

Dagna SWINARSKA¹

¹Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka, Białystok

OCENA ROZKŁADU OBCIĄŻEŃ STÓP KOBIEC CIĘŻARNYCH NA PODŁOŻE PODCZAS CHODU

Streszczenie: Cięża jest stanem fizjologicznym, podczas którego zachodzi wiele przemian biochemicznych oraz biomechanicznych. Zmiany te znacząco wpływają na kondycję fizyczną kobiety ciężarnej. Powiększający się brzuch oraz zmiany temu towarzyszące znacząco wpływają na komfort poruszania się kobiety. Fizjologiczne zmiany zachodzące w czasie ciąży mogą być przyczyną nieprawidłowego ustawiania stopy, co może powodować bóle pleców i kończyn dolnych. Celem niniejszej pracy jest ocena rozkładu obciążeń stóp kobiet ciężarnych na podłoże podczas chodu.

Słowa kluczowe: ciąża, nacisk, chód

1. WSTĘP

Ciąża jest ważnym momentem w życiu kobiety. Jest to również okres ogromnych przemian emocjonalnych, zmian biochemicznych i biomechanicznych charakterystycznych dla ciąży [10]. Powiększający się brzuch ciężarnej sprawia, że kobieta idąc, stojąc czy siedząc coraz bardziej odchyła górną połowę ciała do tyłu, co powoduje zmiany krzywizn kręgosłupa, szczególnie w okolicy lędźwiowo-krzyżowej [7]. Pojawiająca się wówczas lordoza może skutkować trwałymi zmianami powodując dolegliwości również w okresie poporodowym. Dodatkowo, kobiecie mogą towarzyszyć inne fizykalnie zmiany: skierowanie stóp na zewnątrz, przeprost w stawach kolanowych, zwiększone przodopochylenie miednicy, zwiększona kifoza piersiowa (garb), hiper lordoza szyjna. Jednym z najważniejszych elementów terapii w okresie ciąży jest utrzymanie prawidłowej postawy ciała [11,12]. W postępowaniu profilaktycznym można przeciwdziałać powstaniu większości dolegliwości bólowych kręgosłupa oraz łagodzić te, które się już pojawiły. Prawidłowa postawa ciała polega wówczas na umiejętnym ustawieniu wszystkich jego części zarówno w pozycji statycznej jak i dynamicznej, czyli nabycia umiejętności odpowiedniego stania, siedzenia i chodzenia [4,11]. Dotychczasowa subiektywna ocena postawy ciężarnej może być wzbogacona i udoskonalona przy pomocy obiektywnych narzędzi pomiarowych. Celem niniejszej pracy jest ocena rozkładu obciążeń stóp kobiet ciężarnych na podłoże podczas chodu.

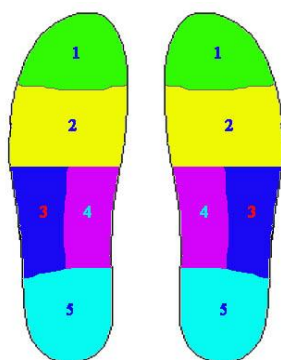
2. MATERIAŁ I METODA

Do badań biomechanicznych wytypowano 21 kobiety ciężarne. Kryterium włączenia do badań był wiek 18-35 lat. Kryterium wyłączenia stanowiły wszelkie zmiany układu kostnego w obrębie kończyn dolnych i stóp. Do pomiaru obciążeń stóp kobiet ciężarnych podczas chodu zastosowano system baropodometryczny (Medilogic, Niemcy), rys.1. Pomiar przy użyciu tego systemu polega na badaniu stóp za pomocą wkładek pomiarowych z czujnikami, wkładanymi do obuwia osoby badanej. Jednostka pomiarowa dokonuje zapisu danych w statyce i dynamicie. System baropodometryczny umożliwia analizę rozkładu obciążeń pod podszwową stroną stopy oraz między obiema stopami: lewą i prawą, a także podczas przenoszenia obciążenia w czasie.



