniu przebiegu leczenia rehabilitacyjnego, a także w ocenie skuteczności leczenia operacyjnego. W pracy tej przedstawiono wybrane zagadnienia dotyczące zastosowania pedobarografii w diagnostyce i leczeniu schorzeń stóp i stawu skokowo-goleniowego u osób dorosłych w oparciu o doświadczenia własne (ok. 10 tysięcy wykonanych badań pedobarograficznych) i przegląd literatury. W naszej ocenie, pedobarografia powinna znaleźć powszechniejsze, aniżeli dotychczas, zastosowanie w diagnostyce i leczeniu stóp oraz stawu skokowo-goleniowego.

Słowa kluczowe: narząd ruchu, diagnostyka, naciski, chód

SUMMARY

A non-invasive method, that can be used to describe the underfoot pressure distribution during stance and gait, is pedobarography. This examination helps to describe biomechanics of foot and ankle. It has been used to diagnose foot disorders, assess the disease progression, monitor the progress of rehabilitation and also evaluate the effectiveness of undergone surgical treatment. In this article we describe chosen issues of pedobarographic examination in diagnostics and treatment of foot and ankle in adults. We base on our own experience (about 10 thousand examinations) and review of literature. In our opinion, pedobarography should be used in diagnostics and treatment of foot and ankle more often and widely than now.

Key words: movement system, diagnostics, pressure, gait

WSTĘP

Stopy stanowią element podporowy narządu ruchu. Dla zachowania poprawnej biomechaniki narządu ruchu, konieczne jest utrzymanie w ich obrębie prawidłowych stosunków anatomicznych. Badaniem pomocnym w ich ocenie jest pedobarografia, która określa rozkład nacisków na podszwowej powierzchni stopy w sposób ilościowy i jakościowy, tak podczas stania, jak i chodu. Jest to badanie nieinwazyjne, przeprowadzane na specjalnych platformach z pomocą wkładek barorezystywnych, czy izolowanych sensorów lub bieżni, które zostają obciążone przez chorego w trakcie stania lub chodu. Wynik przedstawiany jest m. in. w formie graficznej w postaci mapy nacisków. Badanie pedobarograficzne ma na celu dokładny opis rozkładu nacisków wraz z określeniem miejsc obciążeń na podszwowej stronie stopy. Z jego pomocą można określić odpowiednie patologie dotyczące stóp, stawów skokowo-goleniowych, stawów kolanowych, stawów biodrowych, a w końcu całego narządu ruchu w przebiegu chorób, czy też fizjologicznego stanu ciąży [1-4].

Wyróżnione zostały trzy rodzaje pedobarografii:

- statyczna, określająca rozkład nacisków na podszwowej stronie stopy w dowolnym momencie stania;
- posturalna, opisująca rozkład nacisków w wybranym przedziale czasowym stania;
- dynamiczna, która obrazuje rozkład nacisków w czasie chodu, opisująca cały proces przetoczenia stopy.

Analizy stóp odnoszą się bardziej do charakterystyki ich elementów strukturalnych, natomiast badanie pedobarograficzne pozwala na biomechaniczną, funkcjonalną ocenę stopy na podstawie rozkładu nacisków na podszwowej stronie stóp. Cavanagh podkreśla, że charakterystyka strukturalna odpowiada jedynie za około 35% rozbieżności jakie pojawiają się pomiędzy zdrowymi osobami w rozkładzie nacisków na podszwie obserwowanych w badaniach dynamicznych [5].

Na podstawie uzyskanych wyników badań na platformie pedobarograficznej, dzięki zastosowaniu odpowiedniego podziału podszwowej strony stopy na strefy (najbardziej popularnymi są podziały wg: Blomgren, Cavanagh'a, Kernozek'a i Stess'a) i dokładnej analizie danych, można opisać charakterystyczny rozkład ciśnień, typowy dla poszczególnych patologii [1,6].

Badanie pedobarograficzne jest badaniem stosowanym od 1947 roku [7]. Pierwsza dostępna praca, występująca ze słowem „pedobarografia” i pojawiająca się podczas wyszukiwania w bazie danych PubMed, pochodzi z 1984 roku. Pomimo ciągłego roz-

