

Otrzymano: 20.11.2019
Zaakceptowano: 06.03.2020
Opublikowano: 15.06.2020

Ultrasonografia wysokiej rozdzielczości nerwu łydkowego u pacjentów z cukrzycową neuropatią obwodową

High-resolution ultrasonography of the sural nerve in diabetic peripheral neuropathy

Kunwar Pal Singh, Kamlesh Gupta, Nilanshu Kataria,
Vijinder Arora, Nimisha Nagpal

*Department of Radiodiagnosis and Imaging, Sri Guru Ram Das University of Health Sciences,
Sri Amritsar, Punjab, Indie*

Adres do korespondencji: Dr Kunwar Pal Singh, e-mail: kpsdhami@gmail.com

DOI: 10.15557/JoU.2020.0013

Słowa kluczowe

badanie
ultrasonograficzne,
badanie
przewodnictwa
nerwowego,
nerw łydkowy,
cukrzyca

Keywords

ultrasonography,
nerve conduction
studies,
sural nerve,
diabetes mellitus

Abstract

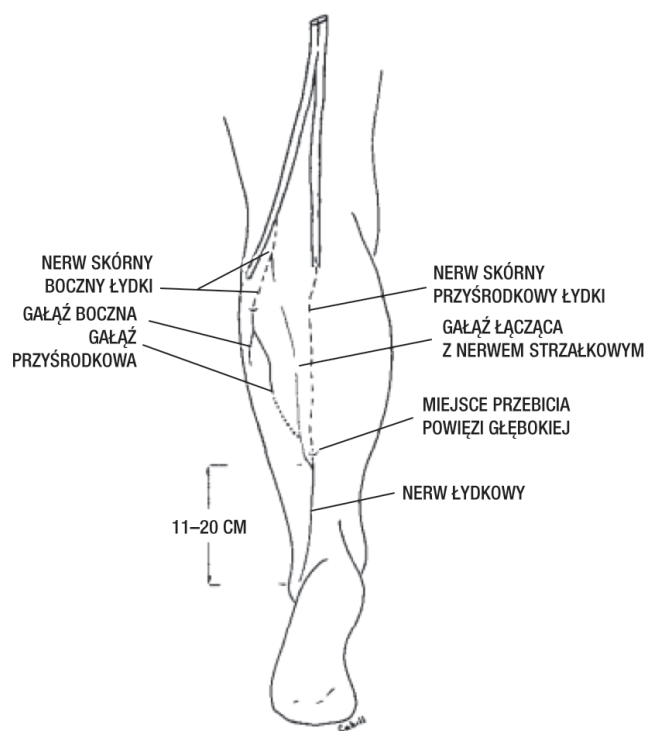
Aim of the study: To study the cross-sectional area, the maximum thickness of the nerve fascicle and the thickness/width ratio of the sural nerve in patients with diabetes mellitus and non-diabetic subjects using high-resolution ultrasonography and to correlate the results with nerve conduction studies. **Material and methods:** This prospective study was conducted among 60 patients divided into two groups: A and B. Group A consisted of 30 patients >18 years of age with a history of type 2 diabetes mellitus, and Group B consisted of 30 non-diabetic patients >18 years of age. High-resolution ultrasonography was performed using a linear transducer with the frequency of 5–18 MHz in all the patients in the prone position with the transducer placed in a transverse position at the junction of the middle and lower thirds of the calf. Nerve conduction studies were performed using Aleron 201 (RMS) in all the patients. **Results:** As compared to the control group, the sural nerve in the diabetic group showed increased cross-sectional area, maximum thickness of the nerve fascicle and thickness/width ratio ($p < 0.05$). Nerve conduction studies showed decreased amplitude, increased latency and decreased velocity in the cases as compared to controls ($p < 0.05$). The cross-sectional area, maximum thickness of the nerve fascicle and thickness/width ratio showed statistical significance when compared with amplitude, latency and velocity in the cases as well as controls ($p < 0.001$). **Conclusion:** This study suggests that high-frequency ultrasound of the sural nerve is a useful tool for evaluating changes typical of peripheral neuropathy in patients with diabetes mellitus.

Wstęp

Cukrzyca to grupa zaburzeń metabolicznych cechujących się występowaniem hiperglikemii w wyniku zaburzenia wydzielania i/lub działania insuliny. Przewlekła hiperglikemia w przebiegu cukrzycy wiąże się z długofalowym uszkodzeniem, zaburzeniem czynności lub niewydolnością

wielu narządów, szczególnie narządu wzroku, nerek, nerwów, serca i naczyń krwionośnych.

Do długofalowych powikłań cukrzycy należy retinopatia z potencjalną utratą wzroku, nefropatia prowadząca do niewydolności nerek, neuropatia obwodowa niosąca ryzyko rozwoju owrzodzeń stóp, amputacji i stawu Charcota oraz



Ryc. 1. Anatomia nerwu łydkowego (strona prawa)⁽⁷⁾

neuropatia autonomiczna wywołująca objawy ze strony przewodu pokarmowego, układu moczowo-płciowego i sercowo-naczyniowego, a także zaburzenia czynności seksualnej⁽¹⁾.

