

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

ALEKSANDRA BITENC-JASIEJKO<sup>1,2</sup>

# PEDOBAROGRAFIA JAKO METODA DIAGNOSTYCZNA WCZESNEGO WYKRYWANIA ZAGROŻEŃ POWSTAWANIA RAN PRZECIĄŻENIOWYCH W OBRĘBIE CZĘŚCI PODESZWOWEJ STOPY U PACJENTÓW Z ZESPOŁEM STOPY CUKRZYCOWEJ

PEDOBAROGRAPHY AS A DIAGNOSTIC METHOD FOR EARLY DETECTION OF THE RISK OF OVERLOAD INJURIES WITHIN THE SOLE IN PATIENTS WITH DIABETIC FOOT SYNDROME

**STRESZCZENIE:** Rany przewlekłe w obrębie części podeszwowej stopy u chorych na cukrzycę i/lub w przebiegu neuropatii oraz zaburzeń krążenia w większości przypadków powstają w wyniku przeciążeń. Zwiększony nacisk na tkanki miękkie u pacjentów, u których występuje zmniejszona wrażliwość na ból (jako powikłanie zaburzeń czucia), stanowi ogromny problem w profilaktyce i wczesnej prewencji zagrożeń w zakresie powstawania ran. W związku z tym istotną kwestią jest prowadzenie u osób z grup ryzyka diagnostyki przesiewowej z zastosowaniem metod nieinwazyjnych, niewymagających wysokospecjalistycznych procedur medycznych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** neuropatia, pedobarografia, rana, stopa cukrzycowa, zmiany przeciążeniowe

**ABSTRACT:** Various causes of chronic wounds in patients with diabetes and/or with diabetic neuropathy and in patients with blood circulation problems have been described. Chronic wounds of the sole are mainly caused by over-excessive pressure. Due to sensory disturbances, the patient's sensitivity to pain is reduced, thus leading to soft-tissue overload. This is a considerable problem in general prophylaxis and early prophylaxis of wounds. Today, it is becoming increasingly important to ensure that high risk patients have constant access to health-related diagnostics and screening. These methods should be non-invasive or minimally invasive and should not require highly advanced medical procedures.

**KEY WORDS:** diabetic foot, high foot pressure, neuropathy, pedobarography, ulceration

- 1 Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu
- 2 Spondylus Przychodnia NZOZ w Szczecinie

✉ ALEKSANDRA BITENC-JASIEJKO  
Spondylus Przychodnia NZOZ  
w Szczecinie,  
al. Papieża Jana Pawła II 39,  
70-413 Szczecin,  
e-mail: abj@spondylus.pl

Wpłynęło: 05.04.2017  
Zaakceptowano: 22.06.2017  
DOI: dx.doi.org/10.15374/LR2017012

## WSTĘP

Zespół stopy cukrzycowej (ZSC) jest powikłaniem cukrzycy. W definicji WHO (ang. World Health Organization) ZSC zostało określone jako degeneracyjny stan tkanek, objawiający się infekcją i/lub raną (in. owrzodzeniem) współistniejącą z neuropatią. Neuropatię można stwierdzić u 7,5% pacjentów, a po 25 latach trwania cukrzycy dotyczy ona ponad 50% chorych [1]. Zespół stopy cukrzycowej występuje u około 20% diabetyków, w tym u 12–18% osób z cukrzycą typu II oraz 1–2% z cukrzycą typu I. Jednym z najcięższych i najkosztowniejszych powikłań ZSC jest amputacja kończyny dolnej. Niekiedy – w kilkuletnim odstępie – konieczna jest także amputacja drugiej kończyny [2]. W krajach

wysoko rozwiniętych zespół stopy cukrzycowej stanowi najczęstszą przyczynę nieurazowej utraty kończyny [3].