woju metodyki tego badania, ilość dostępnych prac pojawiających się w wyszukiwarce dla słowa „pedobarografia” zmniejszyła się w latach dziewięćdziesiątych, aby w latach 2005-2014 ponownie ulec zwiększeniu. Od lat osiemdziesiątych, ze słowem kluczowym „pedobarografia” ukazało się niewiele ponad 100 artykułów, z czego około 50% powstało w ciągu ostatnich pięciu lat (dane przedstawione na podstawie wyników wyszukiwania w bazie danych PubMed dn. 2014.08.20). Podobnie z bazą Cochrane – pedobarografia nie stanowi tu istotnego zagadnienia medycznego, a dotyczące jej prace odnoszą się do deformacji stóp u dzieci (dane przedstawione na podstawie wyników wyszukiwania w bazie danych Cochrane dn. 2014.08.20). Słowo „pedobarografia” nadal nie występuje wśród słów kluczowych słownika terminów medycznych MeSH. Synonimem dla tego słowa nie jest „rozkład nacisków na podszwowej stronie stopy” (ponad 500), ponieważ jest to tylko fragment wyników uzyskiwanych tym badaniem, podobnie jak synonimem nie są inne słowa kluczowe występujące w artykułach dotyczących badania pedobarograficznego. Zmniejsza to łatwość automatycznego wyszukiwania całości wyników badań pedobarograficznych. Przedstawiony poniżej wybór artykułów ma charakter subiektywny. Są to wyniki badań pedobarograficznych, które zdaniem autorów, w oparciu o ich doświadczenie w stosowaniu tej metody diagnostycznej, wydają się ciekawe i znaczące, jednocześnie zaś wnoszą do nauki świeże spojrzenie na możliwości praktycznego zastosowania pedobarografii w codziennej praktyce lekarza ortopedy.

ZASTOSOWANIE PEDOBAROGRAFII

Badanie pedobarograficzne pomaga w analizie biomechanicznej nie tylko stóp, lecz także całego układu kostno-stawowego. Wykorzystywane jest przede wszystkim w ortopedii, chirurgii urazowej oraz rehabilitacji [1,3].

Pedobarografia pierwotnie znalazła zastosowanie, co oczywiste, głównie w ocenie biomechaniki stóp. Statyczne, posturalne i dynamiczne badanie pedobarograficzne stosowano wielokrotnie u pacjentów z koślawym ustawieniem paluchów, m. in. ze względu na powszechność występowania tej wady, dla oceny biomechaniki przed i po leczeniu operacyjnym [1,7,8,9]. U pacjentów z koślawym ustawieniem paluchów badania statyczne wykazują wzrost nacisków średnich i maksymalnych w obszarze stępu i śródstopia. W badaniu posturalnym stwierdza się lateralizację obciążeń oraz wzrost obciążeń pod głowami II, III, IV i V kości śródstopia, w śródstopiu i przedniej części stępu [7]. Natomiast w badaniu dynamicz-

nym wykazano wzrost nacisków maksymalnych pod palcem V oraz na obszarze przedniego przodostopia, a zmniejszenie nacisków pod głowami I-IV kości śródstopia i pod guzem piętowym. Badaniem w EMED-systemie stwierdzono dodatkowo zmniejszenie powierzchni kontaktu podszwowej strony stopy [1]. Wyniki innych badań wskazują na zwiększone wartości nacisków pod głowami II i III kości śródstopia [9]. Różnice w wyżej opisanych wynikach świadczą o pewnej dyskongruencji sposobu prowadzenia pomiarów. Koniecznym jest, aby prowadzono je w ten sam sposób, w takich samych warunkach. Zwrócił na to uwagę jako pierwszy Cavanagh [5]. Ważnym elementem badania pedobarograficznego jest możliwość pooperacyjnej oceny biomechaniki stóp. W tym przypadku ocenie poddano efekt pooperacyjnego leczenia palucha koślawego metodą Kellera. Wykazano wzrost siły nacisku, działającej w obrębie stóp pod II i III kością śródstopia, zmniejszenie nacisku pod paluchem (dla palucha koślawego o 59,7% i dla palucha sztywnego o 63,9%) oraz brak jego kontaktu z podłożem [10]. Typowo w przypadku palucha koślawego stwierdzana jest lateralizacja obciążeń [11].

Poprzez badanie pedobarograficzne i radiologiczne oceniona została skuteczność potrójnej artrodezy stępu w zmianach zwyrodnieniowych tyłostopia z towarzyszącymi silnymi dolegliwościami bólowymi. Wykazano jedynie wzrost nacisków w przedniej części stępu oraz niewielką koślawość tyłostopia ($2,8^\circ \pm 2,9^\circ$) [12]. Wykazano również korelację pomiędzy wynikami badań pedobarograficznych i radiologicznych przy koślawym i szpotawym ustawieniu stępu [13].