Cukrzycowa neuropatia obwodowa (*diabetic peripheral neuropathy*, DPN) jest najczęstszym zespołem neuropatycznym u osób chorujących na cukrzycę. Neuropatię tę określa się jako symetryczną, obwodową polineuropatię czuciowo-ruchową, spowodowaną zmianami metabolicznymi i mikronaczyniowymi w wyniku przewlekłej hiperglikemii i współistniejących czynników ryzyka sercowo-naczyniowego. Wydaje się często, że subkliniczne zmiany w przewodnictwie nerwowym są pierwszym obiektywnym objawem ilościowym tej choroby⁽²⁾.

Ciężkość DPN jest wysoce skorelowana z ciężkością i czasem trwania cukrzycy⁽³⁾. Uważa się, że w patogeniezie tej choroby pewną rolę odgrywają przewlekła hiperglikemia i związane z nią zaburzenia metaboliczne⁽⁴⁾. Pierwsze skutki procesu degeneracyjnego prawdopodobnie ujawniają się na zakończeniach nerwów skórnych⁽⁵⁾.

W przebiegu neuropatii cukrzycowej nierzadko dochodzi do zajęcia nerwu łydkowego, co wskazuje na częste zajmowanie nerwów długich⁽⁶⁾. Nerw ten zwykle składa się z czterech segmentów: nerwu skórno-przyśrodkowego łydkowego, nerwu skórno-bocznego łydkki, gałęzi łączącej z nerwem strzałkowym i właściwego nerwu łydkowego⁽⁷⁾. Anatomie nerwu łydkowego przedstawiono na Ryc. 1.

Badanie ultrasonograficzne (USG) to znakomite, opłacalne narzędzie w obrazowaniu nerwów obwodowych⁽⁸⁾. Do przeprowadzenia USG nerwów obwodowych trzeba spełnić podstawowe techniczne wymagania, czyli zaopatrzyć się w wysokiej jakości aparat USG wyposażony w szerokopasmową, liniową głowicę wysokiej rozdzielczości (>12 MHz) oraz oprogramowanie umożliwiające wzmocnienie obrazu tkanek miękkich.

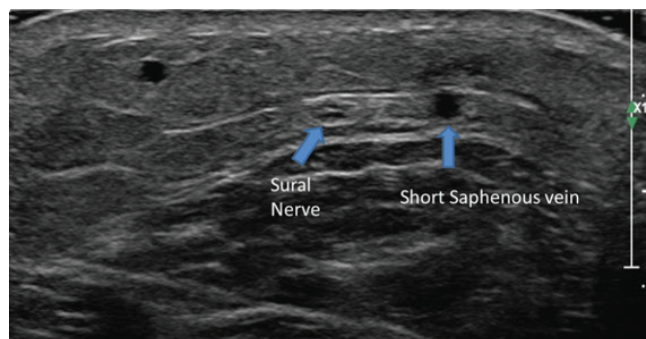
W przekroju poprzecznym nerw ma kształt owalny do okrągłego i widoczny jest hiperechogeniczny kontur zewnętrzny odpowiadający nanerwiu. W badaniu uwidacznia się typowy obraz plastra miodu.

Badanie USG nerwu łydkowego wykonuje się z użyciem wysokoczęstotliwościowej głowicy liniowej. Pacjenci ułożeni są w pozycji leżącej na brzuchu, a głowicę przykładają w pozycji poprzecznej w dolnej części łydki. Grubość nerwu łydkowego podzieloną przez jego szerokość na przekroju poprzecznym określa się jako stosunek grubości do szerokości – stanowi on wskaźnik stopnia obrzęku i deformacji nerwu. Pole przekroju nerwu łydkowego, mierzone na obrazach poprzecznych z uwzględnieniem hiperechogenicznej otoczki, oblicza się za pomocą wzoru na pole powierzchni elipsy po oznaczeniu sześciu punktów na długości nerwu. Maksymalną grubość pęczków mierzy się w rzucie osi krótkiej nerwu⁽⁹⁾.

Obraz USG niezmienionego nerwu łydkowego w płaszczyźnie poprzecznej przedstawiono na Ryc. 2.

Cele badania

1. Ocena pola przekroju, maksymalnej grubości pęczków oraz stosunku grubości do szerokości nerwu łydkowego u pacjentów z cukrzycą typu 2 oraz osób bez tej choroby, w badaniu ultrasonograficznym wysokiej rozdzielczości;
2. Obustronna ocena przewodnictwa nerwu łydkowego u chorych z cukrzycą i osób bez niej;
3. Ocena korelacji wyników badania ultrasonograficznego z wynikami badania przewodnictwa u chorych z cukrzycą i osób bez tej choroby.



