

Filip Georgiew ^{1, 2 (A, B, C, D, E, F, G)}, Andrzej Maciejczak ^{3, 4 (B, D, E, F, G)}, Jakub Florek ^{5 (C, E, F, G, H)}

Porównanie pobudliwości nerwowo-mięśniowej przed i po zabiegu odbarczenia nerwu pośrodkowego na poziomie nadgarstka

Comparing the outcome of nervous-muscular agitation before and after carpal tunnel release

¹ Instytut Ochrony Zdrowia PWSZ w Tarnowie

² Zakład Rehabilitacji Leczniczej Szpitala Wojewódzkiego im. Św. Łukasza w Tarnowie

³ Oddział Neurochirurgii Szpitala Wojewódzkiego im. Św. Łukasza w Tarnowie

⁴ Katedra Neurologii i Neurochirurgii Instytutu Fizjoterapii Wydziału Medycznego
Uniwersytetu Rzeszowskiego

⁵ Oddział Ortopedii i Traumatologii Szpitala Wojewódzkiego
im. Św. Łukasza w Tarnowie

STRESZCZENIE

Wstęp. Najskuteczniejszą formą leczenia ZKN jest zabieg operacyjny. Daje on pacjentowi natychmiastową i, co najważniejsze, długotrwałą poprawę, a nawet całkowite ustąpienie charakterystycznych i uciążliwych objawów towarzyszących temu zespołowi. Jedną z metod pozwalającą na monitorowanie przebiegu procesu reinerwacji i rehabilitacji po urazach nerwów obwodowych jest wykreślenie krzywej i/t. Celem pracy była próba odpowiedzi na pytanie czy krzywa i/t jest wystarczająco czułą metodą do oceny zmian pobudliwości nerwowo-mięśniowej u pacjentów leczonych z powodu ZKN?

Materiał i metoda badań. Badaniami objęto 88 chorych (107 rąk): 70 kobiet (86 rąk) i 18 mężczyzn (21 rąk) w wieku pomiędzy 25 a 77 rokiem życia (średnio 54,4 lata).

Wyniki. Leczenie operacyjne połączone z wczesną pooperycyjną rehabilitacją dało statystycznie znamiennej poprawę:

ABSTRACT

Introduction. According to literature surgical decompression is believed the most effective aspect of the management of carpal tunnel syndrome. It results in immediate relief of strenuous symptoms of this entity. This in turn enables operated patients return to normal functioning including everyday life and occupational activity.

Material and method. The aim of this article is comparing the outcome of nervous – muscular agitation before and after carpal tunnel release obtained through the use of the i/t curve. The study group included 88 patients (107 upper limbs): 70 females (86 hands) and 18 males (21 hands) aged 25 to 77 years (average 54,4 years).

Results. Statistically significant improvement was noted in following clinical aspects of CTS: subjective complaints (Levine scores), functional dexterity of affected hand (Levine

Udział współautorów / Participation of co-authors: A. autor koncepcji i założeń pracy / author of the concept and objectives of paper; B. zbieranie materiału / collection of data; C. realizacja badań / implementation of research; D. opracowanie, analiza i interpretacja wyników / elaborate, analysis and interpretation of data; E. analiza statystyczna danych / statistical analysis; F. przygotowanie manuskryptu / preparation of a manuscript; G. opracowanie piśmiennictwa / working out the literature; H. pozyskanie funduszy / obtaining funds

subiektywnej oceny nasilenia dolegliwości, stanu funkcjonalnego ręki oraz wartości parametrów elektrodiagnostycznych, tj. natężenia prądu dla impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms, chronaksji, ilorazu akomodacji.

Wnioski. Zmiany kształtu krzywej i/t u pacjentów z ZKN poddanych leczeniu operacyjnemu są nieznaczne. Zmiany kształtu krzywej i/t są związane ze zmianami tylko dwóch parametrów: chronaksji oraz natężenia prądu ocenianego dla impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms. Iloraz akomodacji jest przydatnym parametrem, który może posłużyć do „uchwycenia” zmian pobudliwości nerwowo-mięśniowej po zastosowanym leczeniu. U pacjentów z łagodnym ZKN istnieje potrzeba rozszerzenia schematu badania o ocenę pobudliwości czuciowej. Istnieje wysoka korelacja pomiędzy zmianami wartości ilorazu akomodacji a subiektywnymi zmianami stanu funkcjonalnego u pacjentów z ciężkim ZKN.
Słowa kluczowe: krzywa i/t, zespół kanału nadgarstka, elektrodiagnostyka, leczenie operacyjne.

Wstęp

W porównaniu z latami pięćdziesiątymi XX wieku zainteresowanie klinicystów elektrodiagnostyką klasyczną zmniejszyło się znacząco. Spowodowane było to upowszechnieniem badań elektroneurograficznych (ENG) oraz elektromiograficznych (EMG). Publikacje zagraniczne sugerują jednak, że nie nastąpiło zaniechanie wykorzystywania elektrodiagnostyki klasycznej w badaniach klinicznych i naukowych [1]. Krzywa i/t jest dostępnym, aczkolwiek subiektywnym badaniem oceniającym pobudliwość nerwowo-mięśniową. Jest to metoda pozwalająca monitorować przebieg reinerwacji i rehabilitacji po urazach nerwów obwodowych, zwłaszcza gdy uszkodzenie dotyczy włókien ruchowych nerwu obwodowego [1–5]. Największą jej zaletą jest duża dostępność i łatwość wykonania. Natomiast wadą tej metody jest: konieczność wzrokowej oceny obecności skurczu mięśniowego, długi czas trwania badania oraz fakt, że ocenia ona tylko próg pobudliwości nerwowo-mięśniowej. W tym miejscu należy zadać pytanie: czy jest to wystarczająco czuła metoda, która może posłużyć do oceny wyników leczenia w przypadku neuropatii uciskowych, do których należy ZKN (zespół kanału nadgarstka). Najbardziej wiarygodnym badaniem służącym do oceny wyników leczenia jest badanie ENG. Pozwala ono monitorować wyniki leczenia operacyjnego, które wpływa na poprawę parametrów przewodnictwa w nerwie pośrodkowym, tj.: dystalnej latencji czuciowej (DSL) i ruchowej (DML), szybkości przewodzenia (CV) oraz dystalnej amplitudy we włóknach czuciowych (SNAP) i ruchowych (CMAP) [6–11].

Celem pracy było określenie przydatności krzywej i/t do oceny zmian pobudliwości nerwowo-mięśniowej u pacjentów leczonych z powodu zespołu kanału nadgarstka (ZKN).

scores), value of nervous – muscular agitation obtained through the use of the triangular impulse timp 100 ms, chronotaxy, accommodation quotient.

