

Teresa Koblik¹, Jacek Sieradzki¹, Barbara Mirkiewicz-Sieradzka², Elżbieta Gryz³, Bożena Rajchel-Chyla⁴, Robert Gajewski⁴, Anna Ewy-Skalska⁵

¹Katedra i Klinika Chorób Metabolicznych Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego

²Katedra i Klinika Okulistyki Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego

³Klinika Neurologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego

⁴Centralne Laboratorium Przemysłu Obuwniczego w Krakowie

⁵Katedra i Klinika Radiologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego

Rozkład nacisków na podszwawą powierzchnię stopy u osób zdrowych oraz u chorych na cukrzycę typu 1 i 2

Distribution of plantar pressure in healthy controls and patients with type 1 and 2 diabetes

STRESZCZENIE

WSTĘP. Celem pracy jest ocena rozkładu podszwawych nacisków w grupie osób zdrowych i chorych na cukrzycę typu 1 i 2 przy obecności lub braku neuropatii ruchowo-czuciowej. Opisane badania stanowią wstęp do opracowania pierwszego polskiego obuwia profilaktycznego, uwzględniającego odciążenie miejsc wysokiego ryzyka owrzodzenia na stopie. **MATERIAŁ I METODY.** Przebadano grupę 215 zdrowych osób, 56 osób chorych na cukrzycę typu 1, 61 chorych na cukrzycę typu 2. Badano zaawansowanie przewlekłych powikłań cukrzycy, szczególnie neuropatii, którą oceniano na podstawie skali NDS, NSS i przewodnictwa nerwowego. Pomiar nacisku [N/cm²] wykonano za pomocą systemu Emed-SF V2.1. **WYNIKI BADAŃ.** Wśród osób zdrowych stwierdzono największe naciski pod 2 (38,8 N/cm²) i 3 głową (33,4 N/cm²) kości śródstopia. Podobne wyniki uzyskano w populacji osób chorych na cukrzycę typu 1. U chorych na cukrzycę typu 2 ciśnienie pod 2 (45,5 N/cm²), 3 (39,6 N/cm²), 4 (31,8 N/cm²) głową kości śródstopia było statystycznie istotnie wyższe w porównaniu z populacją zdrowych osób. Podobnie wysokie

ciśnienie stwierdzono pod 3 i 4 głową kości śródstopia w cukrzycy typu 2 powikłanej neuropatią. **WNIOSKI.**

1. Miejscami największego nacisku u osób zdrowych są: paluch, pięta, 2 i 3 głowa kości śródstopia.
2. U chorych na cukrzycę typu 2 naciski na 2, 3, 4 i 5 głowie kości śródstopia są istotnie statystycznie większe niż u osób zdrowych i chorych na cukrzycę typu 1.
3. U chorych na cukrzycę typu 2 powikłaną neuropatią ruchową i czuciową najwyższe naciski występują na 3 i 4 głowie kości śródstopia i różnią się one istotnie statystycznie od grupy osób zdrowych.
4. Szczególnych zabiegów prewencyjnych w postaci odciążenia główek kości śródstopia wymagają chorzy na cukrzycę typu 2, zwłaszcza powikłaną neuropatią ruchowo-czuciową.

ABSTRACT

OBJECTIVE. To investigate the distribution of plantar pressures in healthy subjects and in patients with type 1 and 2 diabetes with or without sensorimotor neuropathy (SMN). The paper opens a series of studies aiming at the construction of the first Polish prophylactic footwear, which would offload the sites at high risk of plantar foot ulceration.

MATERIAL AND METHODS. We studied 215 healthy subjects, 56 patients with type 1 diabetes, and 61 patients with type 2 diabetes. Chronic complications

Adres do korespondencji: Teresa Koblik
Katedra i Klinika Chorób Metabolicznych
Collegium Medicum UJ
ul. Kopernika 15, 31-501 Kraków

Diabetologia Praktyczna 2001, tom 2, nr 1, 71-78
Copyright©2001 Via Medica

Nadesłano: 2000.11.10 Przyjęto do druku: 2001.01.12

of diabetes were evaluated, especially neuropathy based upon NDS score, NSS score and neural conduction. We used the Emed-SF V2.1 system to measure plantar pressures [N/cm²].

RESULTS. Among the healthy individuals the highest pressures were observed below the second and the third metatarsal head (38,8 N/cm² and 33,4 N/cm², respectively). Similar results were found in the group of type 1 diabetes patients. However, the patients with type 2 diabetes mellitus had statistically significant higher pressures below the second, the third, and the fourth metatarsal head when compared with non-diabetic controls (45,5 N/cm², 39,6 N/cm², 31,8 N/cm², respectively). Similar results below the third and fourth metatarsal head were observed in the group of type 2 diabetes patients complicated by diabetic neuropathy.

CONCLUSIONS.

1. The highest pressures in healthy subjects were identified under great toe, the second and third metatarsal head.
2. Patients with type 2 diabetes have significantly higher pressures under the second through fifth metatarsal heads as compared with healthy subjects and type 1 diabetics.
3. In patients with type 2 diabetes complicated by SMN the highest pressures are found under the third and fourth metatarsal head, being significantly different from healthy subjects.
4. Special preventive procedures i.e. offloading metatarsal heads are necessary in patients with type 2 diabetes, especially those with concomitant SMN.

Wstęp

Zespół stopy cukrzycowej, szczególnie przebiegający z owrzodzeniem, stanowi istotną przyczynę śmiertelności, chorobowości i częstszej, przedłużającej się hospitalizacji [36]. Naturalny przebieg choroby może prowadzić do amputacji kończyny dolnej.