Ryc. 2. Obraz ultrasonograficzny prawidłowego nerwu łydkowego (sural nerve) w płaszczyźnie poprzecznej w sąsiedztwie żyły odstrzałkowej (Short Saphenous vein)

Materiał i metody

Rodzaj badania

Było to przekrojowe badanie kliniczno-kontrolne prowadzone w grupie 60 pacjentów zgłaszających się na wizyty do przychodni lub przyjętych do szpitala III stopnia referencyjności w Amritsarze. Pacjentów podzielono na dwie grupy: A i B.

Grupa A

Grupa A składała się z 30 pacjentów chorujących na cukrzycę typu 2, w wieku >18 lat.

Do grupy tej włączono pacjentów z rozpoznaniem cukrzycy typu 2, którzy zgłaszali się na kontrolne wizyty do poradni lub zostali przyjęci do szpitala III stopnia referencyjności w celu przeprowadzenia badania ultrasonograficznego.

Kryteria włączenia

Do badania kwalifikowano kobiety i mężczyzn w wieku >18 lat, z rozpoznaniem cukrzycy typu 2.

Kryteria wykluczenia

1. Występowanie neuropatii obwodowej spowodowanej innymi czynnikami, np.:
 - alkoholizmem,
 - stosowaniem leków,
 - otyłością,
 - ciążą;
2. Brak wyrażenia zgody na udział w badaniu.

Grupa B

Do grupy B (grupa kontrolna) pacjentów wybrano spośród mężczyzn lub kobiet w wieku >18 lat, którzy zgłaszali się na wizytę do przychodni lub zostali przyjęci do szpitala w celu leczenia farmakologicznego lub chirurgicznego i u których nie odnotowano w wywiadzie występowania cukrzycy, neuropatii obwodowej lub urazu w obrębie kończyn dolnych.

Na przeprowadzenie badania otrzymano zgodę komisji bioetycznej.

Od wszystkich uczestników uzyskano pisemną, świadomą zgodę. We wszystkich przypadkach zebrano szczegółowy wywiad i przeprowadzono badanie przedmiotowe.

Technika badania

Badanie ultrasonograficzne wysokiej rozdzielczości wykonano u wszystkich uczestników za pomocą głowicy

liniowej o częstotliwości 5–18 MHz, z zastosowaniem aparatu Affiniti 50G (Philips Healthcare). Pacjentów układano w pozycji leżącej na brzuchu, a głowicę przykładano w płaszczyźnie poprzecznej w miejscu połączenia środkowej i dolnej części łydki.

Badanie przewodnictwa nerwowego

Przewodnictwo nerwu łydkowego u wszystkich uczestników ocenił technik pracujący na aparacie Aleron 201 (RMS) w przyszpitalnej pracowni electroneurografii.

Wyniki badania ultrasonograficznego wysokiej rozdzielczości porównywano z wynikami badania neurograficznego u wszystkich uczestników. Uzyskane w ten sposób dane poddano ocenie statystycznej. Dla wszystkich pacjentów z cukrzycą odnotowano czas trwania choroby.

Parametry ultrasonograficzne, w tym pole przekroju (cm^2), maksymalna grubość pęczków (cm) oraz stosunek grubości do szerokości, oznaczono dla ogółu badanych.

Ponadto u wszystkich pacjentów zbadano przewodnictwo nerwowe i zapisano wartości trzech parametrów: amplitudy (μV), prędkości przewodzenia (cm/s) oraz latencji (ms).

Wartości pola przekroju, maksymalnej grubości pęczków i stosunku grubości do szerokości porównano między grupami A i B za pomocą testu t . Test ten wykorzystano także w celu porównania indywidualnych wartości tych parametrów z każdą zmienną z badania przewodnictwa, tj. amplitudą, latencją i prędkością przewodzenia. Wartości uzyskane w teście t oraz wartości p przedstawiono w Tab. 1 i Tab. 2.

Obserwacje i wyniki

Obustronne badanie ultrasonograficzne nerwu łydkowego przeprowadzono u 30 pacjentów z cukrzycą typu 2 (grupa A) i 30 pacjentów bez rozpoznania cukrzycy (grupa B).

Średni wiek pacjentów w grupie A wynosił $55,13 \pm 12,58$ roku, a w grupie B: $52,00 \pm 11,77$ roku. W grupie A było 18 mężczyzn i 12 kobiet, grupa B składała się z 16 mężczyzn i 14 kobiet. Średni czas trwania cukrzycy wynosił $5,55 \pm 4,28$ roku. Średni poziom HbA_{1c} u pacjentów z cukrzycą: $11,01 \pm 2,03$.

Wewnętrzna część nerwu łydkowego, składającą się z pęczka, onerwia i nanerwia, zidentyfikowano u wszystkich uczestników.

Wartości pola przekroju, maksymalnej grubości pęczków i stosunku grubości do szerokości nerwu łydkowego po stronie prawej w grupie z cukrzycą wynosiły odpowiednio: $0,034 \pm 0,010 \text{ cm}^2$, $0,041 \pm 0,010 \text{ cm}$ i $0,510 \pm 0,153$. W grupie kontrolnej odnotowano następujące wartości powyższych parametrów, odpowiednio: $0,030 \pm 0,010 \text{ cm}^2$, $0,037 \pm 0,008 \text{ cm}$ i $0,497 \pm 0,117$ ($p < 0,05$).