ZSC jest najczęstszym powikłaniem neuropatii cukrzycowej oraz zmian powstających w przebiegu stanu znacznego niedokrwienia kończyn dolnych [4]. W wyniku zaburzeń neurologicznych dochodzi do zaburzeń czucia (zarówno powierzchniowego, jak i głębokiego) [4]. Konsekwencją tych zaburzeń jest brak wrażliwości pacjenta na pierwsze symptomy uszkodzeń struktur miękkich lub na czynniki mogące prowadzić do takich uszkodzeń (ból, temperatura, wstrząsy itp.). Stanowi to znaczący problem w działaniach ukierunkowanych na profilaktykę ZSC.

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

## DIAGNOSTYKA PREWENCYJNA ZESPOŁU STOPY CUKRZYCOWEJ

Istotnym aspektem zapobiegania ZSC jest diagnostyka prewencyjna, w szczególności okresowe badania przesiewowe, oraz edukacja diabetologiczna pacjentów z grupy ryzyka. W „Zaleceniach klinicznych dotyczących postępowania u chorych na cukrzycę 2016”, opracowanych przez Polskie Towarzystwo Diabetologiczne (PTD), określono m.in. metody diagnostyczne, służące profilaktyce zmian przeciążeniowych [5].

W wytycznych PTD wskazano następujące metody diagnostyczne stosowane do oceny czucia:

- badanie czucia nacisku – monofilament o ucisku 10 g (Semmesa-Weinsteina 5.07);
- badanie czucia wibracji – neurotensjometr lub kalibrowany stroik 128 Hz;
- badanie czucia bólu – sterylna igła;
- ocena odczuwania temperatury – wskaźnik badawczy o dwóch zakończeniach – metalowym i plastikowym;
- badania elektroneurofizjologiczne [5].

W omawianych zaleceniach PTD określono również czynniki ryzyka ZSC, do których zaliczono m.in.: obecność modzele, zniekształcenie stopy oraz zwiększony nacisk na stronę podeszwową stopy [5].

W wytycznych Polskiego Towarzystwa Diabetologicznego, do diagnostyki służącej wczesnemu wykrywaniu zaburzeń w obrębie układu krążenia zaliczono również działania prewencyjne: „systematyczne badanie stóp z zastosowaniem badania fizykalnego (zaburzenia czucia) oraz badania tętna, wskaźnika kostka-ramię” [5]. Ponadto wskazano na konieczność „(...) regularnego stosowania zabiegów podiatrycznych (usuwanie modzeli i hiperkeratoz) oraz obuwia i wkładek dostosowanych do kształtu stopy, odpowiednich skarpet” [5]. Modzele, odciski i hiperkeratozy są zmianami powstającymi w wyniku punktowego i wzmożonego oraz (w większości przypadków) długotrwałego nacisku w obrębie podeszwy stopy (Ryc. 1 i 2). W grupie pacjentów z cukrzycą przeciążeniowe zmiany w obrębie części podeszwy stopy mogą wpływać na ryzyko rozwoju ZSC. Takie prawdopodobieństwo występuje zwłaszcza u chorych, u których obserwuje się zaburzenia czucia wynikające z neuropatii cukrzycowej [6, 7].

W zaleceniach diabetologicznych podkreślono znaczenie profilaktyki zaburzeń powstających w wyniku wzmożonego nacisku stopy na podłoże. W tym zakresie konieczne jest dobranie odpowiedniej metody diagnostycznej, która pozwoli na badanie rozkładu obciążeń stóp na podłoże w procedurach wczesnego wykrywania zagrożeń. Taką możliwością daje pedobarografia – metoda diagnostyki komputerowej – która, zgodnie z zasadą działania urządzenia nazywanego pedobarografem, pozwala na pomiar nacisku na część podeszwy stopy – zarówno podczas stania (tzw. badanie statyczne, Ryc. 3), jak i podczas chodu (badanie dynamiczne) [8, 9].

