

Jacek JURKOJC, **Robert MICHNIK**, **Katarzyna Jochymczyk-Woźniak**, Katedra Biomechatroniki, Politechnika Śląska, Gliwice

Aleksander ZAGÓRSKI, Katedra i Zakład Anatomii Prawidłowej, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Małgorzata OLENKOWICZ, SKN Biokreatywni, Politechnika Śląska, Gliwice

METATARSALGIA – POMIARY NACISKU STOPY NA PODŁOŻE

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę nacisku stopy na podłoże dla 7 zdrowych osób oraz 4 osób z paluchem koślawym. Badania dynamiczne przeprowadzono przy użyciu bieżni firmy Zebris. Na podstawie raportów wygenerowanych przez oprogramowanie dokonano oceny wpływu metatarsalgii na rozkład nacisku stopy na podłoże. Uzyskane wielkości dotyczące chodu, mapy nacisku stopy na podłoże oraz wielkości opisujące trajektorię środka nacisku otrzymane dla osób z paluchem koślawym, porównano z wynikami osób zdrowych.

Słowa kluczowe: biomechanika, metatarsalgia, paluch koślawy

1. WSTĘP

Metatarsalgia jest to termin wskazujący na zaistniały ostry lub przewlekły ból w przedniej części stopy. Dolegliwości bólowe występują w okolicach jednego lub kilku połączeń śródstopno-paliczkowych (MTP), powstają na skutek nieprawidłowego funkcjonowania oraz uszkodzenia struktur anatomicznych należących i współpracujących ze stawem [5]. Uwzględniając etiologię, patogenezę oraz złożone aspekty kliniczne metatarsalgii można podzielić na trzy zasadnicze rodzaje: metatarsalgię pierwotną, wtórną oraz jatrogenną [2]. Jedną z przyczyn powstania metatarsalgii pierwotnej jest zniekształcenie przodostopia, które występuje w obrębie pierwszego stawu śródstopno-paliczkowego, zwane paluchem koślawym. W płaszczyźnie podłoża paluch poddany jest rotacji zewnętrznej w okolicach stawu MTP, natomiast w płaszczyźnie czołowej rotacji przeciwnej, czyli wewnętrznej [7]. W schorzeniu tym często pojawia się również bolący guz, znajdujący się po stronie przyśrodkowej kości śródstopia [9]. Ze względu na powszechność oraz skutki metatarsalgii, dotychczas przeprowadzono wiele badań, pokazujących przyczyny powstawania tych dolegliwości [4][8]. W niniejszej pracy dokonano analizy rozkładu nacisku stopy na podłoże u osób zdrowych oraz pacjentów z paluchem koślawym podczas chodu z różnymi prędkościami.

2. METODYKA BADANIA

Badanie przeprowadzono w Katedrze Biomechatroniki Wydziału Inżynierii Biomedycznej w Zabrze. Przebadano 7 zdrowych osób w wieku od 21-23 lat w celu określenia wzorca prawidłowego chodu oraz 4 osoby z metatarsalgią. Na podstawie dokumentacji klinicznej zdiagnozowano u osób z bólem śródstopia schorzenie palucha koślawego. Czynności

pomiarowe wykonano przy użyciu bieżni firmy Zebris. Bieżnia wyposażona jest w czujniki tensometryczne (ponad 7000), które tworzą powierzchnię pomiarową o wymiarach ok. 100X50cm oraz umieszczone są pod taśmą transmisyjną.

Analiza chodu oraz rozkładu nacisku stopy na podłoże możliwa jest dzięki oprogramowaniu WinFDM-T. Wykorzystanie funkcji zmiany prędkości bieżni, pozwala na zbadanie różnych prędkości chodu badanych osób. Każdy pomiar trwał 30 sekund. Dla osób z paluchem koślawym dokonano pomiarów rozkładu nacisku stóp na podłoże podczas chodu z prędkościami 2,3 i 4km/h, z kolei u osób zdrowych z prędkością chodu równą 2,3,4 i 6 km/h. Na podstawie wykonanych pomiarów w programie istnieje możliwość wygenerowania raportów zawierających opracowanie wyników badań.