Tab. 1. Porównanie różnych parametrów ultrasonograficznych i parametrów badania przewodnictwa nerwowego w prawym i lewym nerwie łydkowym w grupie A

Wyniki	Strona prawa		Wartość <i>p</i>	Wartość <i>T</i>	Strona lewa		Wartość <i>p</i>	Wartość <i>T</i>
	Średnia	SD			Średnia	SD		
Pole przekroju poprzecznego (cm²)	0,034	0,010			0,035	0,010		
Amplituda (μV)	22,686	6,866	0,001	-26,36	23,350	6,973	0,001	-28,31
Latencja (ms)	2,194	0,682	0,001	-23,28	2,184	0,624	0,001	-36,46
Prędkość (cm/s)	41,010	11,581	0,001	-41,80	42,986	12,387	0,001	-34,99
Maksymalna grubość pęczków (cm)	0,041	0,010			0,037	0,008		
Amplituda (μV)	22,686	6,866	0,001	-26,36	23,350	6,973	0,001	-28,99
Latencja (ms)	2,194	0,682	0,001	-23,32	2,184	0,624	0,001	-36,10
Prędkość (cm/s)	41,010	11,581	0,001	-41,81	42,986	12,387	0,001	-34,98
Stosunek grubość/szerokość	0,510	0,153			0,497	0,117		
Amplituda (μV)	22,686	6,866	0,001	-25,46	23,350	6,973	0,001	-27,66
Latencja (ms)	2,194	0,682	0,001	-15,23	2,184	0,624	0,001	-27,22
Prędkość (cm/s)	41,010	11,581	0,001	-41,25	42,986	12,387	0,001	-34,51

SD (standard deviation) – odchylenie standardowe

Tab. 2. Porównanie różnych parametrów ultrasonograficznych i parametrów badania przewodnictwa nerwowego w prawym i lewym nerwie łydkowym w grupie B

Wyniki	Strona prawa		Wartość <i>p</i>	Wartość <i>T</i>	Strona lewa		Wartość <i>p</i>	Wartość <i>T</i>
	Średnia	SD			Średnia	SD		
Pole przekroju poprzecznego (cm²)	0,030	0,010			0,030	0,010		
Amplituda (μV)	23,660	5,090	0,001	-47,65	23,780	5,120	0,001	-48,01
Latencja (ms)	2,070	0,430	0,001	-55,20	2,070	0,430	0,001	-57,38
Prędkość (cm/s)	54,830	12,340	0,001	-40,73	54,960	12,090	0,001	-43,28
Maksymalna grubość pęczków (cm)	0,043	0,010			0,040	0,009		
Amplituda (μV)	23,660	5,090	0,001	-47,67	23,780	5,120	0,001	-47,96
Latencja (ms)	2,070	0,430	0,001	-54,99	2,070	0,430	0,001	-57,43
Prędkość (cm/s)	54,830	12,340	0,001	-40,73	54,960	12,090	0,001	-43,24
Stosunek grubość/szerokość	0,571	0,047			0,530	0,151		
Amplituda (μV)	23,660	5,090	0,001	-46,76	23,780	5,120	0,001	-47,30
Latencja (ms)	2,070	0,430	0,001	-42,86	2,070	0,430	0,001	-35,30
Prędkość (cm/s)	54,830	12,340	0,001	-40,32	54,960	12,090	0,001	-42,67

SD (standard deviation) – odchylenie standardowe

Wartości pola przekroju, maksymalnej grubości pęczków i stosunku grubości do szerokości nerwu łydkowego po stronie lewej w grupie z cukrzycą wynosiły odpowiednio: $0,035 \pm 0,010$ cm², $0,043 \pm 0,010$ cm i $0,571 \pm 0,047$. W grupie kontrolnej wartości te wynosiły odpowiednio: $0,030 \pm 0,010$ cm², $0,040 \pm 0,009$ cm i $0,530 \pm 0,151$ ($p < 0,05$).

W niniejszym badaniu u 16 pacjentów (53%) z grupy A nerw łydkowy nie ulegał stymulacji w badaniu przewodnictwa.

U pacjentów z cukrzycą wartości amplitudy, latencji i prędkości przewodzenia w nerwie łydkowym po stronie prawej wynosiły odpowiednio: $22,686 \pm 6,866$ μV, $2,194 \pm 0,682$ ms i $41,010 \pm 11,581$ m/s. Dla porównania odpowiednie wartości w grupie kontrolnej wynosiły: $23,660 \pm 5,090$ μV, $2,070 \pm 0,430$ ms i $54,830 \pm 12,340$ m/s ($p < 0,05$).

