

Andrzej Kwolek, Jolanta Zwolińska

## Skuteczność wybranych parametrów fali ultradźwiękowej w leczeniu zachowawczym zespołu cieśni kanału nadgarstka

<sup>1</sup>Z Instytutu Fizjoterapii Uniwersytetu Rzeszowskiego

<sup>2</sup>Z Klinicznego Oddziału Rehabilitacji z Pododdziałem Wczesnej  
Rehabilitacji Neurologicznej

*Wstęp:* Zespół cieśni kanału nadgarstka to jedna z najczęstszych neuropatii w obrębie kończyny górnej. Stanowi istotny problem diagnostyczny i terapeutyczny. Celem pracy była ocena skuteczności wybranych parametrów fali ultradźwiękowej w leczeniu zachowawczym zespołu cieśni kanału nadgarstka.

*Materiał i metoda:* W badaniach wzięło udział 61 osób. Badaniu poddano 102 ręce. Oceniano obiektywne i subiektywne objawy kliniczne. Wykonywano badanie elektroneurograficzne oraz komputerowy pomiar zakresu ruchu i siły ścisku ręki. Chorzy zostali losowo przydzieleni do jednej z trzech grup. Leczenie obejmowało: terapię ultradźwiękową, masaż wirowy oraz neuromobilizację. W grupie pierwszej zastosowano falę UD ciągłą o natężeniu  $0,3 \text{ W/cm}^2$ , w grupie drugiej falę ciągłą o natężeniu  $0,6 \text{ W/cm}^2$ , a w grupie trzeciej falę UD impulsową o natężeniu  $0,6 \text{ W/cm}^2$ . Badania wykonywano przed wdrożeniem programu rehabilitacyjnego, po jego zakończeniu i po upływie roku.

*Wyniki:* Otrzymane wyniki wskazują na skuteczność zastosowanego programu terapeutycznego. Uzyskano istotną statystycznie poprawę w zakresie większości badanych objawów. Ocena efektów leczenia w zależności od rodzaju zastosowanej fali ultradźwiękowej wykazała podobną skuteczność obu intensywności fal. Lepsze wyniki uzyskane po nadźwiękawianiu falą impulsową dotyczyły niektórych z ocenianych parametrów, choć wykazane różnice z wyjątkiem bólu odczuwanego w dzień nie były istotne statystycznie.

*Wnioski:* Fale ultradźwiękowe o intensywnościach z zakresu dawek słabych i średnich dają zmniejszenie nasilenia objawów klinicznych, a o uzyskanych efektach terapii decyduje całkowita ilość energii przekazana do tkanek w trakcie zabiegu. Korzystne efekty nadźwiękawiania są bardziej wyraźne po zastosowaniu fali impulsowej.

Słowa kluczowe: zespół cieśni kanału nadgarstka, terapia ultradźwiękowa, rehabilitacja.

### WSTĘP

Zespół cieśni kanału nadgarstka (zckn) to najczęściej występująca neuropatia obwodowa spowodowana zwiększeniem ciśnienia w kanale nadgarstka lub zmniejszeniem jego objętości. Prowadzi to do ucisku i zaburzeń ukrwienia nerwu pośredkowego. Zckn dotyczy od 1 do 2% populacji ogólnej [1, 2]. Za najczęstszą przyczynę uważa się wielokrotne przeciążanie nadgarstka związane z charakterem czynności zawodowych, a w szcze-

gólności pracę przy klawiaturze komputerowej [3]. Nie wszystkie przypadki zckn wymagają operacyjnego odbarczenia nerwu. Często skuteczne leczenie schorzenia metabolicznego bądź zapalnego stanowiącego podłoże zespołu powoduje ustąpienie dolegliwości [4]. Zdarza się też, że wyniki leczenia tego zespołu są mało zadowalające, co powoduje, że zagadnienia skutecznego postępowania w takich przypadkach są wciąż aktualne.

TABELA 1. Charakterystyka badanej grupy

Liczba pacjentów		Rodzaj pracy		zckn - pacjenci		Ręka		Wcześniej leczone ręce	
Kobiety	Mężczyźni	Fizyczna	Umysłowa	Obustr.	Jednostr.	Lewa	Prawa	Zachow.	Operacyjne
53	8	33	28	41	20	45	57	47	9

Najczęściej stosowane metody fizjoterapeutyczne to sonoterapia, elektroterapia, naświetlanie wiązką laserową i stymulacja wolnoziemnym polem magnetycznym [5, 6, 7]. Zalecane są ćwiczenia poślizgowe nerwów i ścięgien oraz masaż wirowy, łączący działanie dwu czynników: termicznego i mechanicznego [8, 9].

W sonoterapii istotną kwestią jest właściwy dobór parametrów fali ultradźwiękowej. Jej działanie polega na przekazywaniu tkankom energii mechanicznej w wyniku drgań elementu piezoelektrycznego w sposób zależny od parametrów fali i struktury tkanek [10, 11]. W leczeniu zckn stosowane są fale ultradźwiękowe ciągłe bądź impulsowe o intensywności od 0,1 W/cm<sup>2</sup> do 2,0 W/cm<sup>2</sup>, chociaż podkreśla się, że efekty biofizyczne w obrębie tkanki uzyskuje się po zastosowaniu ultradźwięków o intensywności 0,5-2,0 W/cm<sup>2</sup>. Fala ultradźwiękowa powoduje wzrost przepływu krwi, przyspieszenie procesów metabolicznych w tkankach, poprawę funkcji nerwu i wzrost przepuszczalności błony komórkowej [12,13].

Doniesienia o skuteczności sonoterapii w zckn są często rozbieżne. Różne są zalecenia dotyczące stosowanych dawek. Podkreśla się też, że nie ma jednoznacznych dowodów na to, że sonoterapia wywiera uszkodzający wpływ na tkanki [14]. W związku z tym istnieje potrzeba przeprowadzenia dalszych badań dotyczących przydatności ultradźwięków w leczeniu zckn i czasu trwania efektów terapii [15,16]. Wyniki tych badań powinny ułatwić dobór skutecznej dawki ultradźwięków.