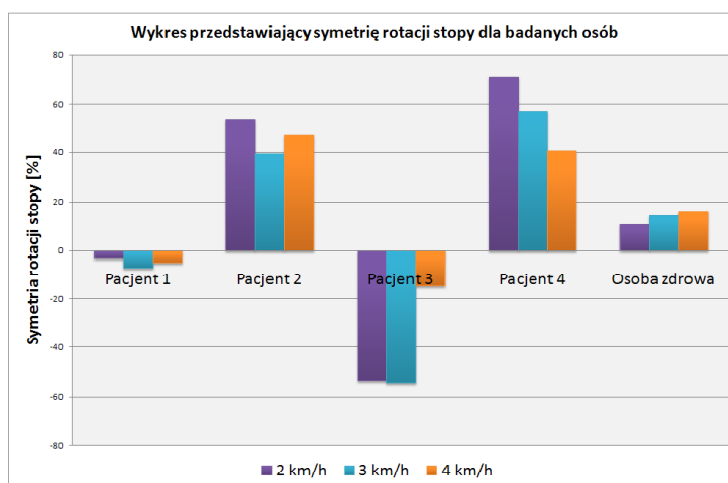
Na podstawie raportów porównano uzyskane wyniki dla osób zdrowych oraz z deformacją palucha. Analizie poddano wielkości dotyczące chodu tj.: rotacja stopy, długość kroku, czas kroku, czas trwania fazy podporowej, fazy dwupodporowej, fazy przeciążenia, pojedynczego podparcia, fazy propulsji, fazy wymachowej, a także szerokość kroku, długość podwójnego kroku, czas podwójnego kroku. Porównano również mapy rozkładu nacisku stopy na podłoże oraz wielkości opisujące trajektorię środka nacisku stopy na podłoże, czyli długość linii chodu, linię pojedynczego podparcia oraz symetrię boczną.

3. WYNIKI

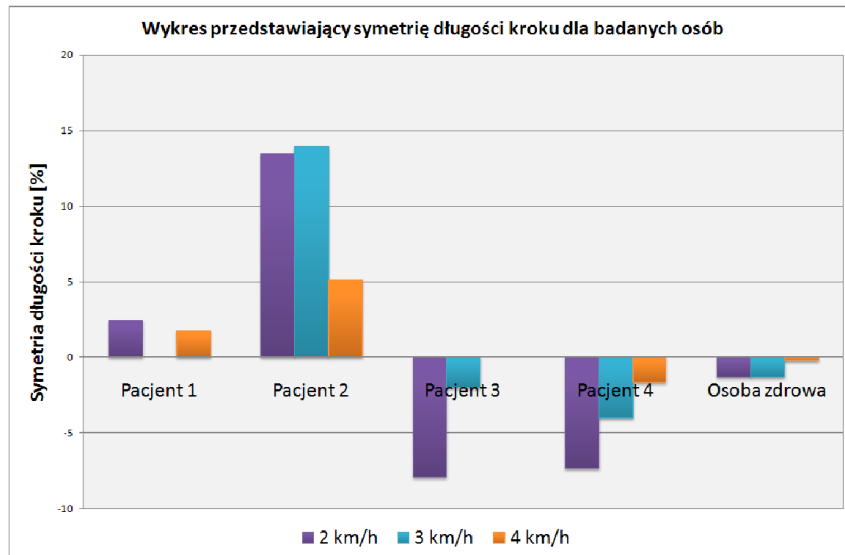
Spośród wszystkich wielkości opisujących chód, największe różnice w wynikach pomiędzy osobami zdrowymi oraz z deformacją palucha widoczne są w rotacji stóp. Największa symetryczność w stawianiu stóp podczas chodu występuje u osoby zdrowej oraz u pacjenta 1. Większa rotacja prawej stopy występuje u pacjenta 2 i 4, w porównaniu z lewą kończyną. Z kolei u pacjenta 3 widoczna jest zwiększona rotacja lewej stopy (Rys.1). Również znaczne asymetrie widoczne są w długości kroku (Rys. 2).