Rys.1. Baropodometryczny system do badania stóp

Dynamiczna część zapisu może być prezentowana w trzech różnych formach graficznych: dwuwymiarowej mapy rozkładu nacisków we wkładce podczas ruchu, trójwymiarowej reprezentacji rozkładu nacisków oraz jako diagram czasowy przemieszczania się nacisków, podczas ruchu. W przypadku trójwymiarowego wykresu naciski wykazywane są za pomocą kolorów i współrzędnych punktów. Kobiety ciężarne przechodziły 3-krotnie wzdłuż ścieżki pomiarowej o długości około 50 m. W stopie wyodrębniono pięć obszarów, które odpowiadają obszarom anatomicznym podeszwy części stopy (rys.2): 1- paliczki; 2-kość śródstopia; 3-kość sześcienna; 4-kość łódkowata (sklepienie stopy); 5-kość piętowa.

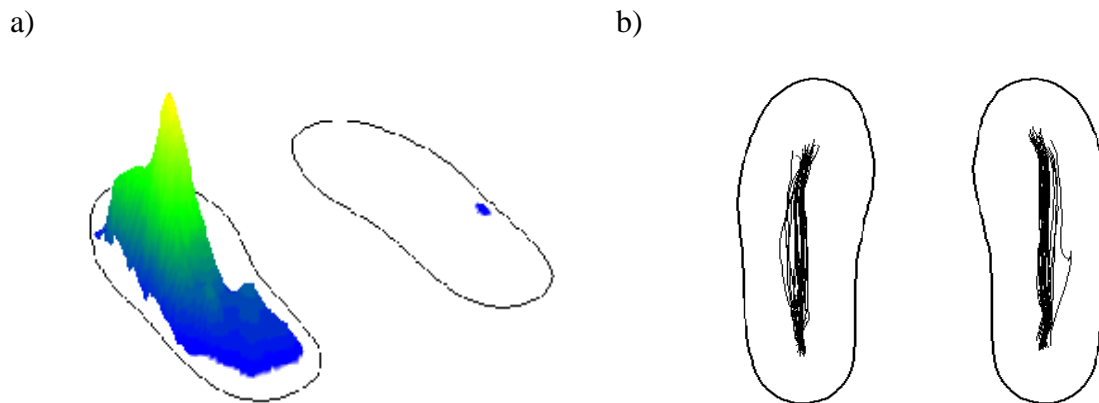


Rys.2. Wyróżnione obszary stopy na wkładce pomiarowej: 1- paliczki; 2-kość śródstopia; 3-kość sześcienna; 4-kość łódkowata (sklepienie stopy); 5-kość piętowa [9]

Do analizy wyników zastosowano oprogramowanie komputerowe Statistica 12,5 (StatSoft, Polska). Do badania istotności różnic w poszczególnych grupach użyto testu nieparametrycznego U Manna-Whitneya.