#### MATERIAŁ I METODA

Zgodę na przeprowadzenie badań wyraziła Komisja Bioetyczna Uniwersytetu Rzeszowskiego. Warunki zakwalifikowania chorego do badań to: wynik badania elektroneurograficznego potwierdzający występowanie zespołu, aktualne skierowanie lekarskie na zabiegi, zgoda pacjenta na udział w badaniach i ukończenie przez niego programu badawczego. Kryteria wyłączenia związane były z ograniczeniami w stosowaniu ultradźwięków. W badaniach wzięło udział 61 osób leczonych ambulatoryjnie w pracowni fizjoterapii. Wiek badanych mieścił się w przedziale od 18 do 79 lat (średnia wynosiła 51 lat). W badanej grupie

było 41 rąk ze znacznym stopniem zaawansowania zckn, 43 ręce z miernym stopniem nasilenia zespołu i 12 rąk z niewielkim stopniem nasilenia zespołu. W przypadku 6 rąk parametry elektroneurograficzne mieściły się w granicach normy. Łącznie obserwacją zostały objęte 102 ręce.

Przyczyny występowania zespołu w 39% leczonych przypadków były nieznane, zaś w 35% przypadków przyczyną były przeciążenia ręki związane z wykonywaną przez dłuższy czas pracą zawodową. Rzadziej przyczyną była niedoczynność tarczycy, cukrzyca i przebyte urazy nadgarstka, a w pojedynczych przypadkach rzs, chodzenie o kuli i ciąża.

#### Metody oceny stanu chorych:

W badaniach oceniano obiektywne objawy kliniczne (zaburzenia czucia, objaw butelki Litt'ego, jakość chwytu zgrubnego i zaburzenia wegetatywne), subiektywne objawy kliniczne (ból, drętwienie, mrowienie, sztywność poranna, trudności w samoobsłudze i życiu codziennym oraz badano obecność dodatnich testów prowokacyjnych (test Tinnela, test Phalena, test Phalena odwrócony i test opaski uciskowej). Badaniem elektroneurograficznym oceniano przewodnictwo czuciowe i ruchowe nerwu pośrodkowego. W oparciu o uzyskane parametry elektroneurograficzne dokonywano klasyfikacji stopnia zaawansowania zespołu. Wyróżniony został niewielki, mierny i znaczny stopień zaawansowania zckn. Dokonywano komputerowego pomiaru zakresu ruchu w stawach ręki i siły ścisku globalnego ręki. Badanie ręki wykonywano przed rozpoczęciem terapii i po jej zakończeniu. Po upływie roku powtarzane było trzecie badanie kontrolne, które obejmowało: ocenę objawów klinicznych, testy prowokacyjne oraz komputerowy pomiar zakresu ruchu i siły ścisku ręki. W badaniu trzecim wzięły udział 42 osoby. Badaniem tym objęto łącznie 68 rąk. Chorzy zostali losowo przydzieleni do jednej z trzech grup. Zgłaszający się w porządku chronologicznym pacjenci zostali przydzieleni kolejno do grupy pierwszej, drugiej i trzeciej. Takie przyporządkowanie powtarzane było cyklicznie. W każdej grupie program terapeutyczny obejmował: masaż wirowy, nadźwiękawianie okolicy kanału nadgarstka oraz automobilizacje nerwu pośrodkowe-

go i splotu ramiennego (ćwiczenia wykonywane były również przez pacjentów w programie domowym). W grupie pierwszej zastosowano falę ultradźwiękową ciągłą o wartości natężenia 0,3 W/cm<sup>2</sup> w czasie 8 minut, w grupie drugiej falę ultradźwiękową również ciągłą o wartości natężenia 0,6 W/cm<sup>2</sup> w czasie 4 minut, a w grupie trzeciej falę impulsową o wartości natężenia 0,6 W/cm<sup>2</sup> w czasie 8 minut (współczynnik wypełnienia wynosił 1/5). Całkowita energia zabiegu była jednakowa dla grupy pierwszej i drugiej i wynosiła 720 J, w grupie trzeciej, z uwagi na impulsowy przebieg fali, była odpowiednio niższa i wynosiła 288 J.

#### Metody analizy statystycznej

W opisie danych dotyczących badanej zbiorowości wykorzystano podstawowe charakterystyki rozkładu cech liczbowych. Były to najczę-

ściej średnia arytmetyczna i odchylenie standardowe (s). Dla cech mających charakter porządkowy lub dychotomiczny posługiwano się informacją o liczbie i procentowym udziale poszczególnych wariantów odpowiedzi. Test Wilcoxon i test McNemara wykorzystano przy badaniu istotności zmian pomiędzy wynikami poszczególnych badań. Test analizy wariancji (i jego nieparametryczny odpowiednik – test Kruskala-Wallisa) wykorzystywano do porównania przeciętnego poziomu cechy liczbowej (miary sprawności ręki) w kilku grupach, a test niezależności chi-kwadrat w celu porównania częstości występowania wariantów cechy jakościowej w grupach nadźwiękawianych różną falą ultradźwiękową.