Analizując Rys.3, będący wynikiem jednej z przebadanych osób z paluchem koślawym i jednej osoby zdrowej, widać różne wzorce rozkładu nacisku stopy na podłoże. Przede wszystkim u pacjenta z paluchem koślawym w okolicach przodostopia widoczne są duże kumulacje nacisku osiągające 32 N/cm^2 . Dodatkowo porównując obciążenie prawej i lewej stopy można zauważyć dużą asymetrię. Wyniki osoby chorej w znacznym stopniu odbiegają od wyników osoby zdrowej, u której obciążenia są znacznie mniejsze – najbardziej obciążonym miejscem jest pięta, gdzie wartości nacisku nie przekraczają 23 N/cm^2 .

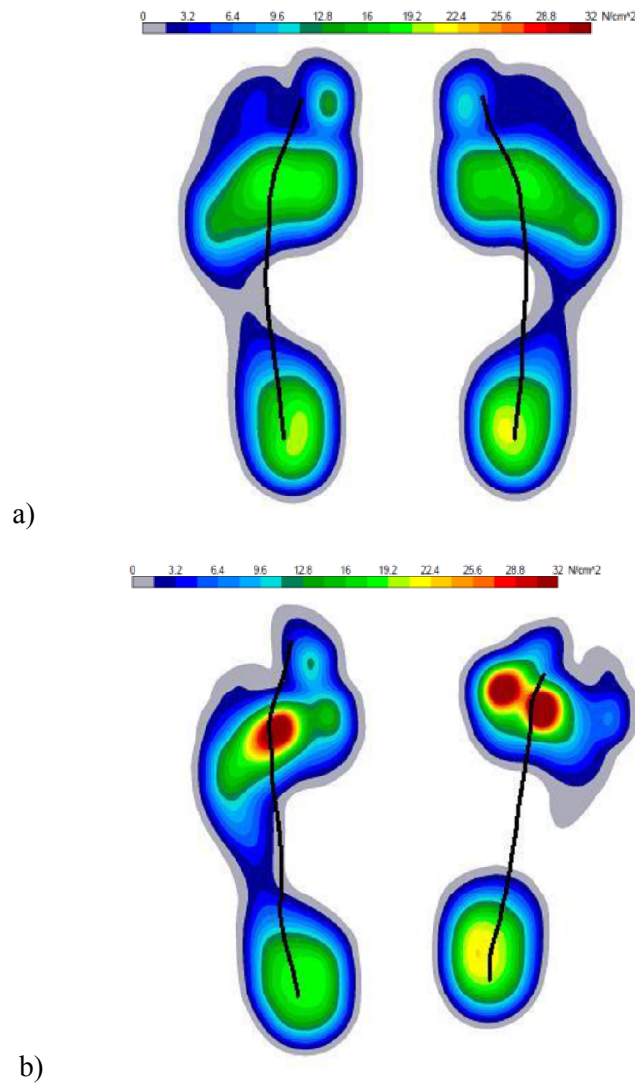
Widoczne są również asymetrie w przebiegu środka nacisku stopy na podłoże u osoby zdrowej i z paluchem koślawym (Rys. 3 i Rys. 4).