Wobec tego zrozumiała jest chęć poznania czynników etiopatogenetycznych i sprawczych — mogłoby to pozwolić na skuteczniejszą prewencję, a tym samym na częściowe ograniczenie liczby amputacji u osób chorujących na cukrzycę. Uznany powszechnie czynnikami ryzyka owrzodzenia są: neuropatia, wzmożone naciski na powierzchnię podeszwy stopy oraz powtarzające się mikrourazy [6, 7, 20, 25, 42, 45, 46]. Inni autorzy wymieniają również ograniczenie ruchomości stawów i choroby naczyń [2, 17, 18]. Związek pomiędzy wysokimi wartościami ciśnienia w stopie a występowaniem owrzo-

dzenia nie budzi wątpliwości. Próbowano ocenić czynniki wpływające na zmienność wysokości, jak i rozkładu ciśnienia w stopie cukrzycowej i zdrowej. Autorzy wymieniają takie czynniki, jak: masa ciała [13, 23], która wpływa jedynie na 14% zmienności ciśnienia, neuropatia [20, 25], zmiany strukturalne stopy [23], obszar kontaktu stopy z podłożem, ograniczenie ruchomości w stawach, zaburzenia chodu i jego dynamiki w wyniku zaników mięśniowych, zmiana stosunku prostowników do zginaczy, nadmierna ekspozycja główek kości śródstopia w przebiegu neuropatii, zmiany struktury kości i tkanek miękkich stopy [10, 12, 26], glikozylacja kolagenu [16].

Od momentu zastosowania specjalistycznej aparatury do pomiaru nacisków podeszwy powierzchni stopy (system Emed, Pedar, Burato) [11] możliwa stała się obiektywna ocena wielkości ciśnienia oraz skuteczności stosowanego odciążenia. Wielu autorów oceniało w ten sposób skuteczność odciążenia stosowanego w redukcji podwyższonego ciśnienia stopy. Stosowanie specjalistycznych wkładek lub obuwia pozwalało na nawet ponad 50-procentową redukcję ciśnienia [4, 11, 21, 24, 27, 30, 37, 44].

W profilaktyce owrzodzenia istotne stało się więc opracowanie specjalistycznego obuwia odciążającego — pierwszego polskiego profilaktycznego obuwia dla chorych na cukrzycę. Zadanie to stanowiło cel podjętego przez autorów programu. Wstępnym etapem tych badań, stanowiącym przedmiot niniejszej pracy, była próba odpowiedzi na pytania:

1. Jaka jest wielkość i rozkład nacisków na powierzchnię podeszwy stopy u osób chorych na cukrzycę typu 1 i 2 w porównaniu z osobami bez cukrzycy (grupa kontrolna)?
2. Jaka jest wielkość i rozkład nacisków na powierzchnię podeszwy stopy u chorych na cukrzycę typu 1 i 2 ze zdiagnozowaną neuropatią ruchowo-czuciową i innymi powikłaniami cukrzycowymi?
3. Czy i jaki związek istnieje pomiędzy neuropatią ruchowo-czuciową a wielkością i rozkładem ciśnienia podeszwy stopy u chorych na cukrzycę?

Materiał i metody

Badaniem objęto 215 zdrowych osób, 56 chorych na cukrzycę typu 1 i 61 chorych na cukrzycę typu 2. U chorych na cukrzycę wykonywano następujące badania dotyczące oceny przewlekłych powikłań:

1. Badanie okulistyczne
2. Badanie neurologiczne
 - A. Ocena kliniczna:
 - odpowiedź na pytania zawarte w specjalnie przygotowanej ankiecie;

— badanie neurologiczne ukierunkowane na obecność neuropatii.

B. Ilościowa ocena zaburzeń czucia

— ocena czucia wibracji — próg czucia wibracji badano za pomocą aparatu, zwanego biotensjometrem lub palestezjometrem, wyprodukowanego na Politechnice Gdańskiej;

— czucie ucisku — badane za pomocą miernika progu i tolerancji czucia ucisku, wyprodukowanego przez *Pain Diagnostic and Thermography INC, 133 East Shore Road, Siute 108, Great Neck, New York 11023*;

— czucie temperatury — badane za pomocą specjalnej komputerowej techniki z zastosowaniem elektrody termicznej działającej w układzie zamkniętym cieczy, która pozwala ocenić wrażliwość chorego na wzrost i spadek temperatury.

C. Elektrofizjologiczna ocena szybkości przewodnictwa nerwowego, dokonywana przy użyciu typowych elektrod powierzchniowych (drażniących, odbiorczych) i aparatu firmy *Medelec Shapire ZME (Wielka Brytania)*

3. Badanie struktury kości

Badanie struktury kości wykonano aparatem Achilles plus.

4. Badanie RTG stopy

Badanie wykonano w czterech projekcjach dla każdego chorego. Oceniano:

— zmiany zwyrodnieniowe;

— zmiany konstrukcji stopy;

— osteoporozę;

— zmiany w naczyniach stopy.

Zdjęcie było oceniane przez dwóch lekarzy specjalistów.

5. Badanie dopplerowskie przepływów w kończynach dolnych

Badanie wykonano przy użyciu przepływomierza BIDOP ES 100V II.

Oznaczenie hemoglobiny glikowanej (HbA_{1c})

Oznaczenie hemoglobiny glikowanej (HbA_{1c}) wykonywane jest aparatem „Variant”, który wywołuje proces wymiany jonowej wysokociśnieniowej chromatografii cieczowej (HPLC) w celu automatycznego i dokładnego rozdzielenia poszczególnych frakcji hemoglobin we krwi.