## WYNIKI

TABELA 2. Zmiany badanych objawów i parametrów w poszczególnych okresach obserwacji


Miara sprawności	Istotność zmian danego parametru w poszczególnych okresach		
	1-2	2-3	1-3
Ból dzienny <sup>1)</sup>	0,0014**	0,0104*	0,0003***
Drętwienie dzienne <sup>2)</sup>	0,0164*	0,8383	0,0190*
Mrowienie dzienne <sup>2)</sup>	0,0725	0,6892	0,0259*
Ból nocny <sup>1)</sup>	0,0000***	0,5087	0,0000***
Drętwienie nocne <sup>2)</sup>	0,0000***	0,8231	0,0009***
Mrowienie nocne <sup>2)</sup>	0,0008***	1,0000	0,0014**
Szywność poranna <sup>2)</sup>	0,0071**	0,1904	0,1904
Zaburzenia wegetatywne <sup>2)</sup>	0,0000***	0,0801	0,0000***
Samoobsługa <sup>1)</sup>	0,0000***	0,9387	0,0002***
Test Phalena <sup>1)</sup>	0,1917	0,1646	0,5700
Test Phalena - odwrócony <sup>1)</sup>	0,0448*	0,7362	0,1077
Test Tinnela <sup>2)</sup>	0,2159	0,8026	0,0550
Test Luthy'ego <sup>2)</sup>	0,1763	0,1687	0,0291*
Test opaski uciskowej <sup>2)</sup>	0,1356	1,0000	0,3017
Test chwytu zgrubnego <sup>2)</sup>	0,6056	0,6276	0,5023
Czucie <sup>1)</sup>	0,0002***	0,0210*	0,0000***
Zakres ruchu (mm) <sup>1)</sup>	0,0004***	0,0001***	0,0000***
Siła mięśniowa (kPa) <sup>1)</sup>	0,0000***	0,8402	0,0028**
ENG <sup>1)</sup>	0,0009***	–	–
Latencja ruch (m/s) <sup>1)</sup>	0,0029**	–	–
Amplituda ruch (mV) <sup>1)</sup>	0,9797	–	–
Latencja czucie (m/s) <sup>1)</sup>	0,7626	–	–
Amplituda czucie (μV) <sup>1)</sup>	0,9225	–	–
Szybkość przewodzenia czucie (m/s) <sup>1)</sup>	0,3178	–	–


<sup>1)</sup> Test Wilcoxon <sup>2)</sup> Test McNemara


(\*) - zależność istotna statystycznie

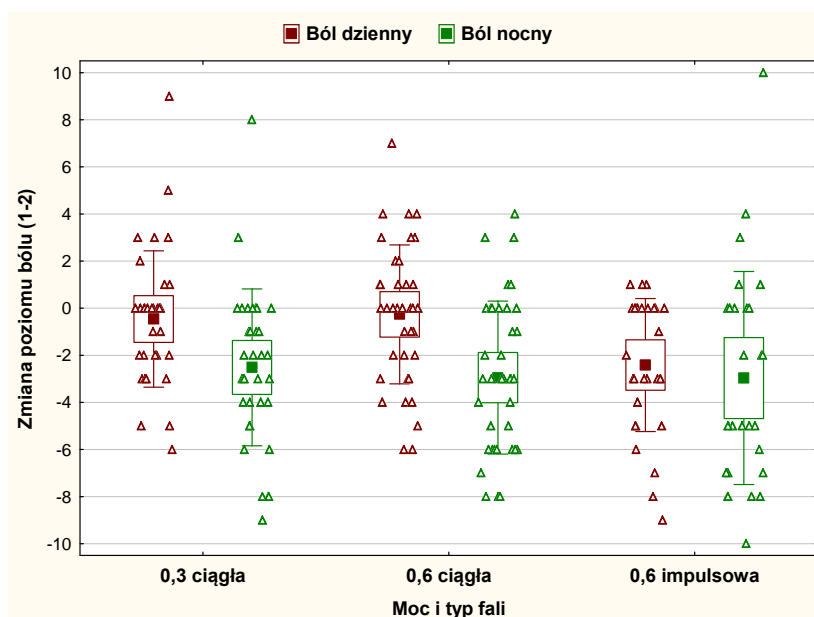
(\*\*) - zależność wysoce istotna statystycznie

(\*\*\*) - zależność bardzo wysoko istotna statystycznie

 – poprawa istotna statystycznie

 – zmiana nieistotna statystycznie

 – poprawa nieistotna statystycznie z wartością p zbliżoną do poziomu istotności



RYC. 1. Zmiany w poziomie odczuwania bólu dziennego i nocnego w okresie pomiędzy badaniem pierwszym i drugim w zależności od rodzaju wykorzystanej fali ultradźwiękowej (1-2)

TABELA 3. Ustępowanie poszczególnych objawów po wykonanych zabiegach w zależności od rodzaju zastosowanej fali ultradźwiękowej

Rodzaj nadźwiękawiania (typ fali)	Drewnienie dzienne ( $p = 0,8884$ )		Mrowienie dzienne ( $p = 0,0661$ )		Drewnienie nocne ( $p = 0,8037$ )		Mrowienie nocne ( $p = 0,4968$ )		Sztynność poranna ( $p = 0,3371$ )		Zaburzenia wege- tatywne ( $p = 0,3257$ )	
	$N^{1)}$	%	$N$	%	$N$	%	$N$	%	$N$	%	$N$	%
0,3 W/cm <sup>2</sup> ciągła	6/29	21%	4/27	15%	8/34	24%	10/33	30%	9/24	38%	9/18	50%
0,6 W/cm <sup>2</sup> ciągła	9/35	26%	8/32	25%	9/37	24%	7/34	21%	7/34	21%	10/23	43%
0,6 W/cm <sup>2</sup> impulsowa	4/18	22%	9/20	45%	5/28	18%	9/27	33%	5/21	24%	9/13	69%

<sup>1)</sup> liczba rąk, w których ustąpiły dolegliwości (badanie 2) z ogólnej liczby rąk, w których dolegliwości występowały przed leczeniem (badanie 1)

TABELA 4. Zmiany w zdolności do samoobsługi w okresie (1-2) w zależności od rodzaju zastosowanej fali ultradźwiękowej

Rodzaj nadźwiękawiania (typ fali)	$N$	Zmiana (1-2)	
		Samoobsługa	
		$\bar{x}$	$s$
ciągła (0,3 W/cm <sup>2</sup> )	35	-0,9	2,4
ciągła (0,6 W/cm <sup>2</sup> )	38	-2,1	3,0
impulsowa (0,6 W/cm <sup>2</sup> )	29	-1,7	2,4
p		0,1499	