Analiza dynamiczna z zastosowaniem pedobarografii pozwala również na obserwację parametrów biomechanicznych stopy pacjenta, poprzez obrazowanie jej części podeszwy w każdej fazie chodu (tj.: lądowanie, przetaczanie i wybiecie) [10, 11]. Badanie pedobarograficzne jest nieinwazyjne, dlatego znajduje wiele zastosowań w profilaktyce zmian w obrębie stóp u osób dotkniętych cukrzycą – zarówno w obszarze profilaktyki zmian związanych z degradacją tkanek miękkich w wyniku nacisku, jak i deformacji oraz zniekształceń tkanki kostno-stawowej [12]. Zniekształcenia stóp (wady postawy), takie jak np. płaskostopie poprzeczne, często powodują wcześniej wspomniane zmiany z grupy *hyperkeratosis*. Rogowacenie i przerost naskórka przyjmują postać modzeli, odcisków itd., które w konsekwencji u osoby dotkniętej cukrzycą mogą spowodować zmianę przeciążeniową w postaci rany (Ryc. 4). Dlatego też niezmiernie istotnym aspektem jest przeprowadzanie okresowych badań pod kątem nieprawidłowości nacisku w obszarze stóp, wraz z zastosowaniem indywidualnych rozwiązań w zakresie zaopatrzenia odciążającego oraz rehabilitacji.

W celu zaprezentowania znaczenia pedobarografii u osób z cukrzycą poniżej zaprezentowano opis przypadku.

## OPIS PRZYPADKU

Do badania pedobarograficznego zgłosił się pacjent (lat 54) z raną w części podeszwy stopy (przodostopie, II, III, IV głowa kości śródstopia). Od 12 lat chorował na cukrzycę, był pod stałą kontrolą diabetologa. W wywiadzie ustalono, że – zanim doszło do rozwoju rany – w miejscu jej powstania obecna była zmiana z grupy hiperkeratoz (modzel). Silny ból pojawił się dopiero w momencie pęknięcia skóry w lokalizacji *hyperkeratosis*. Okazało się wówczas, że pod zmianą znajduje się rozległa na II, III, IV głowę kości śródstopia rana. Na Ryc. 4 przedstawiono ranę po 5 miesiącach leczenia specjalistycznymi opatrunkami.

Wynik badania z podoskanera 2D (metoda podoskopii komputerowej) zaprezentowano na Ryc. 5 (stopa lewa z raną) oraz na Ryc. 6 (stopa prawa bez rany). Podczas badania stwierdzono obecność zmiany w obrębie rany na lewej stopie (Ryc. 5), jednak na uwagę zasługiwał również fakt istnienia modzela w obrębie II głowy kości śródstopia oraz V głowy śródstopia w stopie prawej (Ryc. 6). Wyniki rozkładu obciążeń na stopy podczas stania wskazywały na istnienie wzmożonego nacisku w obszarze zmian skórnych (Ryc. 7). Zaobserwowano przeciążenie w obrębie rany w stopie lewej (obszar M2 – II głowa kości śródstopia oraz M3 – III głowa kości śródstopia). W wyniku kompensacji pacjent stał na kości piętowej, w obszarze której również można było zaobserwować znaczne przeciążenia, w szczególności w stopie prawej.

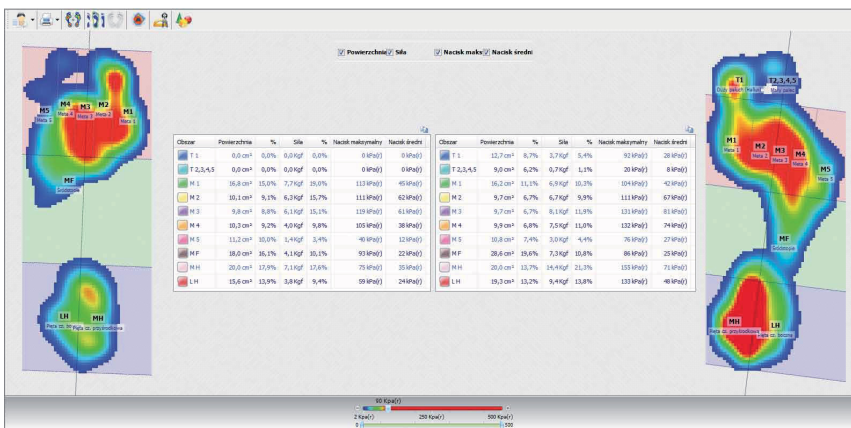
! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.