Badanie rozmieszczeń nacisków podszwowej powierzchni stopy

Badanie rozmieszczenia nacisków na podszwowej powierzchni stopy podczas chodzenia wykonano za pomocą urządzenia EMED-System (Emed SF V 2.1). Stanowisko badawcze składa się z platformy pomiarowej typu 2736/4 z 4 czujnikami na cm^2 ,

analizatora (przekazującego pomiary z platformy na ekran monitora), kolorowego monitora, na którym widoczne są wartości zbadanych nacisków, klawiatury umożliwiającej wprowadzenie komend roboczych oraz kolorowej drukarki. Platforma pomiarowa została umieszczona na bieżni o długości 5 m i szerokości 1 m, pokrytej czarną gumą, na której znajduje się także ruchomy starter, służący do ustawienia indywidualnej pozycji badanej osoby.

W celu wykonania pomiaru osoba badana przechodziła przez bieżnię, stawiając piąty krok na platformie pomiarowej. Kontakt z płaszczyzną platformy następował przypadkowo, tak aby nie doszło do zafaszowania pomiaru na skutek świadomego zniekształcenia stawianego kroku. W tym celu wykonywano kilka prób, które doprowadzały do takiego ustawienia startera, aby osoba badana przypadkowo postawiła stopę na platformie. Wykonano po 5 pomiarów na prawej i lewej stopie.

Po wykonaniu badań uzyskano schemat rozkładu nacisków na podszwowej stronie stopy w formie kolorowych obrazów przedstawiających maksymalne naciski w N/cm^2 w poszczególnych regionach stopy. Z obrazów tych odczytano maksymalne naciski w następujących regionach stopy: 1 palec, 2 palec, 3 palec, 4 palec, 5 palec, głowa 1 kości śródstopia, głowa 2 kości śródstopia, głowa 3 kości śródstopia, głowa 4 kości śródstopia, głowa 5 kości śródstopia, śródstopie, pięta.

Wyniki

Charakterystykę badanej populacji przedstawia tabela 1. Wiek oraz masa ciała w grupie osób bez cukrzycy (kontrolnej), jak i w grupie chorych na cukrzycę były podobne, a w tej drugiej grupie wykazano podobny czas trwania zarówno cukrzycy typu 1, jak i 2 oraz podobny stopień wyrównania metabolicznego, określony na podstawie poziomu HbA_{1c} . Tabela 2 przedstawia częstość przewlekłych powikłań cukrzycy. Można zauważyć, że powikłania ze strony narządu wzroku w postaci retinopatii częściej towarzyszą cukrzycy typu 1, natomiast dla cukrzycy typu 2 bardziej charakterystyczna jest neuropatia obwodowa, zwłaszcza jej mieszana postać ruchowoczuciowa. Przedmiotem oceny radiologicznej (tab. 3) było zaawansowanie zmian zwyrodnieniowych, osteoporotycznych oraz związanych z neuropatią, na przykład zwapnienia tętnicy grzbietowej stopy. U 12% osób stwierdzono zwapnienia tętnic grzbietowych stopy, u 1% chorych — osteolizę, natomiast u 13% — zmiany kostne o typie osteoporozy, podczas gdy osteoporoza, diagnozowana za pomocą systemu ultradźwiękowego Achilles, występowała je-

Tabela 1. Charakterystyka populacji

	Grupa kontrolna	Cukrzyca	Typ 1	Typ 2
Wiek	45,69 ± 12,7	49,2 ± 15,8	37,21 ± 13,27	60,41 ± 8,05
Masa ciała	71,9 ± 14,5	75,0 ± 13,2	70,9 ± 13,33	78,51 ± 11,0
Czas trwania cukrzycy	–	15,15 ± 8,69	15,2 ± 9,9	15,1 ± 7,05
HbA _{1c}	–	7,8 ± 1,38	7,8 ± 1,36	7,8 ± 1,40

Tabela 2. Przewlekłe powikłania cukrzycy

	n = 56 Cukrzyca typu 1	n = 61 Cukrzyca typu 2
Retinopatia nieproliferacyjna	33 (59%)	29 (47,5%)
Retinopatia proliferacyjna	3 (5,3%)	4 (6,5%)
Neuropatia ruchowa	6 (10,7%)	13 (21,3%)
Neuropatia czuciowa	3 (5,3%)	6 (9,8%)
Neuropatia ruchowo-czuciowa	19 (34%)	34 (55,7%)

Tabela 3. Zmiany kostne w cukrzycy typu 1 i 2

Badanie RTG	
Koślawość palucha	15%
Ostrogi piętowe	40%
Osteoporoza	13%
Osteoliza	1%
Zwapnienie tętnicy grzbietowej stopy	12%
Badanie densytometryczne (aparatem typu Achilles)	
Częstość osteoporozy	9,35%