TABELA 5. Korzystne zmiany w wynikach testu Phalena w okresie (1-2) w zależności od rodzaju zastosowanej fali ultradźwiękowej

Rodzaj nadźwiękawiania (typ fali)	Test Phalena ( $p = 0,0804$ )		Test Phalena odwrócony ( $p = 0,3320$ )	
	$N^{1)}$	%	$N$	%
0,3 W/cm <sup>2</sup> ciągła	4/27	15%	7/25	28%
0,6 W/cm <sup>2</sup> ciągła	1/33	3%	4/32	13%
0,6 W/cm <sup>2</sup> impulsowa	5/22	23%	4/22	18%

<sup>1)</sup> liczba rąk, w których uzyskano korzystny wynik testu z ogólnej liczby rąk, w których przed nadźwiękawianiem wynik był niekorzystny

**TABELA 6. Korzystne zmiany wyników poszczególnych testów uzyskane w okresie (1-2) w zależności od rodzaju zastosowanej fali ultradźwiękowej**

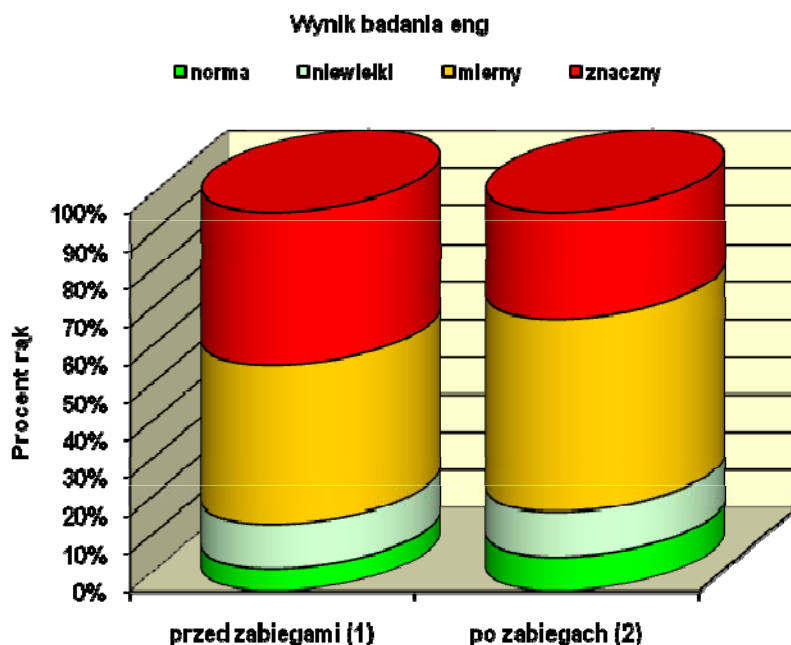
Rodzaj nadźwiękawiania (typ fali)	Test Tinnela ( $p = 0,0857$ )		Test Luthy'ego ( $p = 0,0916$ )		Test opaski uciskowej ( $p = 0,4058$ )		Test chwytu zgrubnego ( $p = 0,1972$ )	
	$N^{1)}$	%	$N$	%	$N$	%	$N$	%
0,3 W/cm <sup>2</sup> ciągła	7/16	44%	5/16	31%	3/25	12%	3/12	25%
0,6 W/cm <sup>2</sup> ciągła	5/19	26%	8/13	62%	6/33	18%	2/7	29%
0,6 W/cm <sup>2</sup> impulsowa	8/12	67%	9/13	69%	6/22	27%	4/6	67%

<sup>1)</sup> liczba rąk uzyskujących wynik korzystny z ogólnej liczby rąk, które miały wynik niekorzystny

**TABELA 7. Zmiany wyników badania rozdzielczości czucia dwupunktowego w okresie (1-2) w zależności od rodzaju zastosowanej fali ultradźwiękowej**

Rodzaj nadźwiękawiania (typ fali)	$N$	Zmiana (1-2)				
		Czucie				
		-3	-2	-1	0	1
ciągła (0,3 W/cm <sup>2</sup> )	19	0	4	11	2	2
ciągła (0,6 W/cm <sup>2</sup> )	19	1	5	8	4	1
impulsowa (0,6 W/cm <sup>2</sup> )	10	0	1	6	3	0
$p^{1)}$		0,6841				

<sup>1)</sup> Zastosowano test Kruskala-Wallisa, wartości w tabeli oznaczają zmianę wyniku testu czucia (-3 – polepszenie wyniku o 3 kategorie, -2 o 2, -1 o 1, 0 brak poprawy, 1 zaś pogorszenie).



**RYC. 2. Wyniki badania eng przed zabiegami i po zabiegach**

**TABELA 8. Zmiany wyników badania eng w okresie (1-2) w zależności od rodzaju zastosowanej fali ultradźwiękowej**

Rodzaj nadźwiękawiania (typ fali)	$N$	Zmiana (1-2)		
		eng		
		-1	0	1
ciągła (0,3 W/cm <sup>2</sup> )	33	10	22	1
ciągła (0,6 W/cm <sup>2</sup> )	34	7	26	1
impulsowa (0,6 W/cm <sup>2</sup> )	27	5	21	1
$p^{1)}$		0,5404		

<sup>1)</sup> zastosowano test Kruskala-Wallisa, wartość -1 oznacza polepszenie wyniku badania eng o 1 kategorię, 0 to brak zmian, 1 – pogorszenie o 1 kategorię.

#### *Ból dzienny i nocny*

Dla zbadania wpływu natężenia i rodzaju fali ultradźwiękowej na efekt zabiegów wykorzystano test analizy wariancji, którego wynik był istotny statystycznie jedynie dla zmian poziomu odczuwania bólu dziennego. Zastosowanie testów porównań wielokrotnych Duncana wykazało znamiennej różnicę pomiędzy falą ciągłą o natężeniu 0,3 W/cm<sup>2</sup> i falą impulsową ( $p=0,0068$ ) oraz falą ciągłą o natężeniu 0,6 W/cm<sup>2</sup> i falą impulsową (0,0042).