Conclusion. Changes in the shape of the i/t curve in patients with CTS after surgical treatment are slight. Differences between pre and postoperative treatment are present in the values of nervous – muscular agitation obtained through the use of the triangular impulse timp 100 ms and chronaxy. Accommodation quotient is a valuable parameter which can be used to ‘record’ changes in neuromuscular excitation after applied treatment. The extension of the test using the i/t curve to include the analysis of sensor excitability can help especially in patient with mild CTS. There are high correlation among changes of value of accommodation quotient and the subjective changes of functional state at patients with severe carpal tunnel syndrome.

Keywords: i/t curve, carpal tunnel syndrome, electrodiagnosis, median nerve, surgery treatment.

Introduction

Compared with 1950s clinicians’ interests in clinical electrodiagnosis has decreased significantly. This was due to the dissemination of research in electroneurography (ENG) and electromyography (EMG). However, foreign publications show that there has been no abandonment of classical electrodiagnostics in clinical tests and scientific research [1]. The i/t curve, which is one of the methods used in classical electrodiagnosis, is an available method used in evaluating peripheral nerve excitability. I/t curve is available method, to confirm the fact that peripheral nerve is damaged and monitor the process of regeneration and rehabilitation [1–5]. The greatest advantage of i/t curve is its high availability and ease of execution. An indisputable disadvantage of the described method is the need for visual assessment of the occurrence of muscle contraction in response to electric current pulses with specific parameters. The purpose of this study was to determine the sensibility i/t curve used for assess effectiveness of treatment of CTS. Nerve conduction studies are reported by many authors to be gold standard for diagnosing CTS. Electroneurography help in the confirmation of the diagnosis and in objective assessment of the degree of nerve excitability. Electrophysiological parameters help to monitor the process of nerve regeneration: distal sensor latency (DSL), distal motor latency (DML), conduction velocity (CV), sensory nerve acton potential (SNAP), compound motor action potential (CMAP) [6–11].

Aim of study

The aim of this article is to compare the outcome of nervous-muscular agitation before and after carpal tunnel release obtained through the use of the i/t curve.

Material i metodyka badań

Badaniami objęto 88 chorych (107 rąk) operowanych w Oddziale Neurochirurgii Szpitala Wojewódzkiego im. Św. Łukasza w Tarnowie i rehabilitowanych wg programu wdrożonego i nadzorowanego przez głównego autora pracy. Grupa badana obejmowała 70 kobiet (86 rąk) i 18 mężczyzn (21 rąk) w wieku pomiędzy 25 a 77 rokiem życia (średnio 54,4 lata). Średni wiek kobiet w badanej populacji wyniósł 53,5 lat, a mężczyzn 58 lat.

Leczenie chirurgiczne było prowadzone przez kilku neurochirurgów, ale wg tej samej techniki operacyjnej. Program wczesnej rehabilitacji pooperacyjnej był realizowany i kontrolowany przez jedną osobę. Badanie miało charakter prospektywny, gdyż oceny badanych parametrów dokonywano bezpośrednio przed operacją i minimum 6 miesięcy po operacji. Średni czas kontroli pooperacyjnej wyniósł 7 miesięcy (minimalnie 6, maksymalnie 11 miesięcy). Na podstawie zapisu badania ENG i w oparciu o kryteria podawane przez Pauda i wsp. [12, 13] chorych zakwalifikowano do jednej z trzech podgrup zaawansowania: (1) łagodny, (2) umiarkowany, (3) ciężki:

Material and method

The study group included 88 patients (107 upper limbs): 70 females (86 hands) and 18 males (21 hands) aged 25 to 77 years (average 54,4 years).

Complex treatment of CTS consisted of surgical decompression followed by early postoperative rehabilitation. Surgical decompression was performed technically in the same manner by a few neurosurgeons of the Department of Neurosurgery at St Luke Hospital, Tarnów, Poland. The protocol of early rehabilitation was realized by one physiotherapist, that is the author of this prospective study. The average postoperative monitoring time was 7 months (minimum 6, maximum 11 months). The group was divided into several subgroups depending on clinical advancement of CTS. Patients were classified to subgroups according to objective criteria based on results of electroneurographic study: 1 - mild, 2 - moderate, 3 - severe. Electrophysiological findings were graded into the following categories according to American Association of Electrodiagnostic Medicine given by Paud [12, 13].

Stopień uszkodzenia Degree of nerve injury (classification of CTS)	Przewodzenie we włóknach czuciowych na odcinku nadgarstek – palce Median nerve sensory conduction studies (finger – wrist conduction)	Przewodzenie we włóknach ruchowych na odcinku nadgarstek – odwodziciel krótki kciuka Median nerve motor conduction studies (wrist – abductor pollicis brevis)
1 łagodny 1 mild	Nieprawidłowa odpowiedź czuciowa uzyskana za pomocą testów standardowych Prolonged distal sensory latency with decreased sensory amplitude (standard tests)	Prawidłowa odpowiedź ruchowa Normal median motor latencies
2 umiarkowany 2 moderate	Nieprawidłowa odpowiedź czuciowa uzyskana za pomocą testów standardowych Abnormal median sensory latencies (standard tests)	Nieprawidłowa odpowiedź ruchowa uzyskana za pomocą testów standardowych (latencja dystalna) Abnormal median motor latencies (standard tests)
3 ciężki 3 severe	Brak odpowiedzi czuciowej Absent sensory response	Nieprawidłowa odpowiedź ruchowa uzyskana za pomocą testów standardowych (latencja dystalna) Abnormal median motor latencies (standard tests)

Oceny pobudliwości przy pomocy krzywej i/t dokonano za pomocą aparatu INTER D64 przy wykorzystaniu metody jednoelektrodowej (punktową elektrodą połączoną z ujemnym biegunem prądu stymulowano obszar ponad odejściem gałęzi ruchowej kciuka, większa silikonowa elektroda połączona z dodatnim biegunem prądu znajdowała się na przednio-bocznej części przedramienia – jej dystalny brzeg leżał 13 centymetrów od dalszej kresy zgięciowej nadgarstka). Elektrodą punktową stymulowano punkt motoryczny nerwu (stymulacja pośrednia) przez elektrolit, jakim był specjalny żel. Przed rozpoczęciem badania proszono pacjenta o rozgrzanie przedramienia i ręki pod strumieniem bieżącej ciepłej wody przez okres 2 minut, w sytuacji gdy temperatura na zewnątrz była niższa niż 20°C. Skóra w okolicy przyłożenia elektrod została oczyszczona i odtłuszczona