Pedobarografię zastosowano także do oceny leczenia „palców szponiastych” za pomocą operacji Girdlestone’a-Taylora. Po roku od zabiegu opisano zwiększenie czasu działania nacisków oraz maksymalnej siły na podszwowej stronie II i III palca w trakcie przetoczenia stopy w czasie chodu. Z kolei zwiększone maksymalne dotyczyły jedynie III palca [14]. Badanie pedobarograficzne próbowano też wykorzystać w ocenie długoterminowej skuteczności leczenia stopy końskiej za pomocą anastomozy trzech ścięgien: mięśni piszczelowych przedniego i tylnego oraz strzałkowego długiego. Nie udało się jednak wykazać różnic pomiędzy kończyną poddaną operacji i nieoperowaną. Pomimo tego, obserwowano poprawę kliniczną [15].

Kolejnym przykładem zastosowania oceny rozkładu nacisków na podszwowej stronie stóp są przypadki pacjentów po leczeniu rehabilitacyjnym po złamaniach kości piętowej. Pedobarografia wykazała zmniejszony czas działania siły, czas kontaktu stopy z podłożem oraz siły maksymalnej w całej stopie, zaś

wzrost wszystkich wartości po stronie bocznej przedniej części stępu, w przypadku stopy chorej [16]. Badaniu w EMED-systemie poddano również pacjentów w 13 miesięcy po operacyjnej korekcji przemieszczonego, pojedynczego, wewnątrzstawowego, zamkniętego złamania kości piętowej. Wykazano wzrost nacisków po stronie złamania w obszarze przedniej części stępu oraz pod piętą kością śródstopia. Stwierdzano także lateralizację nacisków w trakcie chodu [17]. Z pomocą pedobarografii porównane zostały wyniki leczenia pacjentów po złamaniach kości śródstopia, złamaniach śródstawowych stępu w stawie Choparta, Lisfranca i złamaniach wieloodłamowych. Najgorsze wyniki uzyskano u chorych ze złamaniem wieloodłamowym. Autorzy są zgodni, że wszystkie złamania wymagają odpowiedniego leczenia i rehabilitacji celem odtworzenia poprawnej biomechaniki stopy [18].

Badanie pedobarograficzne, wraz z densytometrią oraz rozszerzonym o wzrokową skalą bólu (VAS) badaniem przedmiotowym i podmiotowym, zostało także wykorzystane w ocenie alloplastyki stawu śródstopno-paliczkowego palucha. Przeanalizowano wyniki dwunastu pacjentów sprzed operacji i 12 miesięcy po niej. Stwierdzono, że gęstość mineralna kości stopy poddanej zabiegowi oraz siła reakcji podłoża zmalały w obrębie bocznej części śródstopia, jednocześnie dolegliwości bólowe uległy zmniejszeniu [19].

Od kilku lat powszechnie stosuje się silikonowe ortezy międzypalcowe w celu leczenia i zapobiegania progresji zmian zwyrodnieniowych stawów palucha. Brakowało jednak badań oceniających długoterminowy, biomechaniczny efekt ich działania oraz akceptację przez pacjenta tego typu działań terapeutycznych. W tym celu zastosowano pedobarografię i kwestionariusz Muenster shoe and foot questionnaire. W 18-miesięcznym okresie obserwacji znacznie obniżyły się wartości maksymalnych nacisków ocenianych za pomocą wkładek z sensorami założonymi pomiędzy skórą a ortezą (in-shoe peak pressure), w grupie regularnie (średnio 8 godzin dziennie) stosującej ortezę [20].

Przydatność pedobarografii stwierdzono także u kobiet z zespołem Ehlersa-Danlosa typu III. Badanie pedobarograficzne wykazało znamienne zmniejszenie powierzchni kontaktu podszwowej strony stopy z podłożem w obrębie przodostopia, a także zwiększone wartości nacisków maksymalnych i średnich. Nie zaobserwowano zaś różnic pomiędzy kończyną dolną prawą i lewą. Autorzy stwierdzili, że statyczne i dynamiczne badanie pedobarograficzne może służyć kontroli postępu choroby oraz ocenie skuteczności leczenia zachowawczego z pomocą ortez [21]. Opisane również zostały przypadki pacjentów z tor-

bielą samotną kości piętowej, polidaktylią mezoaxialną, chorobą Ledderhose. Badaniem pedobarograficznym wykazano zmienioną biomechanikę narządu ruchu w tych przypadkach [22,23,24].