Ryc. 1. Zdjęcie stopy z modzelem wykonane podoskanerem 2D.



Ryc. 2. Stopa z modzelem.



Ryc. 3. Przykładowy wynik z pedobarografu E.P.S. R 1.



Ryc. 4. Stopa z raną przeciężeniową w obrębie przodostopia.

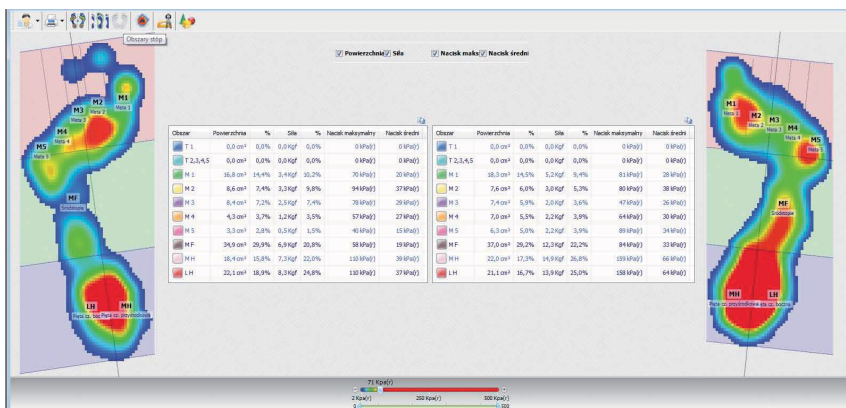


Ryc. 5. Wynik z podoskanera 2D – stopa lewa (zmieniona chorobowo).

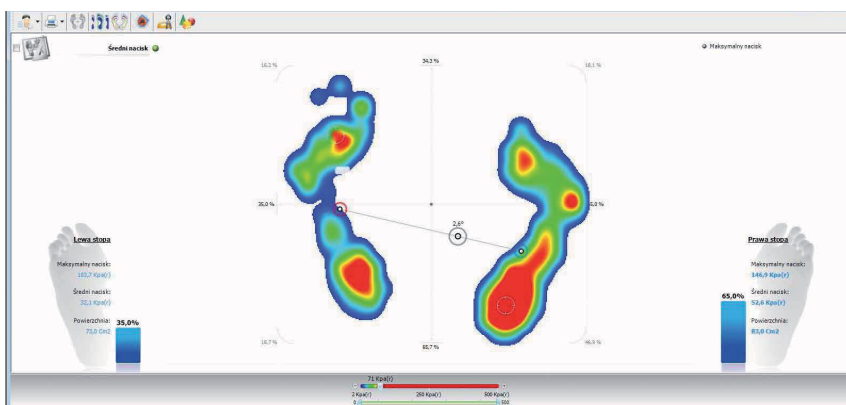


Ryc. 6. Wynik z podoskanera 2D – stopa prawa.

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.



Ryc. 7. Wynik z pedobarografu E.P.S. R1 – analiza statyczna prawej i lewej stopy.



Ryc. 8. Wynik z pedobarografu E.P.S. R1 – analiza statyczna, wynik rozkładu obciążeń na strony ciała.

W wyniku kompensacji pacjent przenosił ciężar ciała na prawą kończynę (65% obciążenia na prawej stronie ciała), przez co zmieniał położenie środka ciężkości ciała (Ryc. 8). Działanie to było ukierunkowane na odciążenie lewej stopy oraz unikanie bólu. W celu zobiektywizowania wyniku badania powtórzono trzykrotnie.

Przedstawiony przypadek dowodzi współistnienia wzmożonego ucisku punktowego z raną powstałą w wyniku zmiany przeciążeniowej. W wyniku badania pedobarograficznego uwidocznione zostały także inne miejsca wzmożonego nacisku w obrębie części podeszwowej, które powinny podlegać postępowaniu odciążającemu. Do tego celu przeznaczone są indywidualnie dobierane wkładki ortopedyczne, projektowane w oparciu o pomiary antropometryczne stóp, ocenę funkcjonalną oraz analizę pedobarograficzną w statyce i dynamice. Poza postępowaniem odciążającym i amortyzującym, ważnym aspektem w prewencji zagrożeń u pacjentów w przebiegu cukrzycy jest rehabilitacja – ukierunkowana nie tylko na usprawnianie i utrzymanie chorego w dobrej kondycji, lecz także na korekcję wad [13]. Jest to niezwykle istotne, ponieważ współistnienie wad stóp czy zniekształceń oraz neuropatii czuciowej przyczynia się do utraty funkcji tkanek miękkich. Efektem może być rozwój zarówno ran, jak