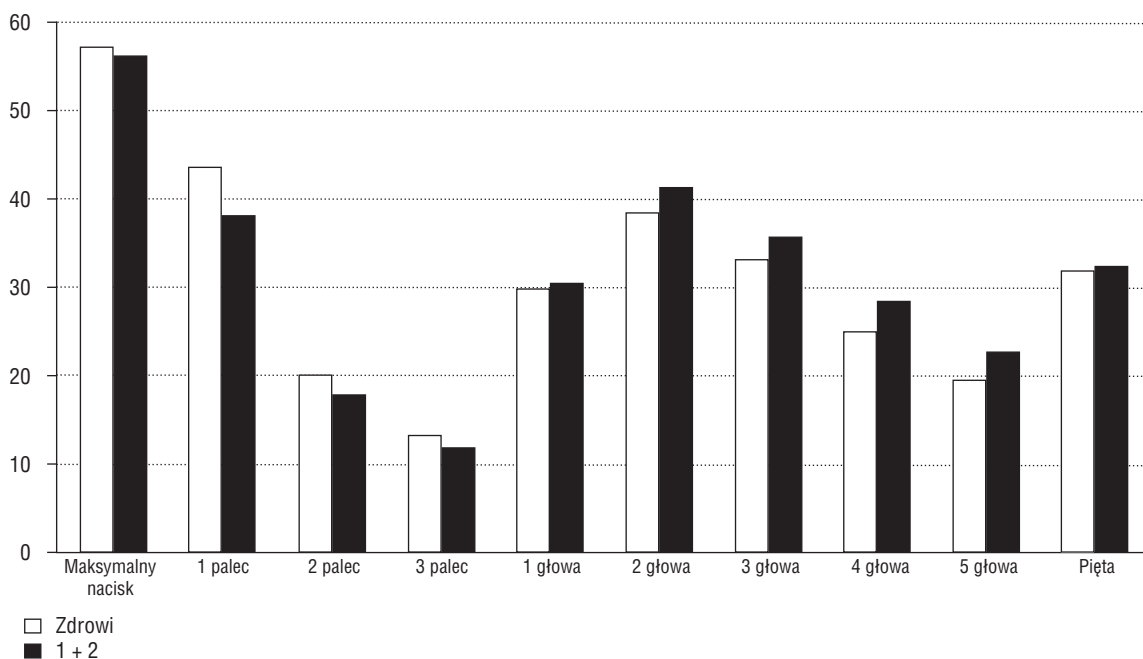
dynie u 9,3% osób. Wyniki badania nacisków podszwowej części stopy przedstawiono w tabeli 4.

Nie stwierdzono statystycznie istotnej korelacji pomiędzy wielkością nacisków (mierzoną w N/cm²) a wiekiem i czasem trwania cukrzycy. Rycina 1 pokazuje, że u osób chorujących na cukrzycę (typ 1 i 2) występują większe naciski pod główkami kości śródstopia, podczas gdy u osób bez cukrzycy — pod palcami. U chorych na cukrzycę typu 1 wartości nacisków są podobne jak u osób bez cukrzycy, natomiast osoby chore na cukrzycę typu 2 osiągają sta-

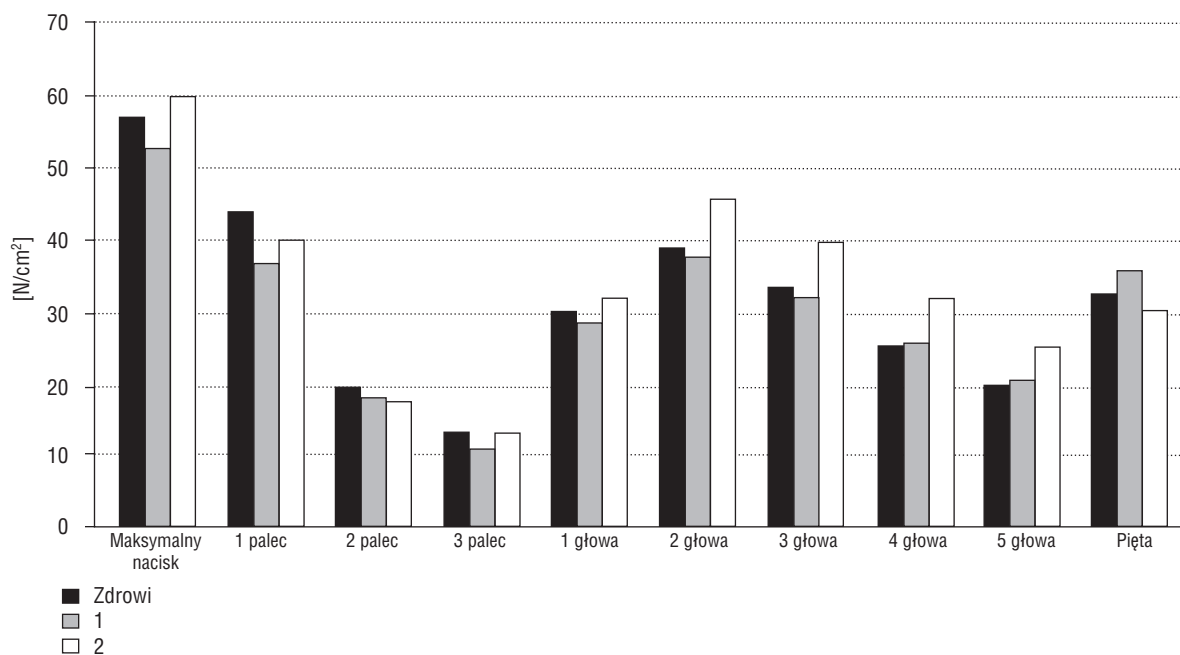
Tabela 4. Rozkład nacisków podszwowej powierzchni stopy u osób zdrowych oraz u chorych na cukrzycę typu 1 i 2