Badanie pedobarograficzne również zastosowano przy powszechnie spotykanej patologii, jaką jest metatarsalgia wynikająca z przeciążenia głów kości śródstopia. Fadel i Rowley podają, że jakiegokolwiek strukturalne lub funkcjonalne nieprawidłowości dotyczące kości śródstopia kreują wysokie wartości nacisków pod głowami kości śródstopia, co generuje metatarsalgię i/lub zmiany hyperkeratotyczne skóry [25]. Do tej pory, za jedną z jej przyczyn, uznawano zwiększoną długość śródstopia. Za pomocą pedobarografii wykazano skuteczność osteotomii Weila w leczeniu tej choroby [26] oraz stwierdzono, że relatywna długość śródstopia (relative metatarsal length) nie ma wpływu na wartość maksymalnego nacisku podeszwowej strony stopy i działających na nią obciążeń [27].

Z użyciem badania pedobarograficznego oceniono również efekt leczenia u pacjentów z zapaleniem rozciągnięta podeszwowego. Początkowo stwierdza się u tych chorych zmniejszenie maksymalnych nacisków pod guzem piętowym, ich przesunięcie w kierunku bocznym, zmniejszoną powierzchnię kontaktu stopy z podłożem oraz wzrost średnich nacisków na podeszwowej stronie stopy. Po zastosowaniu odpowiedniej ortezy, leczenia farmakologicznego i fizykoterapii, wartości nacisków na podeszwowej stronie stopy uległy normalizacji [3,28]. Badaniem pedobarograficznym oceniono także siły działające u otyłych kobiet z obustronnym zapaleniem rozciągnięta podeszwowego. Opisano wzrost sił nacisku działających na obszarze głównie bocznej części śródstopia oraz w przednim tyłostopiu [28]. Przeanalizowane zostały też wyniki rehabilitacji u chorych po uszkodzeniu ścięgna Achillesa, także wśród osób uprawiających sport [29].

W przypadku pacjentów poddanych artrodezii, korekcji stopy i stawu skokowo-goleniowego, użyteczność badania pedobarograficznego jest równie wysoka, co wśród pacjentów z dysfunkcjami i urazami stopy [30]. Pedobarografia jest szczególnie przydatna w przedoperacyjnym planowaniu leczenia i pooperacyjnej jego ocenie. Może ona również służyć, wraz z trójwymiarową analizą chodu i elektromiografią, ocenie gojenia się złamania [31], bądź też samodzielnie lub z badaniem radiologicznym, czy za pomocą metody arch index, ocenie łuku podłużnego stopy [32].

Oceniano siły nacisku u pacjentów poddanych artrodezii stawu skokowo-goleniowego i artrodezii piszczelowo-skokowo-piętowej, a także porównywanego je z rozkładem nacisków strony podeszwowej sto-

py występującymi u osób zdrowych. Okazuje się, że miejscem krytycznym jest przednia część stępu. U zdrowych osób obniżenie tego obszaru jest większe, niż u pacjentów poddanych operacji [33].

Pedobarografię zastosowano również w ocenie przydatności wizualizacji ustawienia tyłostopia (Hindfoot Alignment View – HAV) u pacjentów po alopłastyce stawu skokowo-goleniowego i artrodezii skokowo-goleniowej oraz piszczelowo-piętowej. Według autorów, w przypadku alopłastyki, uzyskane stosunki anatomiczne miały wpływ na rozkład nacisków w dynamicznym badaniu pedobarograficznym, natomiast wizualizacja wymaga dalszego dopracowania [34]. Podobnie w przypadku obu typów wykonanych artrodez – HAV okazała się nieodpowiednią metodą do ustawienia tyłostopia, co skutkowało pozycją szpotawą stopy i nieprawidłowościami chodu [35].

Badaniem pedobarograficznym oceniono biomechanikę stawu skokowo-goleniowego i stopy u pacjentów po złamaniach jedno-, dwu- i trójkostkowych. W pierwszej analizie chorych poddano czterokrotnemu badaniu: bezpośrednio po usunięciu opatrunku gipsowego, oraz odpowiednio po 3., 6. i 9. tygodniach. Pierwsze z nich wykazało zmniejszony o 50% kontakt podeszwowej strony stopy chorej z podłożem w obrębie przodostopia i śródstopia. Natomiast stopa kończyny zdrowej wykazywała wzrost maksymalnych i średnich wartości nacisków w obrębie tyłostopia. Zaobserwowano także przesunięcie środka ciężkości. W drugim badaniu stwierdzono wzrost obciążeń wszystkich stref podeszwowej strony stopy, utrzymujący się zmniejszony kontakt podeszwowej strony stopy z podłożem stopy po złamaniu, oraz utrzymujące się zwiększenie maksymalnych i średnich wartości nacisków w obrębie tyłostopia stopy zdrowej. W 6 tygodni po zdjęciu opatrunku, maksymalne oraz średnie rozkłady nacisków obu stóp były zbliżone, stwierdzono również wzrost kontaktu podeszwowej strony chorej stopy z podłożem i prawidłowe położenie środka ciężkości. W 9 tygodni po zdjęciu opatrunku gipsowego niewielkie różnice pomiędzy stopą zdrową i chorą wynikały już tylko z fizjologicznej asymetrii stóp. Wszystkie wyżej opisane zmiany ulegały regresji pod wpływem leczenia rehabilitacyjnego [36]. Kolejnym przykładem jest pedobarografia wykonana wśród pacjentów ze złamaniem trójkostkowym. W tym przypadku, podczas obciążania kończyny, wykazano wzrost wartości nacisków pod guzem piętowym i boczną częścią śródstopia stopy przeciwnej do złamania. Zaobserwowano też zwiększone pole kontaktu podeszwowej strony stopy z podłożem. W trakcie leczenia rehabilitacyjnego wszystkie anomalie ulegały normalizacji [37]. Badanie dynamiczne przeprowadzono na pacjentach po zakoń-