U pacjentów z cukrzycą wartości amplitudy, latencji i prędkości przewodzenia w nerwie łydkowym po stronie lewej wynosiły odpowiednio: $23,350 \pm 6,973$ μV, $2,184 \pm 0,624$ ms i $42,986 \pm 12,387$ m/s. W grupie kontrolnej

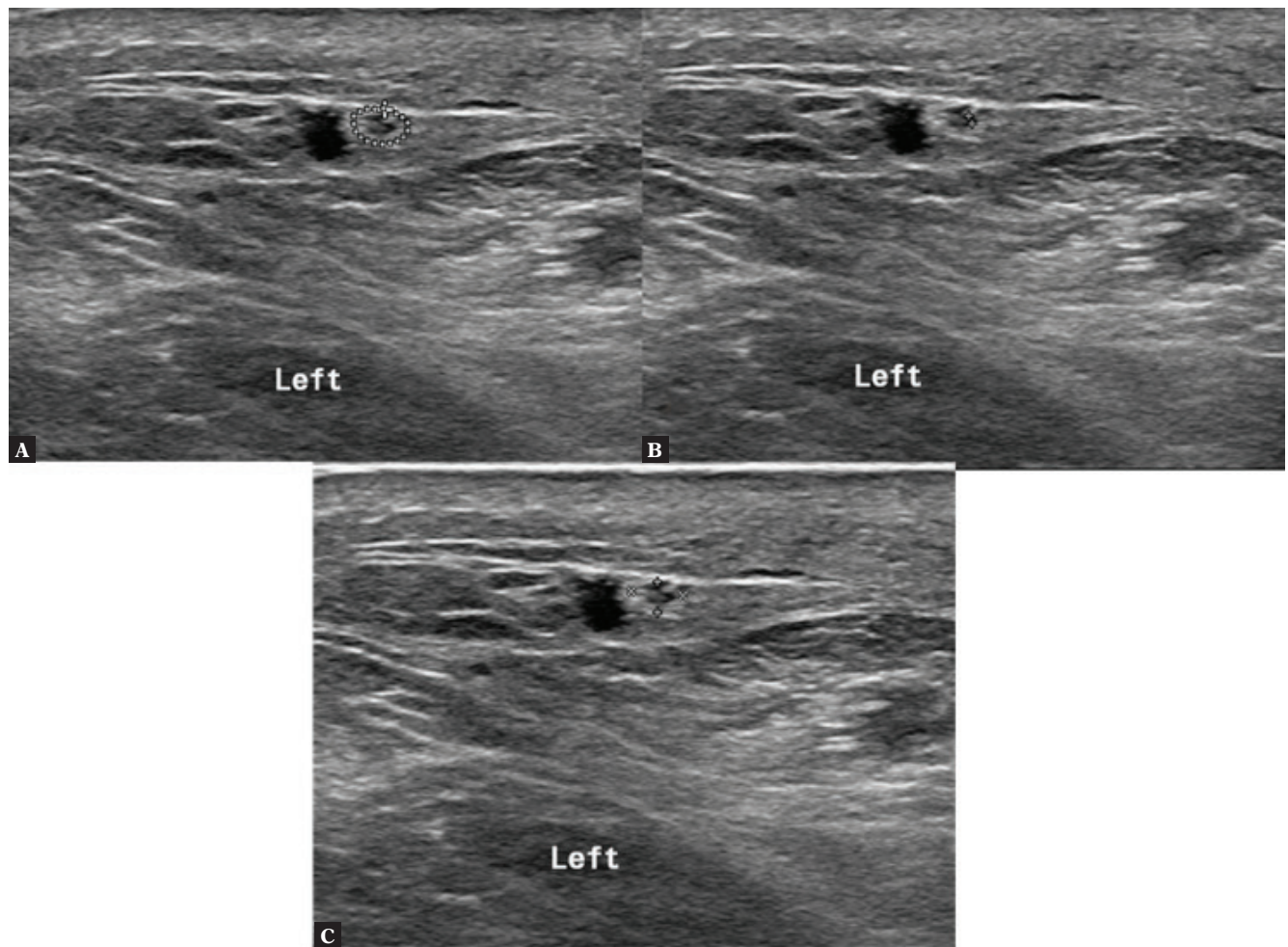
wartości te były następujące, odpowiednio: $23,780 \pm 5,120$ μV, $2,070 \pm 0,430$ ms i $54,960 \pm 12,090$ m/s ($p < 0,05$).

Wyniki badania ultrasonograficznego pacjenta z cukrzycą i osoby bez cukrzycy przedstawiono na Ryc. 3 i Ryc. 4.

Omówienie

Neuropatia obwodowa jest częstą i bardzo złożoną chorobą. Rozpoznaje się ją u ponad 8% populacji ogólnej, a liczba ta zwiększa się do 15% u osób w wieku 40 lat i starszych⁽¹⁰⁾.

Najczęstszymi przyczynami neuropatii obwodowej w Stanach Zjednoczonych i Europie są stan przedcukrzycowy i cukrzyca typu 2. Szacuje się, że choroba ta, w różnej postaci, rozwine się w trakcie całego życia u co najmniej połowy wszystkich pacjentów z cukrzycą, wliczając pacjentów z cukrzycą typu 1. Stan przedcukrzycowy i cukrzyca typu 2 zyskały status globalnej epidemii.