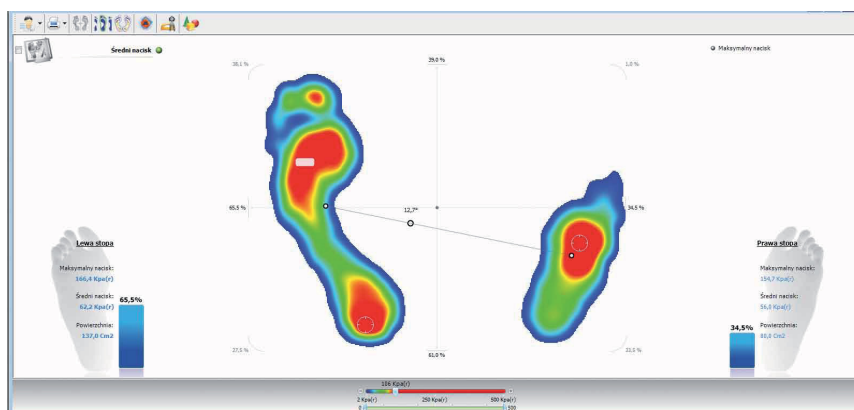
i neuropatii ruchowej, która prowadzi do zaników struktur mięśniowych w obrębie dolnych partii kończyn dolnych oraz stóp [14]. W efekcie wpływa na osłabienie struktur więzadłowych i zniekształcenie w strukturze kostno-stawowej, co prowadzi do zaburzeń prawidłowego wzorca chodu i zmian biomechanicznych, zwiększając znacznie ryzyko trwałych, wtórnych zniekształceń w obrębie stopy [15, 16].

## OSTEOARTROPATIA CHARCOTA

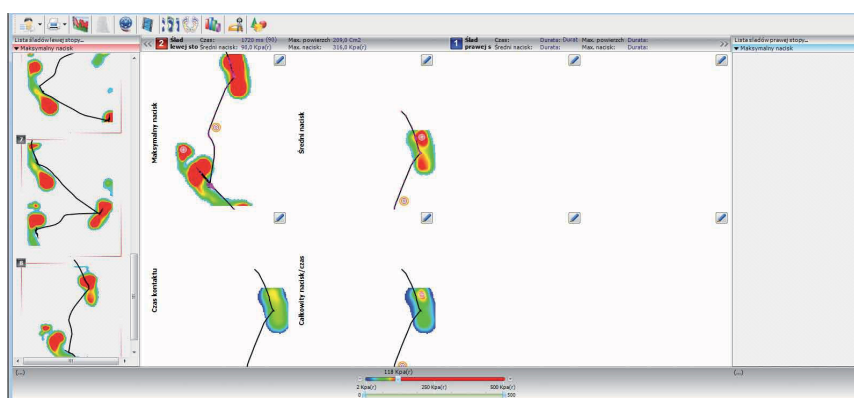
Przykładem zaawansowanych zmian w obrębie tkanki mięśniowo-kostnej jest tzw. staw Charcota (osteoartropatia Charcota), będący powikłaniem zespołu stopy cukrzycowej. Postawienie diagnozy jest możliwe na podstawie badań radiologicznych, w których stwierdza się: mikrozlamania, fragmentację kości, podwichnięcia, osteoporozę, osteolizę itp. Zaburzenia neuropatyczne, a w szczególności brak dolegliwości bólowych, sprzyjają w tym przypadku pogłębianiu stanu – w wyniku obciążania kończyny oraz zaburzeń krążenia [17].