The evaluation of excitability using the i/t curve was performed with INTER D64 apparatus using single electrode method (a small point electrode connected to the cathode stimulated area over the takeoff of the thumb motor branch, a larger silicone electrode connected to the positive pole was placed on the anterolateral forearm – its distal edge lying 13 cm from distal carpal flexor crease). The electrode on the forearm had contact with patient's skin through wet, warm cloth used in electrotherapy, the point electrode stimulated nerve motor point (indirect stimulation) through the electrolyte (gel). Before the test, the patient was asked to warm up the forearm and hand under a stream of warm running water for 2 minutes when the outside temperature was under 20°C. The skin where the electrode was attached was cleaned and degreased with alcohol. During the stimulation the therapist did

przy użyciu spirytusu. Podczas stymulacji nie zmieniano zarówno miejsca, jak i siły nacisku elektrody czynnej na skórę.

W czasie badania pacjent przebywał w pozycji siedzącej, testowana kończyna górna była zgięta w stawie łokciowym, przedramię znajdowało się w nieznacznej supinacji (około 10 stopni), a nadgarstek w pozycji neutralnej. Kciuk ułożony był w pozycji pośredniej w stawie nadgarstkowo-śródręcznym oraz w częściowym zgięciu w stawie śródręczno-paliczkowym. Podczas badania przypomniano pacjentowi, aby pamiętał o rozluźnieniu ręki. Przed przystąpieniem do wykreślenia krzywej i/t odszukano gałąź ruchową kciuka.

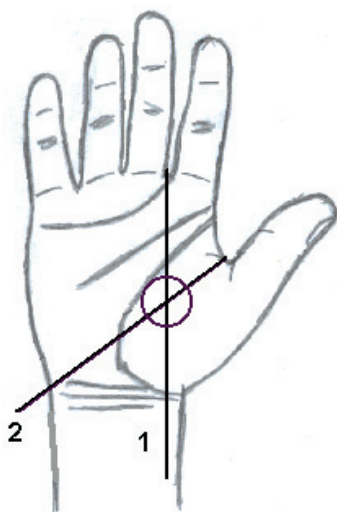
Do oceny zmian pobudliwości nerwowo-mięśniowej wykorzystano następujące parametry: reobazę, wartość progową akomodacji, chronaksję, iloraz akomodacji, współczynnik akomodacji oraz wartości natężenia prądu elektrycznego dla impulsów prostokątnych i trójkątnych o czasie trwania: 500 ms, 100 ms, 50 ms, 10 ms, 5 ms, 1 ms, 0,5 ms, 0,1 ms, 0,05 ms.

U części chorych nie udało się wyznaczyć wartości wszystkich parametrów, których zmiany wartości po leczeniu okazały się istotne statystycznie. Niemożliwe okazało się wskazanie wartości:

- ilorazu akomodacji: u 36% chorych przed zabiegiem i u 46% po zabiegu,
- chronaksji: u 18% chorych przed i u 18% po zabiegu,
- natężenia prądu dla impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms: u 19% chorych przed zabiegiem i u 20% po zabiegu.

Lokalizacja gałęzi ruchowej

Położona jest w punkcie przecięcia linii Kaplana z linią prowadzoną od promieniowej krawędzi palca



Ryc. 1. Lokalizacja gałęzi ruchowej kciuka [14–16]

Ryc. 2. Przebieg nerwu pośrodkowego i jego gałęzi ruchowej

not change either the position or the force of the active electrode on the skin.

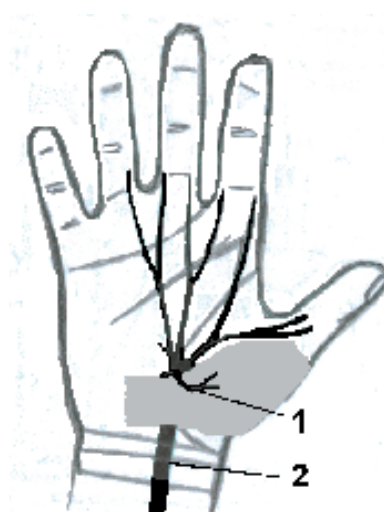
During the test the patient was in a sitting position, the assessed upper limb bent at an elbow, the forearm was in slight supination (about 10 degrees) and the wrist in neutral position. The thumb was placed in an intermediate position in the carpometacarpal joint and in partial flexion in the metacarpophalangeal joint. During the test the therapist reminded the patient to keep the hand relaxed. Before plotting the i/t curve the therapist had to find motor branch of the thumb.

In the evaluation of neuromuscular excitation the following parameters were used: rheobase, threshold value of accommodation, chronaxy, accommodation quotient, accommodation coefficient and the value of electric current intensity for rectangular and triangular pulses of: 500 ms, 100 ms, 50 ms, 10 ms, 5 ms, 1 ms, 0,5 ms, 0,1 ms and 0,05 ms duration. With part of the ill it was impossible to determine the values of all parameters whose value changes after treatment were of statistical significance. It proved impossible to indicate the values of:

- accommodation quotient: at 36% of the ill before the surgery and at 46% after the surgery,
- chronaxy: at 18% of the ill before and at 18% after the surgery,
- current intensity for triangular pulses of 100 ms duration: at 19% of the ill before the surgery and at 20% after the surgery.

Motor branch location

It is located at the intersection of Kaplan's line with the line running proximally from the radial edge of the middle finger – line 1 in Fig. 1. Kaplan's line extends slantwise from



- 1 – gałąź ruchowa kciuka
- 2 – nerw pośrodkowy

środkowego w kierunku proksymalnym – linia numer 1 na ryc. 1. Linia Kaplana przebiega od środka fałdu łączącego maksymalnie wyprostowany i odwiedziony kciuk z palcem wskazującym skośnie w kierunku kości grochowatej (przechodzi 4 – 5 mm dystalnie do kości grochowatej) – linia numer 2 na ryc. 1 [14–17]. Przed rozpoczęciem badania wyznaczano wstępnie położenie gałęzi motorycznej kciuka według opisanego wyżej schematu, a następnie z punktu przecięcia opisanych linii wyznaczano okrąg o promieniu ok. 1 cm, w którym poszukiwano miejsca, gdzie najłatwiej było wywołać skurcz mięśni. Jest to punkt, w którym gałąź ruchowa przebiega najbardziej powierzchownie pod skórą, dlatego najłatwiej wywołać jest skurcz mięśni. Do wyznaczenia położenia gałęzi wykorzystano impulsy prostokątne o czasie trwania 100 ms. Stymulacja takimi impulsami jest przyjemna dla pacjenta i dodatkowo łatwo jest wywołać skurcze mięśniowe.