#### *Inne objawy subiektywne*

Częstość występowania większości z sześciu rozważanych objawów i zaburzeń znacząco spadła po wykonaniu zabiegów nadźwiękawiania (porównanie badania pierwszego i drugiego), po czym w ciągu kolejnego roku nie ulegała większej zmianie (tabela 2). Porównanie skuteczności trzech różnych fal ultradźwiękowych w likwidowaniu sześciu badanych objawów w poszczególnych rękach wykazało, że ich ustępowanie nie zależy od rodzaju stosowanej fali. W tabeli 3 zestawiono wyniki analiz dla wszystkich sześciu rodzajów dolegliwości. Jedynie dla mrowienia dziennego można mówić o zależności wartej rozważenia (wynik testu zbliżony do granicznego poziomu istotności  $\alpha = 0,05$ ). W przypadku nadźwiękawiania falą ciągłą 0,3 W/cm<sup>2</sup> dolegliwość ustąpiła jedynie w co 6–7 ręce, fala ciągła 0,6 W/cm<sup>2</sup> dała skuteczność na poziomie 25% (co 4 ręka wyleczona), wreszcie fala impulsowa 0,6 W/cm<sup>2</sup> spowodowała ustąpienie dolegliwości w prawie co drugiej ręce.

#### *Samoobsługa*

Po terapii odnotowano znaczącą poprawę poziomu samoobsługi, nie było natomiast żadnej zmiany w ciągu kolejnego roku obserwacji. Natężenie i rodzaj wykorzystanej fali ultradźwiękowej nie miał znaczącego wpływu na poziom efektów rehabilitacji – wynik testu analizy wariancji był nieistotny statystycznie ( $p = 0,1499$ ).

#### *Testy Phalena*

Wpływ rodzaju stosowanej fali ultradźwiękowej na zmiany wyników testu Phalena badano testem niezależności chi – kwadrat. Wyniki testu zarówno dla testu Phalena, jak i odwróconego testu Phalena nie były istotne statystycznie (tabela 5).

#### *Inne testy*

Jedynie wynik testu Luthy’ego i do pewnego stopnia testu Tinnela w całym okresie obserwacji uległ znaczącej zmianie (istotny spadek częstości dodatnich wyników testu w okresie 1–3). Podczas analizy wpływu rodzaju fali ultradźwiękowej na uzyskane zmiany w wynikach testów nie otrzymano statystycznie istotnej zależności, chociaż wśród osób mających niekorzystne wyniki testów, najwięcej zmian na korzyść odnotowano po zastosowaniu fali impulsowej.

#### *Rozdzielczość czucia dwupunktowego*

Zmiany wyników badania rozdzielczości czucia pomiędzy kolejnymi badaniami były istotne statystycznie (tabela 2). Porównano efekty terapii w zależności od rodzaju fali ultradźwiękowej. Różnica pomiędzy poszczególnymi rodzajami fal okazała się nieistotna statystycznie.

#### *Badanie elektroneurograficzne (eng)*

Stopień zaawansowania zespołu w badanych rękach oceniony był przez specjalistę neurologa w oparciu o otrzymane w badaniu elektroneurograficznym parametry przewodnictwa nerwowego. Po leczeniu nastąpiła znamiennej poprawa stanu rąk wyrażona stopniem zaawansowania zespołu w badaniu eng (tabela.1). Wzrosła liczba rąk, dla których parametry elektroneurograficzne mieściły się w granicach normy, zmalała zaś liczba rąk ze znacznym stopniem zaawansowania zespołu (rycina 2).

Nie zanotowano statystycznie istotnych różnic w skuteczności zabiegów w zależności od rodzaju fali ultradźwiękowej – świadczy o tym nieistotna wartość prawdopodobieństwa testowego  $p = 0,5404$  (tabela 8).

#### *Zakres ruchu i siła mięśniowa*

Zakres ruchu zmienia się w każdym z rozważanych okresów w sposób istotny statystycznie, natomiast siła mięśniowa wzrosła znacząco po zabiegach terapeutycznych (1–2), i w ciągu kolejnego roku (2–3) nie uległa niemal żadnej zmianie (tabela 2). Tak jak dla zakresu ruchu, tak i dla siły mięśniowej zmiany zaobserwowane w wyniku przeprowadzonych zabiegów były na podobnym poziomie – niezależnie od rodzaju wykorzystanej fali ultradźwiękowej.

### **DYSKUSJA**

Kliniczne zastosowanie sonoterapii nie ma dotychczas rzetelnej weryfikacji naukowej. Zdaniem Gerritsena i współautorów [17] istnieją