czonym leczeniu rehabilitacyjnym po złamaniu trójkostkowym. U wszystkich, których wynik leczenia był niezadowolający, stwierdzono wzrost obciążeń maksymalnych pod paluchem, zaś zmniejszenie maksymalnych wartości nacisków wystąpił pod głowami II-V kości śródstopia. Wykazano też zmniejszone wartości obciążeń maksymalnych na bocznym brzegu przodostopia, śródstopia, pięty i w obrębie przyśrodkowej części przodostopia [3].

Pedobarografię zastosowano także w dokładnej ocenie rozkładu nacisków na podszwowej stronie stopy u pacjentów z zaawansowaną wtórną pourazową chorobą zwyrodnieniową stawu skokowo-goleniowego. Zaobserwowano zmniejszenie powierzchni kontaktu stopy z podłożem oraz maksymalne obciążenia na obszarze całej chorej stopy. Ponadto maksymalne wartości nacisków uległy zmniejszeniu w tyłostopiu i pod palcami [38].

Użyteczność pedobarografii nie dotyczy jedynie diagnostyki patologii stóp i stawu skokowo-goleniowego. Biomechanikę stóp w badaniu pedobarograficznym analizowano również w trakcie działania sił o charakterze przeciążeniowym. Co ciekawe, oceniono wpływ wysokich obcasów na stan zdrowia stóp u kobiet [39]. Z jednoznacznych wyników tych badań, dowodzących występowania znacznych przeciążeń biomechanicznych, nie wynikają jednak jakiegokolwiek skutki praktyczne dla powszechnych działań z zakresu promocji zdrowia.

W kolejnym badaniu zbadano rozkład nacisków na podszwowej stronie stóp podczas świadomego skręcania przodostopia do wewnątrz i na zewnątrz. Podczas skręcania do wewnątrz wzrastało obciążenie w obrębie przednio-bocznej części stępu i przodostopia, natomiast w przypadku skręcania na zewnątrz w obszarze przyśrodkowym tych obszarów anatomicznych [40]. Obserwacji poddano także rozkład nacisków podszwowych podczas krótkiego marszu na bieżni. Analizowano wartości otrzymane z trzech obszarów: pięty, środkowej części śródstopia oraz opuszki palucha. Współczynnik autokorelacji dla badanych obszarów był niski, co potwierdziło dotychczasowe założenie o niezależności kolejnych cykli podczas krótkiego marszu [41].

Pedobarografię wykorzystuje się także w opisie rozkładu nacisków podszwowej strony stóp u pacjentów z: chorobą zwyrodnieniową stawów kolanowych, w tym u osób z hemofilią; uszkodzeniem łątki przyśrodkowej; kolanami szpotawymi; chorobą zwyrodnieniową stawów biodrowych; złamaniem końca bliższego kości udowej, chorobami zwyrodnieniowymi stawów kolanowych, w cukrzycy, ciąży [3,7,42-46]. Jak widać, jest ona ważna dla określenia biomecha-