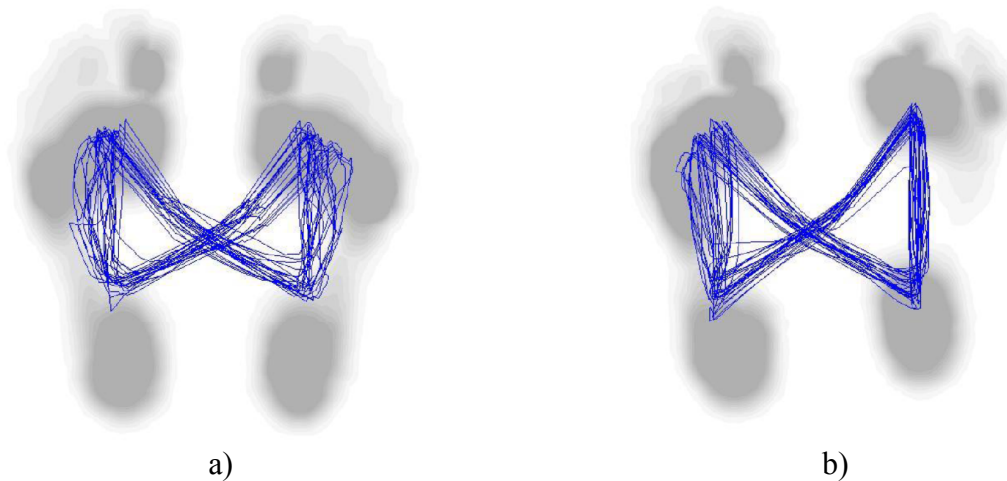
Rys. 1 Symetria rotacji stóp u osób z paluchem koślawym oraz u osób zdrowych podczas chodu z prędkościami 2,3 i 4km/h



Rys. 2 Symetria długości stawianych kroków u osób z paluchem koślawym oraz u osób zdrowych podczas chodu z prędkością 2,3 i 4km/h



Rys. 3 Wartości średnie rozkładu nacisku prawej i lewej stopy na podłoże przy prędkości chodu 3 km/h a) dla osoby zdrowej, b) dla pacjenta z paluchem koślawym



Rys. 4 Przebieg położenia środka nacisku na podłoże (tak zwany Motyl) u osoby a) zdrowej i b) z paluchem koślawym

4. DYSKUSJA

Dolegliwości bólowe występujące w okolicach stawu śródstopno-paliczkowego, określane mianem metatarsalgii stanowią ważny problem wśród społeczeństwa. Powstają na skutek pogorszenie funkcji oraz zmiany struktury anatomicznej stopy. Pojawiające się dolegliwości często występują na skutek deformacji palców, m.in. palucha koślawego. Przeprowadzone badania dynamiczne przy pomocy bieżni firmy Zebris u pacjentów z paluchem koślawym, jak i u osób zdrowych, dostarczają wiele informacji o wielkościach charakterystycznych dla chodu oraz o rozkładzie nacisku stopy na podłoże. Uzyskane wyniki wskazują, w jaki sposób zmieniają się badane wielkości pod wpływem deformacji dużego palucha. Zaletą przeprowadzania badań na bieżni, jest możliwość dokonywania pomiarów dla dowolnego dystansu przy określonej prędkości chodu.

W ramach badań przeprowadzono analizę zbiorczą wszystkich przebadanych osób oraz analizowano indywidualnie każdy przypadek. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że pod wpływem deformacji palucha koślawego wzrosła rotacja stopy podczas chodu. Rotacja stopy przyjmuje różne wartości u osób chorych, ze względu na różny stopień zaawansowania choroby.

Analiza takich wielkości charakterystycznych dla chodu jak: długość kroku, czas kroku, szerokość kroku, czas podwójnego kroku oraz długość podwójnego kroku wykazała, że podstawowym odstępstwem od prawidłowego wzorca chodu jest asymetria pomiędzy stroną prawą i lewą.

Zmianie ulegają również przebiegi środka nacisku stóp na podłoże (tzw. parametrów motyla). W wynikach analizowanego pacjenta widoczne jest wydłużenie linii biegnącej wzdłuż stopy jak również asymetria pomiędzy kończynami.

Do oceny zaistniałych zmian funkcjonalnych oraz strukturalnych powstałych na skutek deformacji palucha wykorzystuje się również analizę rozkładu nacisku stopy na podłoże. W badaniach przeprowadzonych zarówno w warunkach statycznych jak i dynamicznych w 2001 wykazano, że u osób otyłych występuje zdecydowanie większy nacisk stopy na podłoże w każdym jej regionie, w porównaniu z osobami z prawidłową masą ciała [3]. W późniejszych latach sprawdzano również różnice w nacisku u kobiet oraz mężczyzn. Istnieją rozbieżności w uzyskanych wynikach pomiędzy różnymi autorami. Na podstawie niektórych wyników nie znaleziono różnic w rozkładzie nacisku w zależności od płci.