sprzeczne dowody na skuteczność nadźwiękawiania w leczeniu zckn. Skuteczność tę potwierdza przegląd dokonany przez Mullera i współautorów [18]. O istnieniu przeciwnych dowodów na skuteczność tej terapii donoszą Goodyear-Smith i Arroll [14], Robertson [11] oraz Piazzini i współautorzy [19]. Draper [20] uważa, że jej efektywność jest nadal dyskusyjna. Kontrowersyjne są podstawy biofizyczne zastosowania ultradźwięków, a w szczególności skutki nietermiczne [21]. Amusat [22] podkreśla, że chociaż badania z ostatniego okresu nie dały ostatecznej odpowiedzi co do skuteczności nadźwiękawiania, to – jego zdaniem – braku dowodów na skuteczność nie można utożsamiać z brakiem skuteczności. Pomimo niewielu dowodów naukowych potwierdzających skuteczność leczniczego działania fali ultradźwiękowej jest ona najbardziej dostępnym i najczęściej stosowanym czynnikiem fizykalnym, a przez lekarzy klinicystów oceniana jest jako istotny element leczenia [23, 21]. Childs [24] uważa, że powszechne stosowanie terapii ultradźwiękowej – pomimo braku dowodów na jej skuteczność – wynika z 20-letniej tradycji i względów ekonomicznych. Wciąż istnieje potrzeba przeprowadzenia dalszych badań w celu potwierdzenia użyteczności nadźwiękawiania w leczeniu zckn [16]. Lecznicze stosowanie ultradźwięków związane jest między innymi z ich działaniem termicznym [13], które według Callies i Rusch rozpoczyna się od natężenia  $0,3 \text{ W/cm}^2$ . Według innych autorów [25] dawki ultradźwięków  $0,1 \text{ W/cm}^2$  i  $0,5 \text{ W/cm}^2$  należą do dawek nietermicznych. Natomiast efekt bioakustyczny odnotowano w badaniach nad wykorzystaniem ultradźwięków w leczeniu ran już przy natężeniu  $0,04 \text{ W/cm}^2$  [26]. Fala o natężeniu  $0,5 \text{ W/cm}^2$  była w większości prowadzonych badań wystarczająca dla uzyskania oczekiwanych efektów [27, 25, 28]. Wyniki badań pokazały, że dawka ta jest bardziej skuteczna w porównaniu z dawką  $1,5 \text{ W/cm}^2$  [29] i bardziej bezpieczna w porównaniu z dawką  $2,2 \text{ W/cm}^2$  [30].

Zespół cieśni kanału nadgarstka jest szczególnym rodzajem neuropatii z uwięźnięcia (*entrapment neuropaty*), której leczenie wymaga ostrożnego dawkowania podczas nadźwiękawiania [10, 31, 32]. Przy nadźwiękawianiu okolicy kanału nadgarstka przemieszczenia głowicy są niewielkie, a stosowaną metodę możemy zaliczyć do półstatycznej. W takich przypadkach zaleca się nadźwiękawianie mniejszą dawką w porównaniu z metodą dynamiczną. Zastosowanie do nadźwiękawiania zbyt dużej dawki może działać hamująco, a nawet niszcząco na tkankę i przebiegające

w niej procesy regeneracyjne [31, 33]. Niebezpieczeństwo zwiększa bliski przebieg struktur nerwowych i niewielka ilość tkanek miękkich w tej okolicy. Ze względu na to dawki  $1,0 \text{ W/cm}^2$  i wyższe, które stosowali Bakhtiary i Rashidy-Pour [34], Oztas i wsp. [35], Ebenblicher [36] i Paik [37] mogą okazać się zbyt wysokie. W niektórych przypadkach miało miejsce pogorszenie parametrów elektrofizjologicznych po terapii [35], a w badaniach Ebenblichera [36] znaczna część chorych nie wzięła udziału w badaniach kontrolnych z powodu nasilenia dolegliwości, jak też z innych nieznanych przyczyn. Dawki, które proponowali w leczeniu zckn Piravej i Boonhong [38]:  $0,5 \text{ W/cm}^2$  oraz Dakowicz i Latosiewicz [39]:  $0,5\text{--}0,8 \text{ W/cm}^2$  wydają się najbardziej właściwe pod względem skuteczności i bezpieczeństwa. Przy ocenie skuteczności nadźwiękawiania istotne jest porównanie całkowitej energii wyemitowanej w czasie zabiegu. Dla głowicy o częstotliwości 3 MHz całkowita energia wynosi według różnych autorów od 30 J do 180 J, dla głowicy o częstotliwości w granicach od 0,89 do 1 MHz wynosi od 600 J do 11600 J. Najniższa gęstość energii, czyli całkowita energia zabiegu przypadająca na jednostkę powierzchni nadźwiękawianego pola wynosi według Hashish dla głowicy o częstotliwości 3 MHz  $2 \text{ J/cm}^2$ , a najwyższa według Ebenblicher dla głowicy 1 MHz  $150 \text{ J/cm}^2$  [11]. Dla porównania całkowitej energii wyemitowanej w trakcie zabiegu niezbędna jest też znajomość powierzchni efektywnego promieniowania głowicy ERA (*effective radiating area*). Wielu autorów nie podaje ścisłych danych dotyczących tej wielkości. W przypadku braku takich danych zakłada się, że pole powierzchni aplikatora jest równe powierzchni efektywnego promieniowania głowicy ERA, a założenie takie jest słuszne jedynie w odniesieniu do aparatów dobrej jakości. Często powierzchnia efektywnego promieniowania głowicy jest mniejsza w porównaniu z wymiarami geometrycznymi aplikatora, co powoduje zmniejszenie rzeczywistej dawki energii przekazanej do tkanek w porównaniu z dawką wyliczoną w oparciu o wymiary głowicy [11].

W przeprowadzonych badaniach wykorzystano dwie dawki: granicę pomiędzy dawką nietermiczną i termiczną, czyli  $0,3 \text{ W/cm}^2$  jako najmniejszą dawkę mogącą dać oczekiwane efekty terapeutyczne oraz dawkę  $0,6 \text{ W/cm}^2$  jako całkowicie bezpieczną i zgodną z dawkami proponowanymi przez większość autorów. Całkowita energia wyemitowana w trakcie zabiegu wynosiła 720 J w grupach nadźwiękawianych falą ciągłą