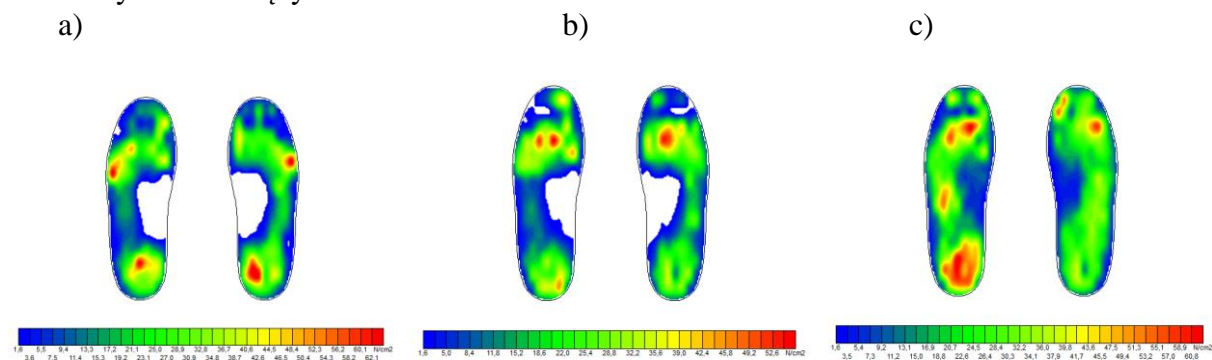
3. WYNIKI

Przebadano 6 kobiet w I trymestrze ciąży (9-10 tydzień), 7 kobiet w II trymestrze ciąży (23 tydzień) i 8 kobiet w III trymestrze ciąży (36-37 tydzień). Na rysunku 3a przedstawiono trójwymiarowy wykres barometryczny kobiety ciężarnej. Natomiast na rysunku 3b widoczne są trajektorie przemieszczenia centrum nacisku dla lewej i prawej kończyny dolnej kobiety ciężarnej. Należy zwrócić uwagę na szeroki rozrzut współrzędnych punktów trajektorii na płaszczyźnie powierzchni stopy.



Rys.3. Rozkład nacisku na stopę kobiety ciężarnej: a) dwuwymiarowy wykres barometryczny (zakres nacisku od 1.6 do 32 N/cm²); b) trajektorie przemieszczenia się centrum nacisku dla lewej i prawej kończyny

Na rysunku 4 przedstawiono typowy obraz nacisku podszwowego dla kobiety ciężarnej w I, II i III trymestrze ciąży.



Rys.4. Dwuwymiarowy wykres barometryczny (zakres ciśnienia od 1.6 do 32 N/cm²): a) kobieta w I trymestrze ciąży; b) kobieta w II trymestrze ciąży; c) kobieta w III trymestrze ciąży

Analiza wyników uzyskanych z systemu baropodomometrycznego dowiodła, że dla kobiet w I trymestrze ciąży największy maksymalny nacisk występuje na pięcie. Mniejsze maksymalne naciski występują na kości sześciennej i paliczkach. Najmniejsze natomiast pod kością łódkowatą. W II trymestrze ciąży widoczne jest przeciążenie w okolicy głów kości śródstopia i zmniejszone obciążenie na palcach. Wyróżniającym szczegółem barogramu prawej stopy jest, oznaczona kolorem zielonym, lokalizacja nacisku w okolicy kości sześciennej, a także zróżnicowane rozłożenie w okolicach śródstopia. Natomiast w III trymestrze ciąży zaobserwowano, w warunkach dynamicznych, dodatkowe obciążenie pod kością łódkowatą. Maksymalny nacisk na piętę jest przesunięty do strony przyśrodkowej. W Tab.1 zestawiono średnie wartości nacisków w poszczególnych obszarach stopy w I, II i III trymestrze ciąży.

Tab.1. Średnie wartości nacisków pod stop kobiet ciężarnych P [N/cm²] (SD)

Obszar stopy	I trymestr	II trymestr	III trymestr
1	5,31 (1,33)	5,95 (1,86)	7,00 (1,50)*
2	1,69 (0,36)	2,21 (0,72)	2,84 (1,24)
3	5,17 (1,36)	6,21 (2,07)	7,01 (1,82)
4	3,94 (1,30)	4,32 (1,46)	5,07 (1,70)*
5	6,35 (1,23)	6,79 (1,91)	8,11 (1,09)*

* Istotność statystyczna ($p < 0,05$)

Analiza wyników uzyskanych z systemu baropodometrycznego dowiodła, że dla kobiet ciężarnych w I trymestrze ciąży największy maksymalny nacisk występuje na pięcie, paliczkach oraz kości sześciennej. Mniejsze maksymalne naciski występują na kości łódkowatej. Najmniejsze, natomiast w okolicy stopy pod głowami kości śródstopia. Dla kobiet w II trymestrze ciąży widoczne jest zwiększone obciążenie we wszystkich obszarach stopy. Zmiany te jednak nie są istotne statystycznie ($p > 0,05$). Z kolei w III trymestrze ciąży istotne różnice w wartościach nacisków zaobserwowano na pięcie, paliczkach i kością łódkowatą ($p < 0,05$).