	Osoby zdrowe n = 215		Chorzy na cukrzycę typu 1 n = 56		Chorzy na cukrzycę typu 2 n = 61		Chorzy na cukrzycę typu 2 z neuropatią n = 39	
	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
1 palec	43,82	20,9	36,7	10,5	39,8	24,3	39,2	25,1
2 palec	19,8	11,3	18,3	10,7	17,8	11,6	16,1	10,1
3 palec	13,5	8,4	10,6	7,4	13,3	9,8	12,6	9,7
1 głowa	30,1	19,0	29,5	18,8	31,9	20,1	34,8	20,7
2 głowa	38,8	17,7	37,6	14,9	45,5*	21,8	44,6	19,3
3 głowa	33,4	13,2	32,0	8,9	39,6*	13,2	39,2*	12,6
4 głowa	25,4	9,8	25,6	8,6	31,8*	14,1	32,3*	14,9
5 głowa	19,8	12,8	20,5	12,8	25,2*	15,9	22,9	11,9
Pięta	33,4	9,5	35,5	12,5	30,1	6,6	29,6	6,7

* p < 0,05



Rycina 1. Porównanie nacisków na podszwowej powierzchni stopy u osób zdrowych i chorych na cukrzycę typu 1 (1) i typu 2 (2)



Rycina 2. Porównanie nacisków na podszwowej powierzchni stopy u osób zdrowych i chorych na cukrzycę typu 1 (1) i cukrzycę typu 2 (2)

tystycznie istotne wyższe wartości nacisków pod 2, 3, 4, 5 główką kości śródstopia zarówno w stosunku do grupy kontrolnej, jak i chorych na cukrzycę typu 1 (ryc. 2). Badając osoby chore na cukrzycę typu 2, u których stwierdzono obecność neuropatii

obwodowej ruchowej lub czuciowej (ryc. 3), wykazano istotnie statystycznie wyższe wartości nacisków jedynie pod 3, 4 główką kości śródstopia w porównaniu z grupą osób zdrowych i chorych na cukrzycę typu 1.

Porównując całą populację osób badanych, chorych na cukrzycę bez neuropatii, z osobami ze stwierdzoną neuropatią obwodową, nie wykazano statystycznie istotnych różnic nacisków pod głowami kości śródstopia (ryc. 3), można jednak zauważyć, że istnieje tendencja do występowania wyższych wartości nacisków pod głowami kości śródstopia (1–5) u osób ze stwierdzoną neuropatią.

Dyskusja

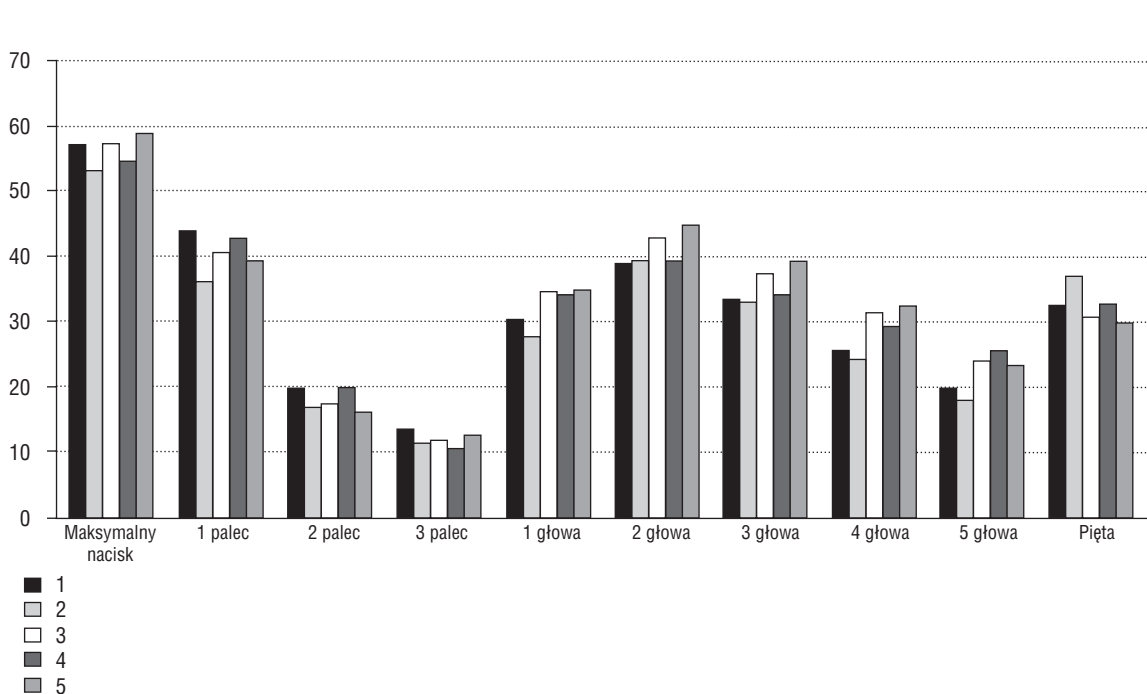
Zdrowy człowiek w czasie chodzenia generuje nieco inne pola wzmożonego nacisku podszwowej części stopy niż osoba chorująca na cukrzycę. Stwierdzono podobne obciążenia stopy u osób bez cukrzycy (nacisk na paluch, 3 główkę kości śródstopia, 1 główkę i piętę) [18]. Wartości tych ciśnień były podobne do stwierdzonych przez autorów i wyniosły $40,7 \pm 1,7 \text{ N/cm}^2$ w grupie kontrolnej i u chorych na cukrzycę bez owrzodzenia, natomiast $48,8 \pm 2,8 \text{ N/cm}^2$ (najwyższe) w grupie osób z owrzodzeniem neuropatycznym [18].