Do oceny stopnia nasilenia objawów ZKN oraz stopnia zaburzeń funkcjonalnych wykorzystano kwestionariusz według Levina, składający się z dwóch części:

- skali natężenia objawów ZKN (Symptom Severity Scale) [6, 11, 18],
- skali stanu funkcjonalnego ręki (Functional Status Scale) [6, 11, 18].

Charakteryzuje się on wysoką powtarzalnością, czułością w identyfikowaniu zmian i spójnością wewnętrzną. Gorszy wynik w skali SSS i FSS jest skojarzony z większym uszkodzeniem nerwu pośrodkowego. Na jego podstawie możliwa jest ocena stopnia nasilenia objawów subiektywnych (SSS) i stanu funkcjonalnego (FSS). Pierwsza część formularza składa się z 11 pytań z możliwością 5 odpowiedzi punktowanych od 1 do 5. Druga uwzględnia 8 prostych czynności życia codziennego, również z możliwością wyboru pomiędzy brakiem trudności z wykonaniem tych czynności (1 pkt) a całkowitą niemożnością ich wykonania (5 pkt). Wyższe wartości w ogólnej punktacji wskazują na bardziej zaawansowane stadium kliniczne ZKN [6, 11, 18].

Metoda statystyczna

Opis danych dotyczących całej przebadanej grupy sporządzony został z wykorzystaniem podstawowych parametrów statystycznych: średnia arytmetyczna, mediana, odchylenie standardowe, kwartył dolny i górny – Q25 i Q75. Opisane parametry posłużyły do oceny wyników przed zabiegiem i po zakończonym leczeniu. Obliczono różnicę wyników przed- i pooperacyjnych, a uzyskane wyniki przedstawione zostały również odsetkowo. Procent poprawy po zakończonym leczeniu obliczony został w stosunku do wartości średniej uzyskanej dla wyników przed i po zakończonym leczeniu. Do oceny normalności rozkładu zmiennych wykorzystano test Shapiro-Wilka. Do oceny istotności zmian pomiędzy wynikami przed i po leczeniu zastosowano test „t” lub test Wilcozona.

the center of the fold linking the thumb fully abducted and straightened and the index finger to pisiform bone (4–5 mm distal to pisiform bone) – line 2 in Fig. 1 [14–17]. Before the test the location of the thumb motor branch was established provisionally, as outlined above and then from the point of the intersection of the lines a circle with a radius of about 1 cm was marked. Inside the circle a place where it would be the easiest to induce muscle contraction was to be found. Such a place is the point where the motor branch runs the most superficially under the skin, so it is the easiest to induce muscle contraction there. To establish the location of the branch rectangular pulses of the duration 100 ms were used. Stimulation with such pulses is perceived as pleasant by the patient and additionally, it is easy to induce muscle contractions with them.

The effect of the management was measured by changes in scores of Levine questionnaire. It is self-administered questionnaire that consist of two scales:

- Symptom Severity Scale (SSS),
- Functional Status Scale (FSS).

Symptom Severity Scale containing 11 questions about pain, numbness, weakness, tingling. Functional Status Scale with eight questions about whether hand and wrist symptoms cause difficulty in doing eight listed activities. The mean score was derived from the multiple – choice responses from each subscale. The range is from one (mildest) to five (most severe). The scales for measurement of severity of symptoms and functional status are reproducible, internally consistent and responsive to clinical change.

Statistical analysis

The description of data pertaining to the whole test group was made with the use of basic statistical parameters: average, standard deviation, median, upper and lower quartile – Q25 and Q75. In addition, the difference in results before and after treatment was calculated and the results obtained were shown as percentages. To assess the normality of distribution of variables in both groups a Shapiro–Wilk test was used, for which the value of the so called test probability (p) was given. The level of significance was assumed as $p = 0,05$.

To assess the significance of variable differentiation a Wilcoxon test or “t” test was used and the value of the so called test probability was given (p). The level of significance was assumed as $p = 0,05$. Finally Pearson correlation coefficients was used to examine the relationships between electrophysiological parameters and self – administered questionnaires.

Results

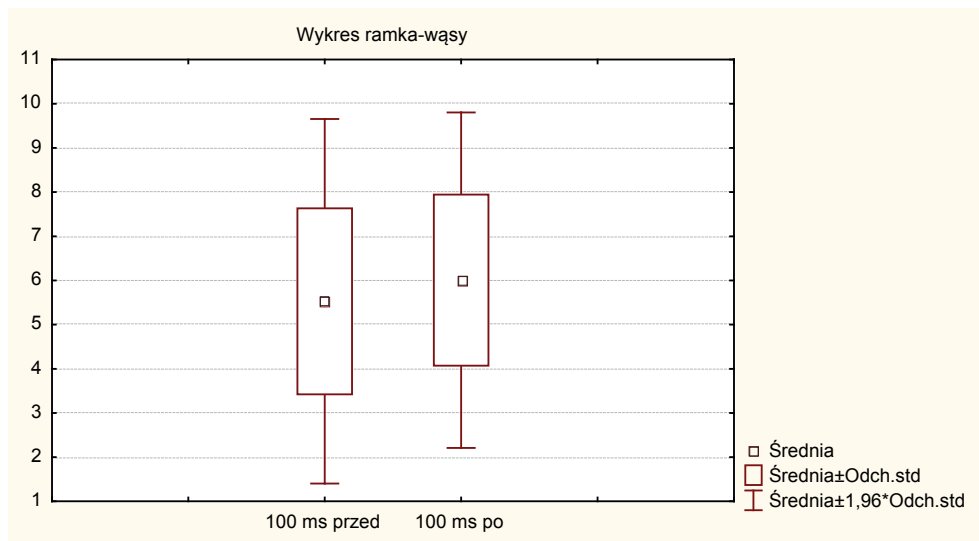
Complex treatment of CTS which consisted of surgical decompression followed by early postoperative rehabilitation influences on statistically significant improvement in following electrophysiological parameters:

Tab. 1. Zmiany pobudliwości nerwowo-mięśniowej w oparciu o wartości natężenia prądu dla impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms w całej grupie

Tab. 1. Comparison of the results of nervous-muscular agitation obtained through the use of the triangular impulse (100 ms)

S-W (p)	Wynik przed Preoperative		Wynik po Postoperative		Różnica przed i po Basal vs postoperative		(p2)
	N	Śr + odch.	N	Śr + odch.	Śr + odch.	%	
0,5433	87	5,53 + 2,1	86	6,01 + 1,94	-0,5 + 1,94	9%	0,0204

S-W – test Shapiro-Wilka do oceny normalności rozkładu zmiennej, p2- wartość prawdopodobieństwa dla testu "t"



Ryc. 3. Zmiany pobudliwości nerwowo-mięśniowej w oparciu o wartości natężenia prądu dla impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms w całej grupie

Fig. 3. Comparison of the results of nervous-muscular agitation obtained through the use of the triangular impulse (100 ms) before and after treatment

Zależność korelacyjną między parametrami zbadano przy użyciu współczynnika korelacji Pearsona.