4. Dyskusja

Przegląd dostępnej literatury pokazuje, iż istnieje pilna potrzeba prowadzenia dalszych badań w tym obszarze. Dotychczasowe prace prezentują wybrane parametry chodu kobiet nieciężarnych, podczas trwania ciąży i po porodzie. Forczek i inni [1] przebadali grupę kobiet, w której zmierzili wybrane parametry chodu w trzech różnych stanach: przed zajściem w ciążę, w czasie ciąży i po porodzie. Do oceny różnic w ich sposobie poruszania się użyto systemu 3D Motion Vicon [1]. Wenhua i inni [2] przebadali dziewięć pacjentek ciężarnych i nieciężarnych pod kątem bólów kręgosłupa i miednicy. Dokonali ich oceny ze względu na prędkość chodu. Zmiany dotyczące lordozy lędźwiowej stwierdzili Otman i inni [3]. Ich badania dotyczyły 40 ciężarnych. Wykazano znaczące zwiększenie lordozy lędźwiowej wraz z rozwojem ciąży. Z kolei Gilleard i inni [4], porównując ustawienie miednicy, klatki piersiowej, głowy oraz krzywizny kręgosłupa w odcinku piersiowo-lędźwiowym i szyjno-piersiowym nie stwierdzili istotnego wpływu ciąży na postawę ciała. Odnotowano jedynie, że pojedyncze osoby różniły się w swojej reakcji posturalnej. Zmiany w układzie mięśniowo-szkieletowym u ciężarnych mogą prowadzić do różnych dolegliwości bólowych. Jednak Franklin i inni [5] u kobiet w zaawansowanej ciąży nie odnotowali zależności między stwierdzonym pogłębieniem lordozy lędźwiowej i zwiększeniem kąta przodopochylenia miednicy a bólami w dolnej części pleców. Ostgaard i inni [6] oceniali szereg parametrów u 855 kobiet w ciąży szukając korelacji z występowaniem bólów dolnej części pleców. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzili, że bólów pleców w ciąży nie da się wytłumaczyć dolegliwościami pierwotnie wyzwolonymi przez czynniki biomechaniczne. Bertuit i inni [7] badali naciski podszwowe podczas chodu w ciągu ostatnich czterech miesięcy trwania ciąży oraz w okresie poporodowym. Do badań wytypowali 58 kobiet w ostatnich czterech miesiącach ciąży, 9 kobiet po porodzie oraz 23 zdrowe kobiety jako grupa kontrolna. W czasie ciąży maksymalne naciski zaobserwowano w przedniej części stopy oraz pod piętą, co jest zgodne z wynikami zaprezentowanymi w tej pracy. Parametry maksymalnego nacisku wzrosły znacznie w śródstopiu. W grupie poporodowej parametry chodu różniły się od parametrów kobiet ciężarnych i były zbliżone do

grupy kontrolnej. [7] Nyska i inni [8] ocenili zmiany nacisków pod podeszwową stroną stopy u 28 kobiet w zaawansowanej ciąży przy użyciu systemu Emed. Grupę kontrolną stanowiło 28 kobiet nie będących w ciąży. W pomiarach statycznych kobiety w ciąży miały istotnie niższe naciski maksymalne w przodostopiu i wyższe naciski pod piętą w porównaniu z grupą kontrolną. W pomiarach dynamicznych kobiet ciężarnych, maksymalny nacisk był zwiększony w każdym wyodrębnionym obszarze stopy, co jest również zbieżne z moimi wynikami.

5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania za pomocą systemu baropodometrycznego umożliwiły uzyskanie informacji o sile nacisku i obciążeniach stóp kobiet ciężarnych. Badania te stanowią uzupełnienie klinicznej oceny i stanowią cenne źródło informacji w wyborze właściwego odciążania stóp. Dzięki obrazom dotyczącym rozmieszczenia nacisków pod podeszwową stroną stopy istnieje możliwość zaprojektowania wkładek z właściwymi elementami odciążającymi obciążone części stopy. W różnych trymestrach ciąży zaobserwowano zróżnicowane miejsca występowania maksymalnego nacisku. Informacja o tym, w którym miejscu znajduje się maksymalny nacisk jest ważna przy projektowaniu odpowiednich wkładek odciążających.