Ryc. 3. Badanie ultrasonograficzne nerwu łydkowego u pacjenta bez cukrzycy; na obrazie widoczne: **A.** Pole powierzchni przekroju nerwu: 0,027 cm². **B.** Maksymalna grubość pęczków nerwu: 0,035 cm. **C.** Stosunek grubości do szerokości nerwu: 0,429. W badaniu przewodnictwa nerwowego stwierdzono amplitudę na poziomie 21,2 μ V, prędkość maksymalną wynoszącą 59,34 cm/s oraz latencję na poziomie 2,34 ms

Częstość występowania tych chorób stale wzrasta, szczególnie w krajach cechujących się bardziej zachodnim typem diety⁽¹¹⁾.

W niniejszym badaniu stwierdzono, że ultrasonografia wysokiej rozdzielczości jest przydatnym badaniem diagnostycznym umożliwiającym ocenę zmian morfologicznych w nerwie łydkowym u osób chorujących na cukrzycę. Ponieważ wewnętrzną część tego nerwu można wyraźnie zidentyfikować, możliwy jest dokładny pomiar parametrów morfologicznych.

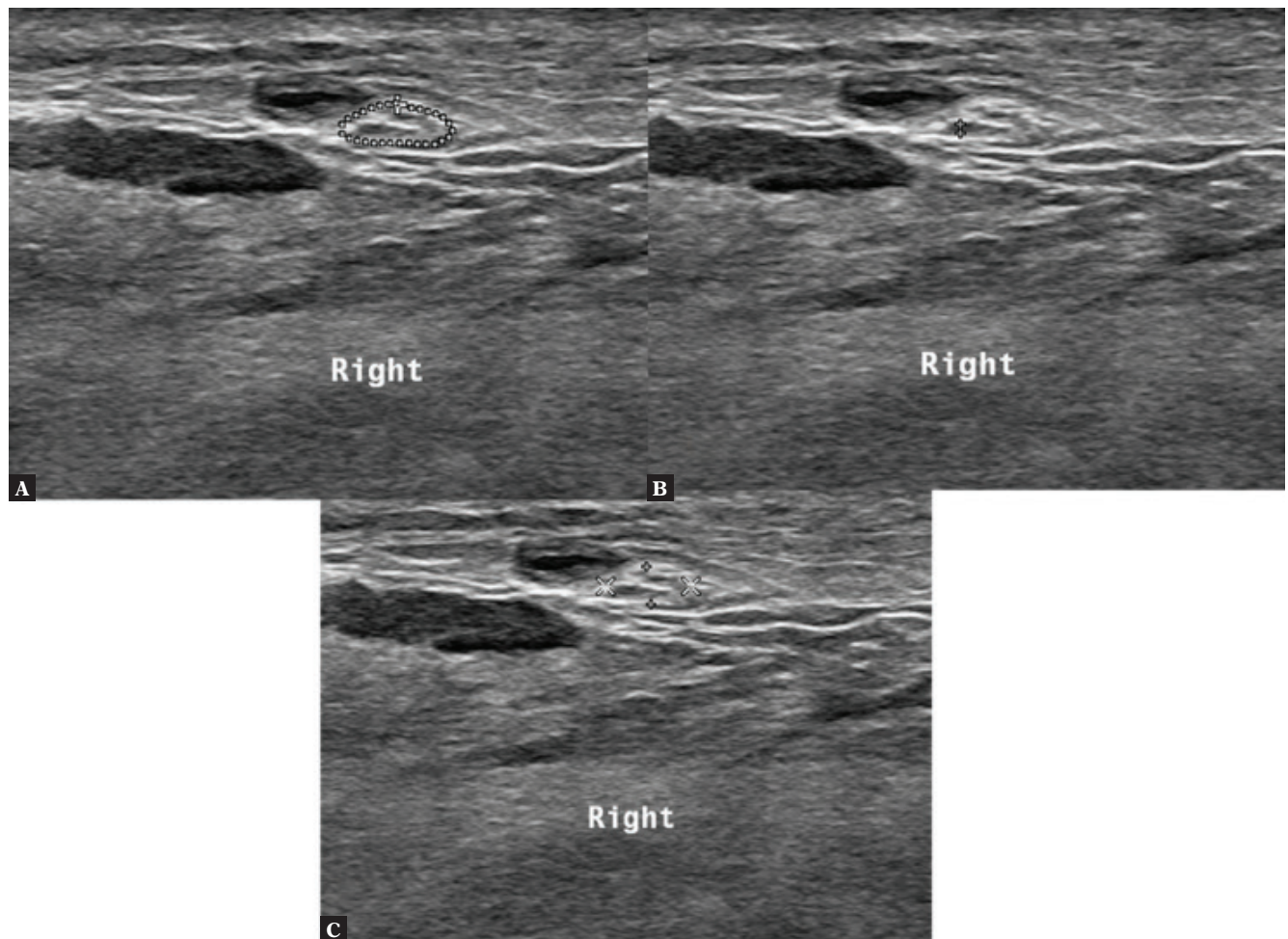
Nerw łydkowy jest często wybierany do oceny dystalnej polineuropatii czuciowej u pacjentów z cukrzycą.