i 288 J w grupie nadźwiękawianej falą impulsową. Fala impulsowa była bardziej skuteczna w porównaniu z falami ciągłymi o natężeniu 0,3 W/cm<sup>2</sup> i 0,6 W/cm<sup>2</sup> w obniżaniu poziomu bólu dziennego (różnica istotna statystycznie). Również mrowienie odczuwane w dzień ustępowało szybciej po zastosowaniu tej fali (wartość prawdopodobieństwa testowego mocno zbliżona do poziomu istotności). Fala impulsowa powodowała najbardziej skuteczną poprawę wyników testów prowokacyjnych i funkcjonalnych chociaż zależność ta nie była istotna statystycznie. Zmiany w wynikach eng nie były zależne od rodzaju fali w sposób istotny statystycznie. Uzyskane po nadźwiękawianiu zmiany potwierdziły skuteczność dawki 0,3 W/cm<sup>2</sup> (najwyższy odsetek rąk z uzyskaną poprawą w grupie nadźwiękawianej tą dawką) oraz bezpieczeństwo dawki 0,6 W/cm<sup>2</sup> (liczba przypadków pogorszenia wyniku o 1 kategorię była jednakowa we wszystkich trzech grupach nadźwiękawianych falą o różnym natężeniu) (tabela 8). Także zmiany wyniku testu czucia potwierdziły skuteczność dawki 0,3 W/cm<sup>2</sup> (spośród 19 rąk nadźwiękawianych tą dawką w 15 rękach uzyskano poprawę) i bezpieczeństwo dawki 0,6 W/cm<sup>2</sup> (z 29 rąk nadźwiękawianych falą o takim natężeniu tylko w jednej ręce miało miejsce pogorszenie jakości czucia o 1 kategorię, a identyczną zmianę odnotowano w dwu rękach z 19 rąk leczonych dawką 0,3 W/cm<sup>2</sup>) (tabela 7). Uzyskane wyniki pozwalają przypuszczać, że zastosowane intensywności, jak też całkowita porcja energii przekazana do tkanek w trakcie nadźwiękawiania, są wystarczające, a na efekty leczenia wpływa również sposób oddziaływania fali (ciągły bądź impulsowy).

Wobec zaobserwowanych w doniesieniach różnych autorów i w badaniach własnych rozbieżności dotyczących doboru parametrów w zabiegach sonoterapii dalsze obserwacje w tym zakresie są pożądane, gdyż problematyka ta jest nadal nurtująca, a jej zgłębianie przyczyni się do wdrażania coraz bardziej skutecznych sposobów leczenia pacjentów z zespołem cieśni kanału nadgarstka.

#### WNIOSKI

1. Fale ultradźwiękowe o intensywnościach z zakresu dawek słabych i średnich dają zmniejszenie nasilenia objawów klinicznych w zespole cieśni kanału nadgarstka.
2. O uzyskanych efektach terapii decyduje całkowita ilość energii przekazana do tkanek w trakcie zabiegu.

3. Efekty po zastosowaniu fali impulsowej są wyraźniej zaznaczone w porównaniu z falą ciągłą.

#### PIŚMIENNICTWO

1. Szyluk K., Widuchowski J., Jasiński A., Koczy B., Widuchowski W.: *Wczesne wyniki leczenia operacyjnego zespołu kanału nadgarstka metodą endoskopową z wykorzystaniem jednego dostępu*, Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja 2006, 2/6, 8, 172–81.
2. Anderson J. M., Carpal Tunnel Syndrome: *Common, treatable, but Not Necessarily Work-Related*, Journal of Controversial Medical Claims. Contr. Medical Claims 2007, 14, 4, 1–9.
3. Stevenson J. R., Blake J.M., Douglas T.F., Kercheval D.M.: *Does continuous passive motion during keyboarding affect hand blood flow and wrist function? A prospective case report*, IOS Press Work 24, 2005, 145–55.
4. Atcheson S.G.: *Zespół kanału nadgarstka: czy to choroba zawodowa?*, Medycyna po Dyplomie 2000, 9, 7, 142–51.
5. Ginszt A., Kuliński W.: *Ocena zastosowania zmiennego pola magnetycznego niskiej częstotliwości w leczeniu niezaawansowanych idiopatycznych postaci zespołu kanału nadgarstka*, Balneologia Polska 2002, XLIV, 57–68.
6. Małyśzek Gribbin D.: *Rehabilitacja zespołu cieśni nadgarstka [w:] Zespoły z ucisku: diagnostyka i leczenie*, Kraków 2003, Ogólnopolska Konferencja Szkoleniowa pt. Zespoły z ucisku. Kraków 24–25.10.2003.
7. Martić V., Stepić N.: *Savremen pristup lecenju sindroma karpalnog tunela*, Vojnosanit Pregl 2006, 63, (10), 963–6.
8. Szczechowicz J., Pieniążek M., Pelczar-Pieniążek M.: *Wpływ stosowania ćwiczeń poślizgowych nerwów i neuromobilizacji na wyniki końcowe leczenia usprawniającego pacjentów po chirurgicznym uwolnieniu nerwu pośrodkowego w kanale nadgarstka*, Rehabilitacja Medyczna 2004, 8, 3, 33–41.
9. Giermek K., Dec L., *Zmęczenie i regeneracja sił – odnowa biologiczna*, Wydawnictwo AWF Katowice 2007.
10. Jaśkiewicz J. (red.): *Jonoforeza i fonoforeza. Podstawy teoretyczne i zastosowanie praktyczne*, Reh. Med. 2000, 4, Numer specjalny.
11. Robertson V.J., Baker K.G., *A Review of Therapeutic Ultrasound: Effectiveness Studies*, Physical Therapy 2001, 81, 7, 1339–50.
12. Ciechomski J.: *Wykorzystanie technik terapii manualnej w połączeniu z fizykoterapią w leczeniu zespołu cieśni kanału nadgarstka*, Med. Manual. 2001, 5, 3/4, 72–6.
13. Wilson J.K., Sevier T.L., *A review of treatment for carpal tunnel syndrome*, Disabil. Rehabil. 2003, 25, 3, 113–19.
14. Goodyear-Smith F., Arroll B.: *What Can Family Physicians Offer Patients With Carpal Tunnel Syndrome Other Than Surgery? A Systematic Review of Nonsurgical Management*, Annals Of Family Medicine 2004, 2, 3.
15. O'Connor D., Marshall S., Massy-Westropp N.: *Non-surgical treatment (other than steroid injection) for carpal tunnel syndrome*, Cochrane Database Syst. Rev. 2003, 1:CD003219.
16. Viera A. J.: *Management of Carpal Tunnel Syndrome*, Am. Fam. Physician. 2003, 68, 2, 265–72.
17. Gerritsen A. A., de Krom M.C., Struijs M.A., Scholten R. J., de Vet H.C.: *Bouter L.M., Conservative treatment options for tunnel syndrome: a systematic review of randomised controlled trials*, J. Neurol. 2002, 249, (3), 272–80.