Na Ryc. 9 przedstawiono wyniki badania pedobarograficznego pacjenta ze schorzeniem Charcota. W stopie prawej, ze zmienioną chorobowo tkanką kostno-stawową,

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.



Ryc. 9. Analiza statyczna pacjenta ze stopą Charcota.



Ryc. 10. Analiza chodu pacjenta ze stopą Charcota.

zaobserwowano znaczne przeciążenie w okolicy śródstopia. W wyniku zmiany pacjent kompensował rozkład obciążeń, przenosząc ciężar ciała na stronę lewą. Tym samym doszło do znacznego przeciążenia w obrębie lewej stopy – zarówno w przodostopiu, jak i w okolicy piętowej. Taki stan rzeczy przyczynia się do wzrostu ryzyka rozwoju zmian przeciążeniowych w obrębie stopy lewej (dotychczas bez zmian w obrębie tkanek miękkich oraz kostno-stawowych). Proces kompensacji – w wyniku zaburzeń w symetrii ciała – powoduje również istotne zagrożenia w obrębie wyższych partii ciała.

Analiza pedobarograficzna chodu tego samego pacjenta wskazywała znaczne przeciążenia w obrębie obu stóp. Biomechanika chodu była całkiem zaburzona zarówno w zakresie faz, symetrii i rytmu chodu, jak i przetaczania w obrębie obu stóp (Ryc. 10). Zaburzenia chodu oraz dystrybucji nacisku na stopach były tak znaczne, że kroki wykonywane przez stopę prawą (zmienioną chorobowo) były niepoprawnie identyfikowane przez oprogramowanie.

Analiza statyczna i dynamiczna u osób z osteoartropatią Charcota wskazuje na znaczne przeciążenia w obrębie stóp, które mogą prowadzić do pogorszenia stanu chorego. Wszelkie zmiany w antropometrii stopy przyczyniają się bowiem do zaburzeń w transmisji nacisku [18]. Badanie

pedobarograficzne służy w takim przypadku bieżącej kontroli pacjenta oraz projektowaniu elementów odciążających w celu zapobiegania powstawaniu ran i rehabilitacji. W przypadku zaawansowanych zniekształceń w przebiegu cukrzycy niezbędne jest wykonanie – poza pedobarografią – szczególnych badań, takich jak np.: tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny, scyntygrafia kości [19].

## PODSUMOWANIE

W przebiegu neuropatii cukrzycowej, w wyniku zaburzeń czucia, obniża się wrażliwość pacjenta na ból. Stanowi to poważne zagrożenie w procesie zapobiegania zmianom w postaci tzw. stopy cukrzycowej. Dbałość o prawidłowy poziom glukozy, prowadzenie odpowiedniej diety oraz aktywności ruchowej to podstawowe zalecenia dla chorych, realizowane w procedurach edukacji diabetologicznej. Właściwa pielęgnacja stóp (pedicure medyczny, podologiczny) i przesiewowe badania czucia, temperatury oraz przepływu (wskaźnik kostka-ramię) stanowią podstawę zaleceń określających procedury diagnostyczne w procesie wczesnego wykrywania zmian neurologicznych u chorych dotkniętych cukrzycą.

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

U pacjentów z neuropatią cukrzycową, w kontekście profilaktyki powstawania ran w obrębie części podeszwy stopy, istotną kwestią jest eliminacja przeciążeń powstających podczas stania oraz chodu w wyniku działania grawitacyjnego. Zastosowanie odpowiednich skarpet i wygodnego oraz dobrze dopasowanego obuwia może okazać się niewystarczające, głównie ze względu na fakt koniecznej indywidualizacji w odniesieniu do antropometrii stopy pacjenta, posiadanych zniekształceń, wagi i innych cech osobniczych. Niezwykle istotne znaczenie ma wczesne wykrywanie zagrożeń zmianami przeciążeniowymi. Zastosowanie tychże w procedurach badań przesiewowych u osób dotkniętych cukrzycą może bowiem stanowić o wczesnej prewencji powstania zespołu stopy cukrzycowej. W porównaniu do wysokospecjalistycznych badań – jakimi są np.: USG, RTG, rezonans magnetyczny itp. – badanie pedobarograficzne nie wymaga wysokich kwalifikacji lekarskich i charakteryzuje się jednocześnie niższym kosztem w zakresie sprzętu diagnostycznego oraz jego eksploatacji. Zastosowanie badań pedobarograficznych przez interdyscyplinarny zespół specjalistów zajmujących się schorzeniami diabetologicznymi nie tylko pozwala na wczesne wykrywanie zagrożeń, lecz także umożliwia projektowanie indywidualnego zaopatrzenia odciążającego (wkładki, obuwie) oraz szczegółową analizę postępów rehabilitacji pacjenta.