W niniejszym badaniu morfologię nerwu łydkowego oceniono z zastosowaniem aparatu Philips Affiniti 50G, za pomocą głowicy liniowej o częstotliwości 5–18 MHz, na poziomie środkowo-dolnej części podudzia u pacjentów ułożonych w pozycji leżącej na brzuchu. Głowicę przykładano w pozycji poprzecznej. Ucisk głowicą był minimalny w celu uniknięcia nacisku na nerw łydkowy i żyłę odstrzałkową.

Singh i wsp. ocenili badanie ultrasonograficzne wysokiej rozdzielczości w przebiegu cukrzycowej neuropatii obwodowej na podstawie nerwu piszczelowego i stwierdzili, że wartości pola przekroju oraz maksymalnej grubości pęczków tego nerwu są większe u pacjentów z cukrzycą z towarzyszącą neuropatią obwodową lub bez niej w porównaniu z grupą kontrolną, a ultrasonografia może stanowić narzędzie do badania przesiewowego w tej grupie pacjentów⁽¹²⁾.

W naszym badaniu stwierdzono, że pole przekroju nerwu i maksymalna grubość pęczków były czułymi predyktorami neuropatii cukrzycowej. Na podstawie niniejszego badania oceniono, że pole przekroju poprzecznego nerwu może być najczęściej stosowanym kryterium oceny obrzęku nerwu spośród kryteriów ultrasonograficznych dla omawianego objawu.

Zbliżone wyniki przedstawili Ebadi i wsp.⁽¹³⁾. Stwierdzili oni, że średnie pole przekroju nerwu łydkowego wynosiło $3,2 \pm 0,8$ mm² u pacjentów z cukrzycą i $2,7 \pm 0,6$ mm² w grupie kontrolnej (p , 0,0070), a wyniki te były niezależne od płci. W badaniu tym



Ryc. 4. Badanie ultrasonograficzne nerwu łydkowego u pacjenta z cukrzycą; na obrazie widoczne: **A.** Pole powierzchni przekroju nerwu: 0,052 cm². **B.** Maksymalna grubość pęczków nerwu: 0,037 cm. **C.** Stosunek grubości do szerokości nerwu: 0,555. W badaniu przewodnictwa nerwowy nerw łydkowy nie ulegał stymulacji

nie stwierdzono różnic w wartościach stosunku grubości do szerokości lub w echogeniczności badanych nerwów.

Kang i wsp. ocenili cechy ultrasonograficzne wielu nerwów obwodowych kończyny górnej i dolnej u pacjentów z DPN i porównali je z wynikami uzyskanymi w grupie kontrolnej. Wartości pola przekroju nerwu łydkowego były istotnie wyższe w grupie DPN. Były też w sposób istotny skorelowane z wynikami badania elektrofizjologicznego. Statystycznie istotną korelację stwierdzono także z wynikami oznaczenia HbA_{1c}⁽¹⁴⁾.

W niniejszym badaniu średnia wartość HbA_{1c} w grupie A wynosiła 11,01.

W naszym badaniu maksymalna grubość pęczków nerwu była nieco wyższa u pacjentów z cukrzycą w porównaniu z wynikami uzyskanymi w grupie kontrolnej ($p < 0,05$). Wyniki te są zgodne z badaniem Wei i wsp.⁹ Stwierdzono więc, że maksymalna grubość pęczków nerwu może stanowić wskaźnik poziomu ich obrzęku.

Stosunek grubości do szerokości nerwu obliczono przez podzielenie wartości grubości przez wartość szerokości zgodnie z opisem Wei i wsp.⁽¹⁵⁾ W naszym badaniu wartości stosunku grubości nerwu do jego szerokości były nieco wyższe u pacjentów z cukrzycą w porównaniu z wynikami uzyskanymi w grupie kontrolnej ($p < 0,05$).

Chen i wsp. ocenili przydatność badania ultrasonograficznego wysokiej rozdzielczości w ocenie nerwu łokciowego u pacjentów z cukrzycą i stwierdzili, że pole przekroju nerwu było większe w grupie pacjentów z cukrzycową neuropatią obwodową w porównaniu z grupą kontrolną⁽¹⁶⁾.

W badaniach przewodnictwa nerwowego zmierzono trzy parametry, tj. amplitudę, latencję i prędkość przewodzenia. Wartości amplitudy były nieco niższe w grupie chorych na cukrzycę w porównaniu z grupą kontrolną ($p < 0,05$). Latencja z kolei była wyższa ($p < 0,05$), a prędkość przewodzenia niższa u pacjentów z cukrzycą ($p < 0,05$). W niniejszym badaniu u 16 pacjentów (53%) z grupy A nerw łydkowy nie ulegał stymulacji w badaniu przewodnictwa.