18. Muller M., Tsui D., Schnurr R., Biddulph-Deisroth L., Hard J., Mc Dermid J.C.: *Effectiveness of hand therapy interventios in primary management of carpal tunnel syndrome: a systematic review*, J. Hand. Ther. 2004, 17, (2), 210–28.
19. Piazzini D.B., Aprile I., Ferrara P.E., Bertolini C., Tonali P., Maggi L., Rabini A., Plantelli S., Padura L., *A systematic review of conservative treatment of carpal tunnel syndrome*, Clin. Rehabil. 2007, 21, (4), 299–314.
20. Draper D. O., *Ultrasound works and compliments therapy*, Phys. Ther. 2007, 87, 986–94.
21. Wong R.A., Schumann B., Townsend R., Phelps C. A.: *A Survey of Therapeutic Ultrasound Use by Physical Therapists Who Are Orthopaedic Certified Specialists*, Physical Therapy 2007, 87, 8, 986–94.
22. Amusat N.T.: *Letters to Editor on "A survey of therapeutic ultrasound use by physical therapists who are orthopaedic certified specialists, Wong et al. Phys. Ther. 2007, 87, 986–94"* Phys. Ther. 2007, 87, 11, 1558.
23. Warden S.J., Mc Meeken J.M.: *Ultrasound usage and dosage in sports physiotherapy*, Ultrasound Med. Biol. 2002, 28, (8), 1075–80.
24. Childs J.D.: *Letters to Editor on "A survey of therapeutic ultrasound use by physical therapists who are orthopaedic certified specialists, Wong et al. Phys. Ther. 2007, 87, 986–94"* Phys. Ther. 2007, 87, 11, 1558.
25. Johns L.D., Colloton P., Neuenfeldt J., Krupo K.: *Pre-exposure effects of 1 and 3 MHz therapeutic ultrasound on Con A activated spleenocytes*, Cytokine 2003, 22, (3–4), 55–61.
26. Król M.: *Zastosowanie ultradźwięków o różnej częstotliwości w leczeniu ran*, Rehabilitacja, Fizykoterapia, Ortopedia. OPM 2003, 11, 32–5.
27. Koeke P.U., Parizotto N.A., Carrinho P.M., Salate A.C.: *Comparative study of the efficacy of the topical application of hydrocortisone, therapeutic ultrasound and phonophoresis on the tissue repair process in rat tendons*, Ultrasound Med. Biol. 2005, 31, 345–50.
28. Deyne P.G., Kirsch-Volders M.: *In vitro effects of therapeutic ultrasound on the nucleus of human fibroblasts*, Phys. Ther. 1995, 75, (7), 629–34.
29. Byl NN., McKenzie A., Wong T., West J., Hunt TK.: *Incision wound healing: a controlled study of low and high dose ultrasound*, J. Orthop. and Sports Phys. Ther. 1993, 18 (5), 619–28.
30. Lyon R., Liu X.C., Meier J.: *The effects of therapeutic vs. high-intensity ultrasound on the rabbit growth plate*, J. Orthop. Res. 2003, 21, 5, 865.
31. Kuliński W., *Fizykoterapia* [w:] Kwolek A. (red) *Rehabilitacja medyczna*, Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner Wrocław 2003.
32. Jaskólski D.J., *Zespoły objawowe powstające z uwięźnięcia* [w:] Kozubski W. (red) i Liberski P.P., *Neurologia*, (red), PZWL Warszawa 2006.
33. Pyszczyk I., Kujawa J., Talar J., *Wybrane właściwości fizyczne i biofizyczne fal ultradźwiękowych jako podstawa ich zastosowania w medycynie fizykalnej*, Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja 2002, 4, 3, 370–82.
34. Bakhtiary A.H., Rashidy-Pour A., *Ultrasound and laser therapy in the treatment of carpal tunnel syndrome*, Aust. J. Physiother. 2004, 50, 3, 147–51.
35. Oztas O., Turan B., Bora I., Karakaya M.K., *Ultrasound therapy effect in carpal tunnel syndrome*, Arch Phys Med. Rehabil. 1998, 79, 12, 1540–44.
36. Ebenbichler G.R., Resch K.L., Nicolakis P., Wiesinger G.F., Uhl F., Ghanem A.H., Fialka V., *Ultrasound treatment for treating the carpal tunnel syndrome: randomized "sham" controlled trial*, BMJ 1998, 316, 731–35.
37. Paik N.J., Cho S.H., Han T.R.: *Ultrasound therapy facilitates the recovery of acute pressure-induced conduction block of the median nerve in rabbits*, Muscle&Nerve 2002, 26, (3), 356–61.
38. Piravej K., Boonhong J.: *Effect of ultrasound thermotherapy in mild moderate carpal tunnel syndrome*, J Med Assoc Thai 2004, 87, 2, 100–06.
39. Dakowicz A., Latosiewicz R.: *The value of iontophoresis combined with ultrasound in patients with the carpal tunnel syndrome*, Roczniki Akademii Medycznej w Białymstoku 2005, 50, 1, 196–98.

Andrzej Kwolek  
35-301 Rzeszów  
ul. Lwowska 60  
Szpital Wojewódzki nr 2  
adres e-mail: kwoleka@o2.pl  
tel: 0-48178664251  
tel. kom: 601707128

Praca wpłynęła do Redakcji: 11 sierpnia 2009  
Zaakceptowano do druku: 28 sierpnia 2009