Wyniki

Zastosowane leczenie, na które składało się chirurgiczne odbarczenie nerwu pośrodkowego oraz wczesna rehabilitacja wpływa na zmianę wartości niektórych parametrów obrazujących pobudliwość nerwowo-mięśniową w całej grupie pacjentów. Można do nich zaliczyć:

1. natężenie prądu dla impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms,
2. iloraz akomodacji,
3. chronaksję.

Średnia wartość natężenia prądu dla impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms zwiększyła się o 0,5 mA (tab. 1, ryc. 3). Zmiana ta okazała się istotna statystycznie ($p = 0,0204$).

Wyjściowa wartość ilorazu akomodacji opisywana przy pomocy mediany (zmienna nie ma rozkładu normalnego) osiągnęła 1,83, a po zakończonym leczeniu wzrosła do 1,9 (tab. 2, ryc. 4). Chronaksja uzyskała w pierwszym badaniu wartość 0,69 ms, a po zakończonym leczeniu 0,51 ms (tab. 2, ryc. 5). Zmiana wartości ilorazu akomodacji oraz chronaksji okazała się istotna statystycznie ($p < 0,05$).

1. nervous – muscular agitation obtained through the use of the triangular impulse (100 ms),
2. accommodation quotient,
3. chronaxy.

The mean value amplitude of the triangular impulse (100 ms) increased 0,5 mA. Based on "t" test significant differences in pre and postoperative results were found – table 1 and figure 3.

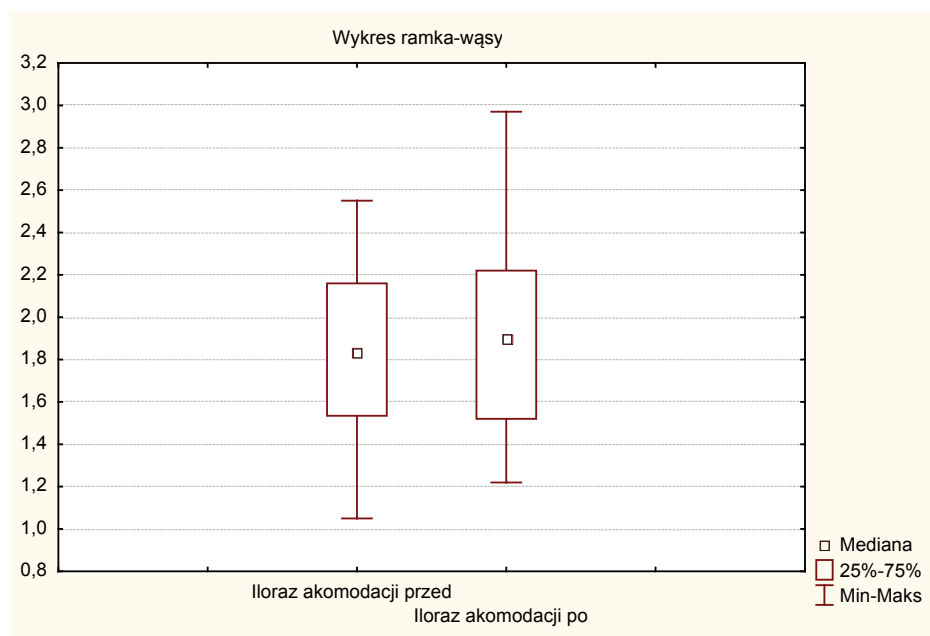
Preoperatively value of median of accommodation quotient increased from 1,83 to a final 1,9. Chronaxy value decreased from 0,69 ms before treatment to 0,51 ms after treatment. Based on a Wilcoxon test significant differences in pre and postoperative results were found – table 2 and figure 4 and 5.

In our patients average symptom severity scores were decreased from 3,15 to 1,43, whereas average functional status scores were decreased from 2,82 to 1,57. In our study symptom severity scores were improved about 75% and functional status scores were improved about 57,1%. The mean pre and postoperative scores are illustrated in figure 6. Based on the "t" test significant differences in pre and postoperative scores were found for the symptom severity and functional status scores ($p < 0,05$).

Tab. 2. Zmiany pobudliwości nerwowo-mięśniowej w oparciu o wartości ilorazu akomodacji i chronaksji w całej grupie
Tab. 2. Comparison of the results of nervous-muscular agitation obtained through the use of: chronotaxy, accomodation quotient

Parametr	S-W (p1)	Wynik przed Preoperative				Wynik po Postoperative				% różnica differen.	(p2)
		N	Q25	Me	Q75	N	Q25	Me	Q75		
Iloraz Akomodacji Accomodat. quotient.	0,029	68	1,53	1,83	2,16	58	1,52	1,9	2,22	4%	0,0176
Chronaksja Chronotaxy	0,000	88	0,4	0,69	0,96	88	0,39	0,51	0,76	30%	0,0498

S-W – test Shapiro – Wilka do oceny normalności rozkładu zmiennej, p2- wartość prawdopodobieństwa dla testu Wilcoxon



Ryc. 4. Zmiany pobudliwości nerwowo-mięśniowej w oparciu o wartości ilorazu akomodacji w całej grupie
Fig. 4. Comparison of the results of nervous-muscular agitation obtained through the use of: accomodation quotient