niki całego układu ruchu. Stosunkowo nowym pomysłem jest wprowadzenie tzw. rockerów stopy, które znacznie zmniejszają wartości nacisków na podszwowej stronie stopy w obrębie przodostopia podczas chodu. Znajdują też zastosowanie w przypadku metarsalgii. Tym samym powodują zmniejszenie ilości złamań przodostopia oraz pozytywnie wpływają na rozkład wektorów sił działających na układ ruchu (stopę, staw skokowo-goleniowy, staw kolanowy) [47]. Z drugiej strony obserwuje się wzrost nacisków na podszwowej stronie stopy u biegaczy [48]. Rockery wydają się być dobrym rozwiązaniem dla pacjentów z metatarsalgia oraz dla osób poruszających się po piasku [49]. Uzyskane wyniki są istotne w procesie monitorowania leczenia, kwalifikacji do zabiegów operacyjnych, czy modyfikacji leczenia rehabilitacyjnego. Wynika to z przenoszenia nacisków, ze względu na działanie sił nie w układzie izolowanym, a w układzie działających łańcuchów stawowych. Istnieje wiele przesłanek pozwalających stwierdzić, że różnice w rozkładzie ciśnień u tej samej osoby pojawiające się podczas jednego badania zależą bardziej od ruchów całego ciała niż od struktury stóp czy ich deformacji [5,6]. Z drugiej strony, dane z piśmiennictwa sugerują istotny wpływ struktury stóp na występowanie przeciążeń w ich zakresie [2]. Quaney i wsp. podają, że ograniczona ruchomość w stawach odpowiedzialna jest za wysokie wartości nacisków na podszwowej stronie stopy podczas chodu [50]. Trudności w analizie wykonanego podczas chodu badania dynamicznego najczęściej wynikają z nadmiernego akcentowania jednej z faz chodu, głównie fazy podporu. Powoduje to zwiększenie wartości maksymalnych nacisków w obrębie tyłostopia. Taki sposób chodu uniemożliwia prawidłową interpretację wyników. Następstwem zmian patologicznych w zakresie stóp jest zaburzenie mechaniki stania i chodu, nasilenie zmian zwyrodnieniowych stawów, co powoduje dolegliwości bólowe w obrębie kończyn dolnych, a także kręgosłupa [6].

PODSUMOWANIE

Reasumując, badanie pedobarograficzne jest metodą diagnostyczną służącą opisowi, diagnostyce i monitorowaniu leczenia zmian narządu ruchu. Wiele prac mówi o jego skuteczności i użyteczności, jednak wciąż wydaje się ono być stosowane zbyt rzadko. Wyżej wymienione przykłady kliniczne dowodzą, że jest badaniem bezpiecznym, nieinwazyjnym i co najważniejsze, przydatnym w leczeniu wielu schorzeń i następstw urazów. W naszej opinii, powinno więc znacznie zyskać na popularności.