Wyniki badania USG i badania przewodnictwa nerwowego poddano analizie statystycznej za pomocą testu T. Wyniki istotne statystycznie uzyskano dla pola przekroju, grubości maksymalnej pęczków i stosunku grubości do szerokości nerwu, gdy parametry te porównano z prędkością przewodzenia, latencją i amplitudą w obu ocenianych grupach ($p < 0,05$).

Wyniki naszego badania są sprzeczne z wynikami Hobsona-Webba i wsp., którzy starali się ustalić cechy ultrasonograficzne nerwów kończyny dolnej u pacjentów z DPN i skorelować je z wynikami badań elektrodiagnostycznych. Autorzy stwierdzili, że ultrasonograficzne pomiary nerwów kończyny dolnej u pacjentów z DPN nie różnią się od tych wykonanych w grupie kontrolnej i nie korelują z wynikami badań elektrodiagnostycznych⁽¹⁷⁾.

Piśmiennictwo

1. American Diabetes Association: Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 2013; 36: S67–S74.
2. Tesfaye S, Boulton AJ, Dyck PJ, Freeman R, Horowitz M, Kempner P *et al.*: Diabetic neuropathies: update on definitions, diagnostic criteria, estimation of severity, and treatments. *Diabetes Care* 2010; 33: 2285–2293.
3. Pirart J: Diabetes mellitus and its degenerative complications: a prospective study of 4,400 patients observed between 1947 and 1973. *Diabetes Care* 1978; 1: 168–188.
4. Bondy PK, Felig P: Relation of diabetic control to development of vascular complications. *Med Clin North Am* 1971; 55: 889–897.
5. Hirai A, Yasuda H, Joko M, Maeda T, Kikkawa R: Evaluation of diabetic neuropathy through the quantitation of cutaneous nerves. *J Neurol Sci* 2000; 172: 55–62.
6. Kakrani AL, Gokhale VS, Vohra KV, Chaudhary N: Clinical and nerve conduction study correlation in patients of diabetic neuropathy. *J Assoc Physicians India* 2014; 62: 24–27.
7. Ortigüela ME, Wood MB, Cahill DR: Anatomy of the sural nerve complex. *J Hand Surg Am* 1987; 12: 1119–1123.
8. Lawande AD, Warriar SS, Joshi MS: Role of ultrasound in evaluation of peripheral nerves. *Indian J Radiol Imaging* 2014; 24: 254–258.
9. Liu F, Zhu J, Wei M, Bao Y, Hu B: Preliminary evaluation of the sural nerve using 22-MHz ultrasound: a new approach for evaluation of diabetic cutaneous neuropathy. *PLoS One* 2012; 7: e327–e330.
10. Gregg EW, Sorlie P, Paulose-Ram R, Gu Q, Eberhardt MS, Wolz M *et al.*: Prevalence of lower-extremity disease in the US adult population ≥ 40 years of age with and without diabetes: 1999–2000 national health and nutrition examination survey. *Diabetes Care* 2004; 27: 1591–1597.
11. Federation ID: IDF Diabetes Atlas (2014 Update). International Diabetes Federation, Brussels 2014.
12. Singh K, Gupta K, Kaur S: High resolution ultrasonography of the tibial nerve in diabetic peripheral neuropathy. *J Ultrason* 2017; 17: 246–252.
13. Ebadi H, Siddiqui H, Ebadi S, Ngo M, Breiner A, Bril V: Peripheral nerve ultrasound in small fiber polyneuropathy. *Ultrasound Med Biol* 2015; 41: 2820–2826.
14. Kang S, Kim SH, Yang SN, Yoon JS: Sonographic features of peripheral nerves at multiple sites in patients with diabetic polyneuropathy. *J Diabetes Complications* 2016; 30: 518–523.
15. Wei M, Zhu J, Wang N, Xue Q, Liu F, Hu B *et al.*: Preliminary study of sural nerve morphological changes in uremic hemodialysis patients using 22-MHz high-frequency ultrasound. *Muscle Nerve* 2012; 46: 932–936.
16. Chen J, Wang CL, Wu S, He S, Ren J: The feasibility of using high-resolution ultrasonography to assess ulnar nerve in patients with diabetes mellitus. *J Ultrason* 2017; 17: 160–166.
17. Hobson-Webb LD, Massey JM, Juel VC: Nerve ultrasound in diabetic polyneuropathy: correlation with clinical characteristics and electrodiagnostic testing. *Muscle Nerve* 2013; 47: 379–384.

Wnioski

Uzyskane wyniki wskazują, że ultrasonografia wysokiej rozdzielczości jest przydatnym narzędziem w ocenie typowych dla neuropatii obwodowej u pacjentów z cukrzycą zmian w nerwie łydkowym. Najbardziej czuły parametr to pole przekroju poprzecznego nerwu, które jest zmienione w przebiegu cukrzycowej neuropatii obwodowej. Badania przewodnictwa nerwowego wskazują, że prędkość przewodzenia podlega najistotniejszym zmianom.

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść niniejszej publikacji oraz rościć sobie do niej prawo.