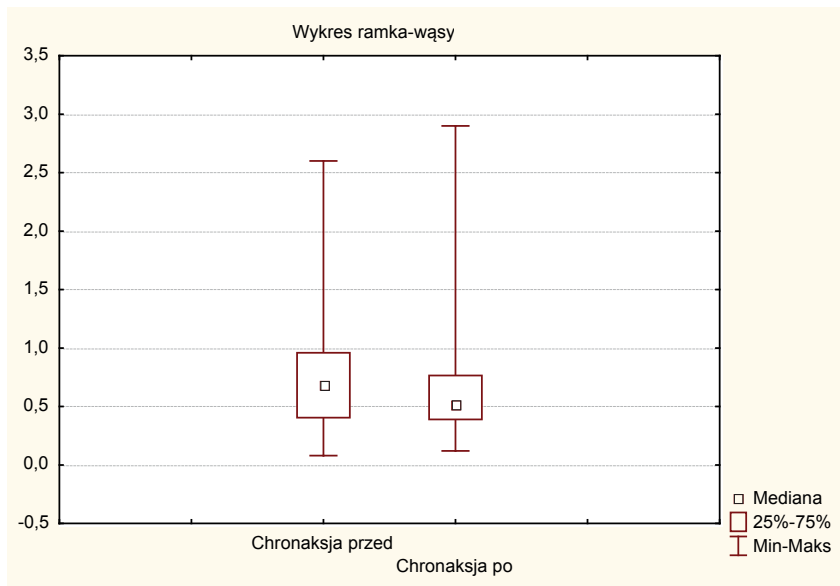
Analiza efektów zastosowanej terapii oceniona przy pomocy kwestionariusza według Levina pokazuje, że po przeprowadzonym leczeniu doszło do wyraźnego zmniejszenia dolegliwości. Średnia wartość natężenia objawów zmierzona skalą SSS wyniosła: przed operacją 3,15, natomiast po zakończonym leczeniu 1,43. Oznacza to zmniejszenie dolegliwości o 75,2%. Średnia wartość natężenia zaburzeń funkcjonalnych zmierzona skalą FSS wyniosła: przed operacją 2,82, zaś po 1,57. Leczenie zredukowało zaburzenia mierzone tą skalą o 57,1% (ryc. 6). Zmniejszenie stopnia nasilenia dolegliwości subiektywnych oceniane przy pomocy skali natężenia objawów oraz skali stanu funkcjonalnego było istotne statystycznie $p < 0,05$ (test t).

Nie udało się wskazać żadnej korelacji pomiędzy poprawą w skali natężenia objawów (SSS) oraz w skali stanu funkcjonalnego (FSS) a zmianą wartości parametrów obrazujących pobudliwość nerwowo-mięśniową w całej przebadanej grupie.

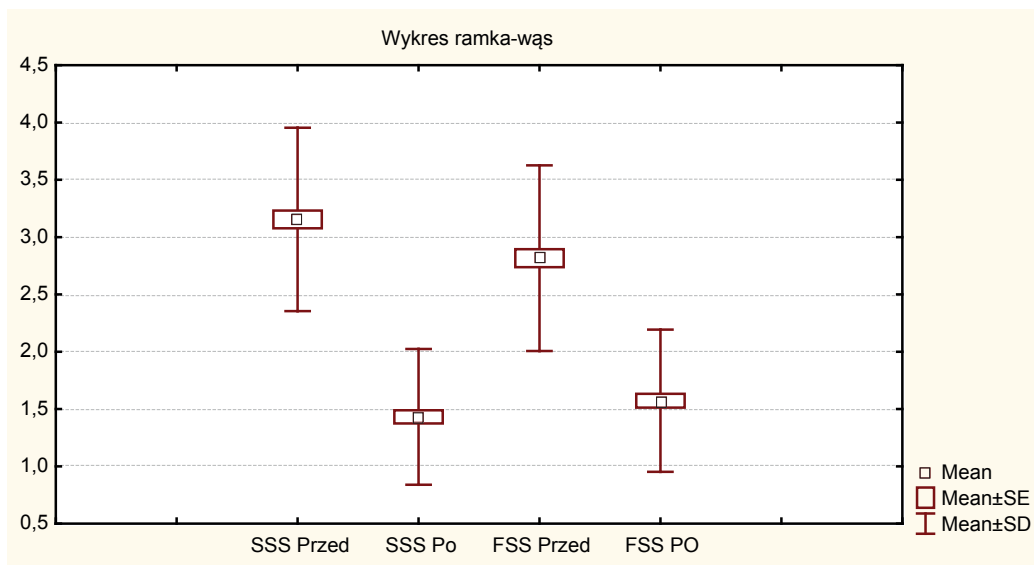
No correlation was found between the improvement in the Symptom Severity Scale (SSS) or the Functional Status Scale (FSS) and the change in the values of parameters illustrating neuromuscular excitation in the whole test group.

Changes in the values of parameters illustrating neuromuscular excitation in the group of patients with mild syndrome symptoms were not significant statistically. After treatment, however, improvement was noted in the values of: current intensity for triangular pulses of 100 ms duration and accommodation quotient in the group of patients with moderate CTS. Probability values for the 't' test indicate that the changes were of statistical significance ($p < 0,05$, table 3).

Complex treatment of CTS influences on statistically significant improvement in accommodation quotient in patients with severe CTS. Basal value of this parameter decreased from 1,86 to 2,1. Based on the 't' test significant differences in pre and postoperative scores were found.



Ryc. 5. Zmiany pobudliwości nerwowo-mięśniowej w oparciu o wartości chronaksji w całej grupie
 Fig. 5. Comparison of the results of nervous-muscular agitation obtained through the use of: chronotaxy



Ryc. 6. Zmiany natężenia subiektywnych dolegliwości po zastosowanym leczeniu w skali: SSS (Symptome Severity Scale = Skala Natężenia Objawów), FSS (Functional Status Scale = Skala Stanu Funkcjonalnego)
 Fig. 6. Comparison changes of intensity of subjective complains in: SSS (Symptome Severity Scale), FSS (Functional Status Scale)

Zmiany wartości parametrów obrazujących pobudliwość nerwowo-mięśniową w grupie pacjentów z łagodnym nasileniem zespołu nie były istotne statystycznie. Po zastosowanym leczeniu odnotowano natomiast poprawę w wartościach: natężenia prądu dla impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms oraz ilorazu akomodacji w grupie pacjentów z umiarkowanym ZKN. Wartości prawdopodobieństwa dla testu „t” wskazują, że zmiany były istotne statystycznie ($p < 0,05$) (tab. 3).

Zastosowane leczenie wpływa na zmianę wartości ilorazu akomodacji w grupie pacjentów z ciężkim ZKN.

The mean pre and postoperative value are illustrated in table 4.

Analysis Pearson correlation coefficients revealed following significant correlations between self-administered questionnaires (symptom severity scores and functional status score) and accommodation quotient at patients with severe carpal tunnel syndrome. The value of the Pearson correlation coefficient for the degree of surgical improvement in the patients with severe carpal tunnel syndrome was illustrated in table 5.