PISMIENICTWO / REFERENCES

1. Blomgren M, Turan I, Agadir M. Gait analysis in hallux valgus. *J Foot Surg* 1991; 30(1): 70-1.
2. Weijers R, Walenkamp G, van Mameren H, Kessels A. The Relationship of the Position of the Metatarsal Head and Peak Plantar Pressure. *Foot Ankle Int* 2003; 24(4): 349-53.
3. Lorkowski J, Zarzycki D. Zastosowanie kliniczne badania pedobarograficznego-doświadczenia własne i przegląd piśmiennictwa. *Przegl Lek* 2006; 63 (Supl 5): 28-32.
4. Lorkowski J, Bober M, Kotela I. Zaawansowane techniki przetwarzania obrazów wspomagające diagnostykę pedobarograficzną- wprowadzenie techniki Eigenfeet. *Problemy Lekarskie* 2013; 49 (1): 36-42.
5. Cavanagh PR, Morag E, Boulton AJ, Young MJ, Deffner KT, Pammer SE. The relationship of static foot structure to dynamic foot function. *J Biomech* 1997; 30(3): 243-50.
6. Cavanagh PR, Rodgers MM, Iiboshi A. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. *Foot Ankle* 1987; 7(5): 262-76.
7. Lorkowski J. Statyczne i posturalne badanie pedobarograficzne w diagnostyce stóp z koślawym ustawieniem paluchów. Praca doktorska (promotor prof. Zarzycki D.). Collegium Medicum UJ, Kraków 2004.
8. Kernozek TW, Elfessi A, Sterriker S. Clinical and biomechanical risk factors of patients diagnosed with hallux valgus. *J Am Podiatr Med Assoc* 2003; 93(2): 97-103.
9. Orzechowski W. Porównanie punktowej oceny anatomiczno-czynnościowej stopy z baropodometryczną oceną wyników leczenia paluchów koślawych. *Chir Narz Ruchu Ortop Pol* 2001; 66(6): 617-23.
10. Nikratowicz P, Woźniak W, Łapaj Ł, Wierusz-Kozłowska M, Ławniczak D. Ocena pedobarograficzna stopy po operacji palucha koślawego i sztywnego metodą Kellera. *Chir Narz Ruchu Ortop Pol* 2009; 74(4): 224-7.
11. Koller U, Willegger M, Windhager R, Wanivenhaus A, Trnka HJ, Schuh R. Plantar pressure characteristics in hallux valgus feet. *J Orthop Res* 2014; 32(12): 1688-93.
12. Czurda T, Seidl M, Seiser AS, Schuh R, Trnka HJ, Ritschl P. Triple arthrodesis in treatment of degenerative hindfoot deformities: clinical, radiological and pedobarographic results. *Z Orthop Unfall* 2009; 147(3): 356-61.
13. Lee KM, Chung CY, Park MS, Lee SH, Cho JH, Choi IH. Reliability and validity of radiographic measurements in hindfoot varus and valgus. *J Bone Joint Surg Am* 2010; 92(13): 2319-27.
14. Gutteck N, Panian M, Wohlrab D, Radetzki F, Delank KS, Zeh A. Pedobarographic results of Girdlestone-Taylor tendon transfer in flexible small toe deformity. *Orthopade* 2013; 42(12): 1062-6.
15. Steinau HU, Tofaute A, Huellmann K, et al. Tendon transfers for drop foot correction: long-term results including quality of life assessment, and dynamometric and pedobarographic measurements. *Arch Orthop Trauma Surg* 2011; 131(7): 903-10.
16. Toth K, Boda K, Kellermann P, Zadravec G, Korcsmar J. Clinical and gait analysis of 171 unilateral calcaneal fractures. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 1997; 2(3): 17-8.
17. Jansen H, Frey SP, Ziegler C, Meffert RH, Doht S. Results of dynamic pedobarography following surgically treated intra-articular calcaneal fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2013; 133(2): 259-65.
18. Kösters C, Bockholt S, Müller C, et al. Comparing the outcomes between Chopart, Lisfranc and multiple metatarsal shaft fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2014; 134(6) [in Press].
19. Wetke E, Zerahn B, Kofoed H. Prospective analysis of a first MTP total joint replacement. Evaluation by bone mineral densitometry, pedobarography, and visual analogue score for pain. *Foot Ankle Surg* 2012; 18(2): 136-40.
20. Illgner U, Budny T, Hoyer M, Wetz HH. Clinical acceptance, reasons for rejection, and reduction of in-shoe peak pressure with interdigital silicone orthoses. *J Am Podiatr Med Assoc* 2014; 104(1): 30-3.
21. Pau M, Galli M, Celletti C, et al. Plantar pressure patterns in women affected by Ehlers-Danlos syndrome while standing and walking. *Res Dev Disabil* 2013; 34(11): 3720-6.
22. Lorkowski J, Mrzygłód M., Hładki W. Zjawiska remodelingu i dostosowania topologii w kości piętowej z torbielą samotną- opis przypadku. *Przegl Lek* 2012; 69(5): 201-4.
23. Lorkowski J, Kosalka J, Hładki W, Trybus M. Implikacje kliniczne szczątkowej polydaktylii mesoaxialnej stopy – opis przypadku. *Przegl Lek* 2011; 68(12): 1204-7.
24. Lorkowski J, Trybus M, Hładki W, Brongel L. Rozkład nacisków na podeszwowej stronie stóp u chorych z chorobą Ledderhose. *J Orthop Trauma Surg* 2010; 3(19): 33-41.
25. Fadel GE, Rowley DI. Metatarsalgia. *Current Orthopaedics* 2002; 16: 193-204.
26. Khurana A, Kadambande S, James S, Tanaka H, Hariharan K. Weil osteotomy: assessment of medium term results and predictive factors in recurrent metatarsalgia. *Foot Ankle Surg* 2011; 17(3): 150-7.
27. Kaipel M, Krapf D, Wyss C. Metatarsal length does not correlate with maximal peak pressure and maximal force. *Clin Orthop* 2011; 469(4): 1161-6.
28. Lorkowski J, Hładki W, Galicka-Latała D, Trybus M, Brongel L. Rozkład nacisków na podeszwowej stronie stóp u kobiet z otyłością i zapaleniem rozciągną podeszwowego. *Przegl Lek* 2009; 66(9): 513-8.
29. Lorkowski J, Trybus M, Hładki W, Zarzycki W. Zastosowanie pedobarografii w holistycznej ocenie wyników leczenia urazów ścięgna Achillesa u osób uprawiających sport. *J Orthop Trauma Surg* 2009; 2(14): 87-97.
30. Richter M, Zech S, Leonard J, Goldner Award 2009. Intraoperative pedobarography leads to improved outcome scores: a Level I study. *Foot Ankle Int* 2009; 30(11): 1029-36.
31. Rosenbaum D, Macri F, Lupselo FS, Preis OC. Gait and function as tools for the assessment of fracture repair – the role of movement analysis for the assessment of fracture healing. *Injury* 2014; 45(Suppl 2): 39-43.