LITERATURA

- [1] Forczak W., Staszkiwicz R.: Changes of kinematic gait parameters due to pregnancy, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 2012, vol. 14 (4), p.113-119.
- [2] Wenhua Wu, Meijer, O. G., Jutte, P. C., Uegaki, K., Lamoth C. J., G. Sander de Wolf, van Dieen J.H., Wuisman, P. I., Kwakkel G., De Vries, J. I., Beek, P. J.: Gait in patients with pregnancy-related pain in the pelvis: an emphasis on the coordination of transverse pelvic and thoracic rotations, *Clinical Biomechanics*, 2002, vol. 17, p.678–686.
- [3] Otman A.S., Beksac M.S., Bagoze O.: The importance of ‘lumbar lordosis measurement device’ application during pregnancy, and post-partum isometric exercise, *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol.*, 1989, vol. 31(2), p.155-162.
- [4] Gilleard W.L., Crosbie J., Smith R.: Static trunk posture in sitting and standing during pregnancy and early postpartum, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 2002, vol. 83(12), p.1739-1744.
- [5] Franklin M. E., Conner-Kerr T.: An analysis of posture and back pain in the first and third trimesters of pregnancy, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 1998, vol. 28(3), p.133-138.
- [6] Ostgaard H.C., Andersson G.B., Schults A.B., Miller J.A.: Influence of some biomechanical factors on low-back pain in pregnancy. *Spine*, 1993, vol.18(1), p.61-65.
- [7] Bertuit J., Leyh C., Rooze M., Feipel V.: Plantar pressure during gait in pregnant women, *J Am Podiatr Med Assoc.* 2016; 106, 6:398-405.
- [8] Nyska M., Sofer D., Porat A., Howard CB., Levi A., Meizner I.: Planter foot pressures in pregnant women, Department of Orthopedic Surgery, Hadassah University Hospital, Ein Kerem, Jerusalem, Israel 1997, vol. 33(2), p.139-46.
- [9] Pauk J., Ihnatouski M., Najafi B.: Assessing plantar pressure distribution in children with flatfoot arch. Application of the Clarke angle, *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 2014, vol.104(6), p.622-632.
- [10] De Oliveira I.S., Figueira J, Figueira H., de Araújo R.P., Gabriel R., de Souza Santos C.A., Dantas E.H.M.: Measuring the association between the biomechanics of plantar

- pressure and musculoskeletal changes throughout pregnancy and postpartum, *Diversity & Equality in Health and Care*, 2016, vol.13(6), p.384-388.
- [11] Gzik M., Jozsko K., Wodarski P., Pieniążek J.: Badania modelowe zjawisk dynamicznych w odcinku lędźwiowym kręgosłupa człowieka, *Aktualne Problemy Biomechaniki*, 2013, zeszyt nr 7, s.53-58.
- [12] Śnieżek A., Mężyk A., Michnik R.: Analiza dynamiki i kinematyki chodu prawidłowego, *Aktualne Problemy Biomechaniki*, 2007, zeszyt nr 1, s.191-196.

EVALUATION OF PLANTAR PRESSURE DISTRIBUTION DURING GAIT IN PREGNANT WOMEN

Abstract: Pregnancy is a very special period in women's life. Anatomical, biomechanical and hormonal changes are characteristic for this period and may have impact on incorrect posture or affect musculoskeletal balance. Twenty-one pregnant women were recruited in three semesters pregnancy. Measurements included in-shoe plantar pressure distribution. Results suggest higher plantar pressure magnitude in all trimesters pregnancy. Especially, in the third trimester the changes in magnitude of pressure distribution were observe under the forefoot, medial arch and heel ($p<0,05$).