U mężczyzn stwierdzono jedynie większą obciążoną powierzchnię stopy podczas chodu [1]. Z kolei inni autorzy wykazali u kobiet większe obciążenia w okolicach palucha [6].

Porównując otrzymane wyniki rozkładu nacisku stopy na podłoże u osób zdrowych, widoczne są największe obciążenia w okolicach kości piętowej, głów kości śródstopia oraz kości dużego paliczka, natomiast u pacjentów w okolicach kości śródstopia. Trajektoria środka nacisku stopy u pacjentów rozpoczyna się w miejscu kości klinowatej, natomiast u osób zdrowych w obszarach kości piętowej. Ze względu na deformację dużego palucha, poddawany jest on zdecydowanie mniejszym obciążeniom. We wcześniejszych badaniach otrzymano podobne wyniki rozkładu nacisku stopy na podłoże u osób z paluchem koślawym [4].

Na podstawie uzyskanych wyników, można stwierdzić, że u osób z paluchem koślawym występuje znaczny wzrost przenoszonych obciążeń przez kości śródstopia. Ma to niewątpliwie istotne znaczenie przy powstawaniu dolegliwości bólowych. Dodatkowo zauważono u tych osób wzrost asymetrii w wielkościach opisujących chód. Jest to istotną wskazówką dla fizjoterapeutów, którzy po przeprowadzonej korekcy palucha koślawego powinni zwrócić szczególną uwagę na właściwą rehabilitację tak, aby wyeliminować nabyte niewłaściwe wzorce chodu. Określenie wzorców ruchu dla osób z paluchem koślawym wymagać będzie przeprowadzenia badań na większej grupie.

LITERATURA

- [1] Abboud R.J, Arnold G.P., Putti A.B.: Foot pressure differences in men and women, *Foot and Ankle Surgery* 16, © Elsevier for the European Foot and Ankle Societies, 2010, str. 21-24
- [2] Bardelli M., Turelli L., Scoccianti G.: Definition and classification of metatarsalgia, *Foot and Ankle Surgery* 9, © Elsevier Science, 2003, str. 79-85
- [3] Bar-Or O, Hennig E.M., Hills AP, McDonald M.: Plantar pressure differences between obese and non-obese adults: a biomechanical analysis, *International Journal of Obesity* 25, © Nature Publishing Group 2001, str. 1674-1679
- [4] Ding Q., Sun W., Wang Q., Wei K., Wen J., Yu Z.: Adaptive changes of foot pressure in hallux valgus patients, *Gait&Posture* 36, © Elsevier Science, 2012, str. 344-349
- [5] Fadel G.E., Rowley D.I.: Metatarsalgia, *Current Orthopaedics* 16, © Elsevier Science Ltd, 2001, str. 193-204
- [6] Ferrari J., Watkinson D.: Foot pressure measurement differences between boys and girls with reference to hallux valgus deformity and hypermobility, *Foot & Ankle International* 9, Wydawnictwo American Orthopaedic Foot and Ankle Society, 2005, str. 739-747.
- [7] Hensl H. E., Sands A. K.: Paluch koślawy, *Foot and Ankle Surgery*, © Elsevier Urban & Partner, 2007 str. 115-120
- [8] Innatouski M., Pauk J.: Analiza rozkładu nacisków pod stopą podczas chodu człowieka, *Modelowanie Inżynierskie* 38, Wydawnictwo Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice, 2009, str. 161-165
- [9] Marciniak W., Szulc A. (Praca zbiorowa): Wiktor Degi *Ortopedia i rehabilitacja*, Tom 1, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2006, str. 285-310

METATARSALGIA – PRESSURE DISTRIBUTION MEASUREMENT OF FEET ON THE GROUND

Abstract: The aim of our study was to carry out an analysis of the pressure distribution on the ground for 7 healthy persons and 4 patients with hallux valgus. Dynamic tests were performed using a treadmill Zebris. On the basis of obtained reports the assessment of the influence of Hallux Valgus disease on pressure distribution of foot on the ground was carried out. All results were compared with these obtained for healthy people.