W niniejszej pracy analizie poddano chód osób chorych na cukrzycę typu 1 i 2, u których rozkład wielkości nacisków był podobny do wyników prezentowanych przez innych autorów. Najwyższe naciski występowały pod 2 główką kości śródstopia, paluchem, a także pod 3 główką i piętą. Stess i Jensen stwierdzili najwyższe wartości ciśnienia pod 1–3 główką, a u osób

z owrzodzeniem neuropatycznym w największym stopniu obciążone były 4 i 5 główka kości śródstopia [42].

Badania autorów wykazały, że ciśnienie generowane pod główkami kości śródstopia jest statystycznie istotnie wyższe u osób chorych na cukrzycę typu 2 w porównaniu z grupą osób zdrowych i chorych na cukrzycę typu 1. Biorąc pod uwagę takie czynniki wpływające na wartości ciśnienia, jak: struktura stopy, obszar kontaktu stopy z podłożem [12], dynamika chodu, masa ciała [13], wiek [23], neuropatia [20, 25], grubość tkanki, stopień glikozylacji kolagenu, modzele, zmiany w strukturach kostnych [16, 19], wydaje się, że w cukrzycy tego typu występuje kumulacja wyżej wymienionych czynników, szczególnie zmian strukturalnych stopy, modzeli i neuropatii. Nie można traktować podwyższonego nacisku jako pojedynczego czynnika ryzyka owrzodzenia, gdyż zdaniem innych autorów naciski są zwiększone u 36% zdrowych osób, a wśród osób chorujących na cukrzycę tylko u 73% [11]. Inni badacze podają, że u 42% chorych na cukrzycę z neuropatycznym owrzodzeniem nie występowały zwiększone naciski [20]. W badaniach autorów nie stwierdzono istotnych zmian w cukrzycy typu 1, co może mieć związek z mniejszymi deformacjami stopy, mniejszą częstością modzeli oraz neuropatii, a także małym nasileniem zmian naczyniowych.

Otwartą kwestią stanowi ustalenie wartości krytycznej, powyżej której znacznie rośnie ryzyko wy-



Rycina 3. Porównanie nacisków na podszwowej powierzchni stopy u osób: zdrowych (1), chorych na cukrzycę bez neuropatii (2), chorych na cukrzycę, u których stwierdzono neuropatię (3), chorych na cukrzycę typu 1 (4), chorych na cukrzycę typu 2 (5)

stąpienia owrzodzenia. Jedni autorzy wskazują na wartość 98 N/cm², inni — 40 N/cm² [42].

Podsumowując, należy stwierdzić, że wysokie ciśnienie nie jest bezwzględny czynnikiem ryzyka wystąpienia owrzodzenia, ale jest ono na tyle istotne, że w działaniach prewencyjnych nie sposób pominąć faktu jego obecności. Dzięki obiektywizacji tych badań, z wykorzystaniem systemów Emed, Pedar, Burato, można ocenić redukcję wysokości ciśnienia przy zastosowaniu specjalnego obuwia i wkładki (stosownie dobrane pozwolą na redukcję ciśnienia nawet o 48%) [4, 7, 29]. Powyższe badania zakończyło skonstruowanie pierwszego polskiego obuwia prewencyjnego dla chorych na cukrzycę.

Znaczenie neuropatii w powstawaniu owrzodzenia nie budzi wątpliwości [20, 25]. Dyskusyjna jest natomiast sprawa wpływu neuropatii na podwyższenie ciśnienia, na przykład poprzez wywołanie przez nią zmiany konstrukcji stopy (nadmierna ekspozycja główek kości śródstopia). Powstaje pytanie, czy jest to niezależny czynnik ryzyka czy czynnik akcelerujący. Niektórzy badacze stwierdzili najwyższe wartości ciśnienia u osób z najbardziej zaawansowaną neuropatią (obecne neuropatyczne owrzodzenie lub staw Charcota) [3]. Badania autorów nie wykazały istotnie wyższych wartości ciśnień u osób chorych na cukrzycę z neuropatią. Wszyscy chorzy na cukrzycę typu 2 będą więc wymagać szczególnych działań prewencyjnych realizowanych poprzez edukację oraz dobór specjalistycznego obuwia.

Wnioski

1. Miejscami największego nacisku na podszewkę powierzchni stopy u osób zdrowych są: paluch, pięta oraz 2 i 3 główka kości śródstopia.
2. Chorzy na cukrzycę typu 2 w porównaniu z osobami bez cukrzycy, jak i z chorymi na cukrzycę typu 1, prezentują statystycznie istotne wyższe wartości nacisków na 2, 3, 4, 5 głowce kości śródstopia.
3. Chorzy na cukrzycę typu 2, powikłaną neuropatią obwodową, wykazują wyższe naciski pod 3 i 4 głową kości śródstopia w porównaniu z osobami zdrowymi.
4. Chorzy na cukrzycę typu 2, zwłaszcza powikłaną neuropatią obwodową, wymagają szczególnych zabiegów prewencyjnych w postaci odciążenia okolic główek kości śródstopia.

Badanie wykonano w ramach projektu badawczego 7T08E07414 finansowanego przez KBN w latach 1998–2000.