Tab. 3. Zmiany pobudliwości nerwowo-mięśniowej w oparciu o wartości natężenia prądu dla impulsów trójkątnych o czasie 100 ms oraz ilorazu akomodacji w grupie z umiarkowanym ZKN

Tab. 3. Comparison of the results of nervous-muscular agitation obtained through the use of the triangular impulse (100 ms) and accommodation quotient at patients with moderate carpal tunnel syndrome

Parametr	S-W (p)	Wynik przed Preoperative		Wynik po Postoperative		Różnica przed i po Basal vs postoperat.		(p)
		N	Śr + odch.	N	Śr + odch.	Śr + odch.	%	
Iloraz Akomodacji Accomod.quotient.	0,1328	42	1,82 + 0,38	36	1,93 + 0,42	0,12 + 0,37	6%	0,0443
▲ 100 ms	0,366	53	5,31 + 1,95	53	5,9 + 2,05	0,59 + 1,99	10%	0,037

S-W – test Shapiro – Wilka do oceny normalności rozkładu zmiennej

Tab. 4. Zmiany pobudliwości nerwowo-mięśniowej w oparciu o wartości ilorazu akomodacji w grupie z ciężkim ZKN

Tab. 4. Comparison of the results of nervous-muscular agitation obtained through the use of accommodation quotient at patients with sever carpal tunnel syndrome

S-W (p)	Wynik przed Preoperative		Wynik po Postoperative		Różnica przed i po Basal vs postoperat.		(p)
	N	Śr + odch.	N	Śr + odch.	Śr + odch.	%	
0,2126	14	1,86 + 0,5	13	2,1 + 0,42	0,25 + 0,27	13%	0,009

S-W – test Shapiro – Wilka do oceny normalności rozkładu zmiennej

Tab. 5. Wartości współczynnika korelacji Pearsona dla stopnia poprawy pooperacyjnej w grupie pacjentów z ciężkim ZKN

Tab. 5. The value of the Pearson correlation coefficient the for degree of surgical improvement in the patients with sever carpal tunnel syndrome

Różnica przed i po Basal vs postoperative	Iloraz akomodacji Correlation coefficient
SSS (skala natężenia objawów) Symptom Severity Scale	-0,49
FSS (skala stanu funkcjonalnego) Functional Status Scale	-0,58

Opisywany parametr uzyskał przed operacją wartość 1,86, natomiast po zakończonym leczeniu 2,1. Wartość prawdopodobieństwa dla testu „t” wskazuje, że zmiana była istotna statystycznie ($p = 0,009$) (tab. 4).

Analiza wartości współczynnika korelacji Pearsona w grupie pacjentów z ciężkim ZKN wskazuje na obecność przeciętnej korelacji pomiędzy poprawą w skali natężenia objawów (SSS) a zmianą wartości ilorazu akomodacji oraz wysokiej korelacji pomiędzy poprawą w skali stanu funkcjonalnego (FSS) a zmianą wartości ilorazu akomodacji (tab. 5).

Dyskusja

Krzywa i/t jest metodą umożliwiającą odczytanie i wyznaczenie parametrów niezbędnych dla ilościowej oceny pobudliwości nerwowo-mięśniowej. Do tych parametrów zaliczyć można: reobazę, wartość progową akomodacji, chronaksję, iloraz akomodacji, współczynnik akomodacji oraz wartości natężenia prądu elektrycznego dla impulsów prostokątnych i trójkątnych o czasie trwania: 500 ms, 100 ms, 50 ms, 10 ms, 5 ms, 1 ms, 0,5 ms, 0,1 ms, 0,05 ms. Przeprowadzone badania sugerują, że tylko niektóre spośród wyżej wymienionych parametrów mogą

Discussion

The i/t curve is a method which makes it possible to read and determine parameters essential for quantitative evaluation of neuromuscular excitation. These parameters include: rheobase, threshold value of accommodation, chronaxy, accommodation quotient, accommodation coefficient and values of current intensity for rectangular and triangular pulses of: 500 ms, 100 ms, 50 ms, 10 ms, 5 ms, 1 ms, 0,5 ms, 0,1 ms, and 0,05 ms duration. Tests conducted suggest that only some out of the above-mentioned parameters can be applied to evaluate treatment results in the case of compression neuropathies, e.g. CTS. These parameters include: chronaxy, accommodation quotient, and current intensity of triangular pulses of 100 ms duration. Determination of values of these three parameters shortens test duration by about 75%. Zwolińska [19] notes that chronaxy time constitutes the most precise and reliable measurement of tissue excitation at patients after peripheral nerve injuries. The assessment carried out by Zwolińska and Kwolek [20] of neuromuscular excitation of the ball of the thumb in patients with CTS who underwent conservative treatment showed that none of the considered electrodiagnostic parameters

być zastosowane do oceny wyników leczenia w przypadku neuropatii uciskowych, np. ZKN. Do tych parametrów zalicza się: chronaksję, iloraz akomodacji oraz natężenie prądu dla impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms. Wyznaczenie wartości tych trzech parametrów skraca czas trwania badania o około 75%. Zwolińska [19] podaje, że czas chronaksji stanowi najbardziej dokładną i wiarygodną miarę pobudliwości tkanek u chorych po urazach nerwów obwodowych. Przeprowadzona przez Zwolińską i Kwolka [20] ocena pobudliwości nerwowo-mięśniowej kłębu kciuka u pacjentów z ZKN poddanych leczeniu zachowawczemu pokazała, że żaden z uwzględnionych parametrów elektrodiagnostycznych (reobaza, chronaksja, wartość progowa akomodacji, współczynnik akomodacji) nie uległ znaczącej i istotnej statystycznie poprawie w wyniku przeprowadzonej terapii.

U części chorych niemożliwe okazało się wyznaczenie wszystkich parametrów, których zmiany wartości po leczeniu okazały się istotne statystycznie. Może mieć to związek z faktem, że metoda ta bazuje na wzrokowej obserwacji obecności skurczu mięśniowego, co stwarza możliwość popełnienia błędu. Poza tym należy pamiętać, że niektóre impulsy wykorzystywane w badaniu są nieprzyjemne i dają efekt pieczenia. Dotyczy to szczególnie impulsów o długim czasie trwania, tj. 1000 ms i 500 ms oraz obliczanych na ich podstawie współczynników, np. ilorazu akomodacji. Stąd też problemy ze wskazaniem wartości niektórych parametrów, zwłaszcza u „wrażliwych” pacjentów.