KONFLIKT INTERESÓW: nie zgłoszono.

## PIŚMIENNICTWO

1. Szczyrba S, Kozera G, Bieniaszewski L, Nyrka WM. Neuropatia cukrzycowa – patogeneza, rozpoznawanie, zapobieganie, leczenie. Forum Med Rodz 2010;4(5):339–355.
2. Strojek K, Fabian W, Koziarska-Rościszewska M, Szymczyk I. Cukrzyca. Praktyka Lekarza Rodzinnego. 1<sup>st</sup>edn. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2008, p. 86.
3. Korzon-Burakowska A. Zespół stopy cukrzycowej – patogeneza i praktyczne aspekty postępowania. Chor Serca Naczyń 2007;4(2):93–98.
4. Perkins BA, Brill V. Diabetic neuropathy: a review emphasizing diagnostic methods. Clin Neurophysiol 2003;114(7):1167–1175.
5. Polskie Towarzystwo Diabetologiczne. Zalecenia kliniczne dotyczące postępowania u chorych na cukrzycę 2016. Stanowisko Polskiego Towarzystwa Diabetologicznego. Diabetol Klin 2016;5(Suppl. A).
6. Bell WB. Further studies on the production of bovine hyperkeratosis by the administration of a lubricant. Virginia J Sci 1952;3:169–177.
7. Armstrong DG, Lavery LA, Nixon BP, Boulton AJ. It's not what you put on, but what you take off: techniques for debriding and off-loading the diabetic foot wound. Clin Infect Dis 2004;39(Suppl. 2):S92–S99.
8. Cavanagh PR, Henley JD. The computer era in gait analysis. Clin Podiatr Med Surg 1993;10(3):471–484.
9. Hughes J. The clinical use of pedobarography. Acta Orthop Belg 1993;59(1):10–16.
10. Cavanagh PR, Ae M. A technique for the display of pressure distributions beneath the foot. J Biomech 1980;13(2):69–75.
11. Lorkowski J. Methodology of pedobarographic examination – own experiences and review of literature. Przegl Lek 2006;63(Suppl. 5):S23–S27.
12. Friedlein J, Lorkowski J, Wilk R, Hładki W. Neuroartropatia Charcota – etiologia, diagnostyka i leczenie. Ostry Dyżur 2015;8(3):82–86.
13. Jaźwa P, Kwolek A, Misior A. Rehabilitacja jako składowa leczenia i prewencji neuropatii cukrzycowej. Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego 2005;2:188–192.
14. Cavanagh PR, Bus SA. Off-loading the diabetic foot for ulcer prevention and healing. Plast Reconstr Surg 2011;127(Suppl. 1):S248–S256.
15. Jeffcoate WJ. Charcot foot syndrome. Diabet Med 2015;32(6):760–770.
16. Jasik M, Karnafel W. Rozpoznanie i terapia przyczynowa neuropatii cukrzycowej. Diabetol Pol 2004;11:135.
17. Czech A. Późne powikłania cukrzycy typu II. Pol Tyg Lek 1993;48(Suppl. 1):S23–S28.
18. Bus SA. Foot structure and footwear prescription in diabetes mellitus. Diabetes Metab Res Rev 2008;24(Suppl. 1):S90–S95.
19. Al-Busaidi IS, Mason R, Lunt H. Diabetic Charcot neuroarthropathy: the diagnosis must be considered in all diabetic neuropathic patients presenting with a hot, swollen foot. N Z Med J 2015;128(1423):77–80.