PIŚMIENNICTWO

1. Adler A.I., Boyko E., Ahroni J.H., Stensel V., Forsberg R.C., Smith D.G.: Risk factors for diabetic peripheral sensory neuropathy. *Diabetes Care* 1997; 20: 7.
2. Andersen H., Mogensen P.H.: Disordered mobility of large joints in association with neuropathy in patients with long-standing insulin — dependent diabetes mellitus. *Diabetic Medicine* 1997; 14: 221–227.
3. Armstrong D.G., Lavery L.A.: Elevated peak plantar pressures in patients who have Charcot arthropathy. *J. Bone Joint Surg. Am.* 1998; 80 (3): 365–369.
4. Baumhauer J.F., Werve R., Mc Williams J., Harris G.F., Shereff M.J.: A comparison study of plantar foot pressure in a standardized shoe, total contact cast, and prefabricated pneumatic walking brace. *Foot Ankle Int.* 1997; 18/1: 26–33.
5. Boulton A.J.M.: The diabetic foot: neuropathic in aetiology? *Diabetic Med.* 1990; 7: 852–858.
6. Boulton A.J.M.: The importance of abnormal foot pressures and gait in causation of foot ulcers. In *The Foot in Diabetes*, Connor H., Boulton A.M.J., Ward J.A. Wyd. 1 sted. Chichester U.K., Wiley, 1987.
7. Boulton A.J.M., Hardisty C.A., Betts R.P., Franks C.I., Worth R.C., Ward J.D., Duckworth T.: Dynamic foot pressure and other studies as diagnostic and management aids in diabetic neuropathy. *Diabetes Care* 1983; 6: 26–33.
8. Brand P.W.: Insensitive foot (including leprosy). In *Disorders of the Foot and Ankle*. Jahss M. Ed. wyd. 2, Philadelphia, Saunders, 1991; 2170–2175.
9. Buckingham B.A., Uitto J., Sandborg C. i wsp.: Scleroderma-like changes in insulin dependent diabetes mellitus: Clinical and bio-chemical studies. *Diabetes Care* 1984; 7: 163–169.
10. Cavanagh P.R., Derr J.A., Ulbrecht J.S., Maser R.E., Orchard T.J.: Problems with gait and posture in neuropathic patients with insulin-dependent diabetes mellitus. *Diabetic Med.* 1992; 9: 469–474.
11. Cavanagh P.R., Hewitt F.G., Perry J.E.: In shoe plantar pressure measurement: a review. *The foot* 1992; 2: 185–194.
12. Cavanagh P.R., Morag E., Boulton A.J.M., Young M.J., Deffner K.T., Pammer S.E.: The relationship of static foot structure to dynamic foot function. *J. Biomechanics* 1997; 30: 243–250.
13. Cavanagh P.R., Sims D.S.Jr. Sanders L.J.: Body mass is a poor predictor of peak plantar pressure in diabetic men. *Diabetes Care* 1991; 14: 750–755.
14. Cavanagh P.R., Ulbrecht J.S.: Clinical plantar pressure measurement in diabetes: rationale and methodology. *The Foot* 1994; 123–135, Longman Group Ltd in diabetes: rationale and methodology.
15. Davis B.L., Cothren R.M., Quessada P., Hanson S.B., Perry J.E.: Frequency content of normal and diabetic plantar pressure profiles: implication for the selection of transducer sizes. *J. Biomech.* 1996; 29: 979–983.
16. Delbridge L., Ellis C.S., Robertson K.: Nonezymatic glycosylation of keratin from the stratum corneum of the diabetic foot. *Br. J. Dermatol.* 1985; 1112: 547–554.
17. Delbridge L., Perry P., Marr S., Arnold N., Yue D.K., Turtle J.R., Reeve T.S.: Limited joint mobility in the diabetic foot; relationship to neuropathic ulceration. *Diabet. Med.* 1988; 5: 333–337.
18. Fernando D.J.S., Masson E.A., Veves A., Boulton A.M.J.: Relationship of limited joint mobility to abnormal foot pressure and diabetic foot ulceration. *Diabetes Care* 1991; 14: 8–11.
19. Frykberg R.G.: Diabetic foot ulcerations. In *The High Risk Foot in Diabetes Mellitus*. Frykberg R.G Ed Churchill Livingstone. New York 1995, s. 151.
20. Frykberg R.G., Lavery L.A., Pham H., Hqarvey C., Harkless L., Veves A.: Role of neuropathy and High Foot Pressures in diabetic Foot Ulceration. *Diabetes Care* 1998; 21.
21. Giacalone V.F., Armstrong D.G., Ashry H.R., Lavery D.C., Harkless L.B., Lavery L.A.: A quantitative assessment of healing