32. Yalçın N, Esen E, Kanatlı U, Yetkin H. Evaluation of the medial longitudinal arch: a comparison between the dynamic plantar pressure measurement system and radiographic analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2010; 44(3): 241-5.
33. Frigg A, Schäfer J, Dougall H, Rosenthal R, Valderrabano V. The midfoot load shows impaired function after ankle arthrodesis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2012; 27(10): 1064-71.
34. Frigg A, Nigg B, Hinz L, Valderrabano V, Russell I. Clinical relevance of hindfoot alignment view in total ankle replacement. *Foot Ankle Int* 2010; 31(10): 871-9.
35. Frigg A, Nigg B, Davis E, Pederson B, Valderrabano V. Does alignment in the hindfoot radiograph influence dynamic foot-floor pressures in ankle and tibiotalar fusion? *Clin Orthop* 2010; 468(12): 3362-70.
36. Lorkowski J, Lorkowska B, Mazur T. Zastosowanie pedobarografii w leczeniu rehabilitacyjnym po złamaniu kostki bocznej. *Ontogeneza i promocja zdrowia w aspekcie medycyny, antropologii i wychowania fizycznego*, Zielona Góra: 2002; 302.
37. Lorkowski J, Mazur T, Skawina A. Underfoot pressure distribution in patients after ankle injury. *Adv Polish Clin Anat. Warszawa*; 2003; 156-64.
38. Horisberger M, Hintermann B, Valderrabano V. Alterations of plantar pressure distribution in posttraumatic end-stage ankle osteoarthritis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009; 24(3): 303-7.
39. Lorkowski J, Mrzygłód M, Kotela I, Kiełbasiewicz-Lorkowska E, Teul I. Obuwie zgodne z „business dress code” a kondycja zdrowotna stóp kobiet- komputerowo wspomagana ocena holistyczna. *Ann Acad Med Stein* 2013; 59(2): 118-28.
40. Rosenbaum D. Foot loading patterns can be changed by deliberately walking with in-toeing or out-toeing gait modifications. *Gait Posture* 2013; 38(4): 1067-9.
41. Pataky TC, Savage R, Bates KT, Sellers WI, Crompton RH. Short-term step-to-step correlation in plantar pressure distributions during treadmill walking, and implications for footprint trail analysis. *Gait Posture* 2013; 38(4): 1054-7.
42. Kul-Panza E, Berker N. Pedobarographic findings in patients with knee osteoarthritis. *Am J Phys Med Rehabil* 2006; 85(3): 228-33.
43. Jorge Filho D, Battistella LR, Lourenço C. Computerized pedobarography in the characterization of ankle-foot instabilities of haemophilic patients. *Haemophilia* 2006; 12(2): 140-6.
44. Lorkowski J. Underfoot pressure distribution in patients with medial meniscus injury. 8th Congress of EFORT 2007, Florence, Italy, 11 - 15 May 2007. pp 1074
45. Lorkowski J. Underfoot pressure distribution of patients with genu varum. *Ann Anat* 2004; 186(4)suppl 1: 130-1.
46. Rongies W, Bak A, Lazar A, et al. Próba wykorzystania badania pedobarograficznego do oceny skuteczności rehabilitacji u osób z chorobą zwyrodnieniową stawów biodrowych. *Ortop Traumatol Rehabil* 2009; 11(3): 242-52.
47. Lorkowski J, Hładki W, Trybus M, Zarzycki D. Rozkład nacisków na podeszwowej stronie stóp u chorych po operacyjnym leczeniu złamania końca bliższego kości udowej. *J Orthop Trauma Surg* 2009; 15(3): 28-35.
48. Sobhani S, van den Heuvel E, Bredeweg S, et al. Effect of rocker shoes on plantar pressure pattern in healthy female runners. *Gait Posture* 2014; 39(3): 920-5.
49. Forghany S, Nester CJ, Richards B. The effect of rollover footwear on the rollover function of walking. *J Foot Ankle Res* 2013; 9; 6(1): 24.
50. Quaney B, Meyer K, Cornwall MW, McPoil TG. A comparison of the dynamic pedobarograph and EMED systems for measuring dynamic foot pressures. *Foot Ankle Int* 1995; 16(9): 562-6.

Liczba słów/Word count: 4205

Tabele/Tables: 0

Ryciny/Figures: 0

Piśmiennictwo/References: 50

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Jacek Lorkowski

Klinika Ortopedii i Traumatologii, Centralny Szpital Kliniczny MSW
02-507 Warszawa, ul. Wołoska 137, tel 606452887, e- mail: jacek.lorkowski@gmail.com

Otrzymano / Received

28.08.2014 r.

Zaakceptowano / Accepted

13.01.2015 r.