- sandals and postoperative shoes in offloading the neuropathic diabetic foot. *J. Foot Ankle Surg.* 1997; 36: 28–30.
22. Helm P.A., Walker S.C., Pullium G.F.: Recurrence of neuropathic ulcerations following healing in a total contact cast. *Arch. Phys. Rehabil.* 1991; 72: 967–970.
 23. Hennig E.M., Rosenbaum D.: Pressure distribution patterns under the feet of children in comparison with adults. *Foot and Ankle* 1991.
 24. Kato H., Takada T., Kawamura T., Hotta N., Torri S.: The reduction and redistribution of plantar pressures using foot orthoses in diabetic patient. *Diabetes Res. Clin. Pract.* 1996; 31: 115–118.
 25. Katoulis E.C., Boulton A.J., Raptis S.A.: The role of diabetic neuropathy and high plantar pressures in the pathogenesis of foot ulceration. *Horm. Metab. Res.* 1996; 28: 159–164.
 26. Katoulis E.C., Ebdon-Parry M., Lanshammar H., Vileikyte L., Kul-karni J., Boulton A.J.M.: Gait abnormalities in diabetic neuropathy. *Diabetes Care* 1997; 20.
 27. Knowles E.A., Boulton A.J.: Do people with diabetes wear their prescribed footwear? *Diabet. Med.* 1996; 13: 1064–1068.
 28. Koblik T.: Stopa cukrzycowa. W: *Przewlekłe powikłania cukrzycy*. Red. J. Sieradzki, Wyd. Fund. Rozwoju Diagn. Labor., Kraków 1999.
 29. Lavery I.A., Vela S.A., Lavery D.C., Quebedeaux T.L.: Reducing dynamic foot pressures in high-risk diabetic subjects with foot ulcerations. *Diabetes Care* 1996; 19.
 30. Litzelman D.K., Marriot D.J., Vinicor F.: The role of footwear in the prevention of foot lesions in patients with NIDDM. *Diabetes Care* 1997; 20.
 31. McPoil T.G., Cornwall M.W., Yamada W.: A comparison of two in-shoe plantar pressure measurement systems. *Lower Extremity* 1995; 2: 95–103.
 32. Pecoraro R.E., Reiber G.E., Burgess E.M.: Causal pathways to amputation: basis for prevention. *Diabetes Care* 1990; 13: 513–521.
 33. Perry J. E., Ulbrecht J.S., Derr J.A., Cavanagh P.R.: The use of running shoes to reduce plantar pressures in patient who have diabetes. *J. Bone Joint Surg.* 1995; 77: 1819–1829.
 34. Plank M.J., Wilcox A.H., Hyer S.L.: Sustained and Increased plantar pressures during normal gait in diabetic neuropathy. *Diabetologia* 1999.
 35. Quebedeaux T.L., Lavery L.A., Lavery D.C.: The development of foot deformities and ulcers after great toe amputation in diabetes. *Diabetes Care* 1996; 19.
 36. Reiber G.E., Boyko E.J., Smith D.G.: Lower extremity foot ulcers and amputations in diabetes. In *Diabetes in America*, wyd. 2. Harris M.I., Cowie C.C., Stern M.P., Boyko E.J., Reiber G.E., Bennett P.H., Eds Washington DC, U.S. Govt. Prontong Office, 1995, 409–428.
 37. Reiber G.E., Smith D.G., Boone D.A., del Aquila M., Borchers R.E., Mathews D., Joseph A.W., Burgess E.M.: Design and pilot testing of the DVA/Seattle Footwear System for diabetic patients with foot insensitivity. *J. Rehabil. Res. Dev.* 1997; 34: 1–8.
 38. Sarnow M.R., Veves A., Giurini J.M., Rosenblum B.I., Chrzan J.S., Habershaw G.M.: In-shoe foot pressure measurements in diabetic patients with at-risk feet and in Healthy Subjects. *Diabetes Care* 1994; 17.
 39. Shaw J.E., Boulton A.M.J.: The pathogenesis of diabetic foot problems: an overview. *Diabetes* 1997; 46 (supl 2): 538–561.
 40. Shea G.A., Stacpoole-Shea S.J., Lavery L.A.: Can a plantar pressure model accurately identify location of neuropathic ulceration. *Diabetologia* 1999.
 41. Stacpoole-Shea S.J., Shea D.G., Armstrong, Lavery L.A.: Do rocker soles reduce plantar pressure in person at risk for diabetic neuropathic ulceration? *Diabetologia* 1999.
 42. Stess R.M., Jensen S.R., Mirmiran R.: The role of dynamic plantar pressure in diabetic foot ulcers. *Diabetes Care* 1997; 20: 855–858.
 43. Stokes I.A.F., Faris I.B., Hutton W.C.: The neuropathic ulcer and loads on the foot in diabetic patients. *Acta Orthop. Scand.* 1975; 46: 839–847.
 44. Uccioli L., Faglia E., Monticone G., Favales F., Durola L., Aldeghi A., Quarantiello A., Calia P., Menzinger G.: Manufactured shoes in the prevention of diabetic foot ulcers. *Diabetes Care* 1995; 18: 1376–1378.
 45. Veves A., Fernando D.J.S., Walewski P., Boulton A.M.J.: A study of plantar pressures in a diabetic clinic population. *Foot* 1991; 1: 89–92.
 46. Veves A., Murray H., Young M.J., Boulton A.J.M.: The risk of foot ulceration in diabetic patients with high foot pressure, a prospective study. *Diabetologia* 1992; 35: 660–663.
 47. Veves A., Van Ross E.R.E., Boulton A.J.M.: Foot pressure measurements in diabetic and nondiabetic amputees. *Diabetes Care* 1992; 15.
 48. Wooldridge J., Bergeron J., Thornton C.: Preventing diabetic foot disease: lessons from medicare therapeutic shoe demonstration. *Am. J. Public Health* 1996; 86: 935–938.
 49. Young M.J., Breddy J.L., Veves A., Boulton A.J.M.: The prediction of diabetic neuropathic foot ulcerations using vibration perception threshold, a prospective study. *Diabetes Care* 1994; 17: 557–560.
 50. Young M.J., Cavanagh P.R., Thomas G., Johnson M.M., Murray H., Boulton A.J.M.: The effect of callus removal on dynamic plantar foot pressures in diabetic patients. *Diabetic Med.* 1992; 9: 55–57. NPH Publ. 95–1468.
 51. Young M.J., Coffey J., Taylor P.M., Boulton A.J.M.: Weight bearing ultrasound in diabetic and rheumatoid arthritis patients. *The Foot* 1995; 5: 76–79.