Kolejnym mankamentem krzywej i/t jest fakt, że krzywa i/t ocenia tylko próg pobudliwości nerwowo-mięśniowej. Uznawane za „złoty standard” badanie elektroneurograficzne (ENG) ocenia przewodnictwo nerwowe zarówno we włóknach czuciowych, jak i ruchowych nerwu. Uszkodzenie aksonów doprowadza do upośledzenia zarówno czuciowej, jak i ruchowej funkcji nerwu, natomiast w przypadku neuropatii uciskowych, np. ZKN, ocena przewodzenia czuciowego jest szczególnie ważna w pierwszym okresie, w którym uszkodzone mogą być tylko przebiegające powierzchownie włókna czuciowe nerwu pośrodkowego. W związku z powyższym, istnieje potrzeba rozszerzenia schematu wykreślenia krzywej i/t o włókna czuciowe. Niewątpliwie rozszerzenie schematu wyznaczania krzywej i/t wpływa na wydłużenie czasu jej wykreślenia, ale pozwala jednocześnie bardziej precyzyjnie monitorować przebieg jego regeneracji – zwłaszcza w przypadku pacjentów z łagodnym ZKN [4].

Leczenie operacyjne wpływa na poprawę stanu klinicznego pacjentów, jak również poprawę pobudliwości nerwowo-mięśniowej. Poprawa ta dotyczy następujących parametrów obrazujących przewodnictwo nerwowo-mięśniowe: DML, DSL, CV, SNAP, CMAP. Zmiany ich wartości podawane przez różnych autorów zostały szczegółowo przedstawione w tabeli 6. Jednocześnie Bulut T. i wsp. [9] podaje, że po zakończonym leczeniu

(reobase, chronaxy, threshold value of accommodation, accommodation coefficient) improved markedly or was of statistical significance as a result of the therapy.

In part of the ill it was impossible to determine all the parameters whose value alterations after treatment proved to be of statistical significance. It may be connected with the fact that this method is based on the visual observation of the presence of muscle contraction, which may be prone to error. Besides, it should be noted that some impulses used in the test are unpleasant and give a burning sensation. This applied in particular to the long-lasting pulses, i.e. 1000 ms or 500 ms and the coefficients calculated on their basis, i.e. accommodation quotient. Thus the problems with determining the values of certain parameters, especially in ‘sensitive’ patients.

Another shortcoming of the i/t curve is the fact that it evaluates only the threshold of neuromuscular excitability. Electroencephalography (NCS), recognized as the ‘golden diagnostic standard’, assesses nerve conduction both in sensory and motor nerve fibers. Axon injury leads to impairment of both sensory and motor nerve function, however, in the case of compression neuropathies, e.g. carpal tunnel syndrome, the assessment of sensory conduction is particularly important in the early stage when only the superficially situated sensory fibers of the median nerve can be damaged. In connection with the above, it is necessary to include sensory nerves in the i/t curve diagram. Undoubtedly, the broadening of the i/t curve draft has an influence on the lengthening of its drafting time but at the same time it allows for a more precise monitoring of the course of its regeneration – especially in the case of patients with mild CTS [4].

Postoperative treatment improves clinical features of patients as well as neuromuscular excitation. This improvement applies to the following parameters illustrating neuromuscular conduction: DML, DSL, CV, SNAP, CMAP. Changes in their values given by various authors were presented in detail in table 6. Also Bulut T. et al. [9] note that after received treatment there is a statistically significant improvement in the severity of CTS evaluated on the basis of electroencephalography testing.

However, Rotman M.B. et al. [10] note that after the surgery there is improved excitation expressed in distal latency time in motor nerve fibers. Among the parameters evaluated by means of the i/t curve the degree of electrophysiological improvement is smaller than in the case of parameters evaluated by means of electroencephalography. Changes which were of statistical significance concerned the following parameters: chronaxy, the value of which decreased by 30%, accommodation quotient – the value increased by 4% and the value of intensity of triangular pulses of 100 ms duration – the value increased by 0%. The increase in average value for triangular pulses of 100 ms duration

Tab. 6. Zmiany wartości parametrów obrazujących pobudliwość nerwowo-mięśniową – według różnych autorów
Tab. 6. Changes of nervous - muscular agitation obtained through the different authors

Autor	Parametr	Przed Basal	Po Postoperat.	Różnica Basal vs postoperative	Różnica [%] Basal vs postoperative
Heybeli N. i wsp. [6]	DML	5,9 ms	4,7 ms	1,2 ms	23%
	CV czuciowe	36 m/s	45 m/s	8,3 m/s	21%
	DSL	3,9 ms	3,2 ms	0,7 ms	20%
	SNAP	15,4 μ V	20,5 μ V	5,2 μ V	29%
Hillel M. i wsp. [7]	DML	8,7 ms	5,0 ms	3,7 ms	54%
	CMAP	1,0 mV	5,7 mV	4,7mV	142%
	DSL	6,3 ms	4,0 ms	2,3 ms	45%
	SNAP	3,5 μ V	13,1 μ V	9,6 μ V	114%
Szyluk K. i wsp. [21]	CV wł. czuciowe	34,2 m/s	43,6 m/s	9,4 m/s	24%
	CV wł. ruchowe	48,3 m/s	54,7 m/s	6,4 m/s	12%
	DML	5,1 ms	3,6 ms	1,5 ms	35%
Mondelli M. i wsp. [11]	DML	6,6 ms	5,0 ms	1,6 ms	28%
	CMAP	7,5 mV	7,9 mV	0,4 mV	5%

DML – dystalna latencja we wł. ruchowych (distal motor latency), DSL – dystalna latencja we wł. czuciowych (distal sensor latency), CV – szybkość przewodzenia (conduction velocity), SNAP – dystalna amplituda we wł. czuciowych (sensory nerve action potential), CMAP – dystalna amplituda we wł. ruchowych (compound motor action potential)

występuje istotna statystycznie poprawa w stopniu ZKN ocenianym na podstawie badań ENG. Natomiast Rotman M.B. i wsp. [10] stwierdza, że po zabiegu występuje istotna statystycznie poprawa pobudliwości wyrażona czasem latencji dystalnej we włóknach ruchowych nerwu. Wśród parametrów ocenianych przy pomocy krzywej i/t stopień elektrofizjologicznej poprawy jest mniejszy niż w przypadku parametrów ocenianych przy pomocy badania ENG. Istotnie statystycznie zmiany dotyczyły następujących parametrów: chronaksji, której wartość zmniejszyła się o 30%, ilorazu akomodacji - wartość wzrosła o 4% oraz wartości natężenia impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms – wartość wzrosła o 9%. Wzrost wartości średniej dla impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms został zinterpretowany jako poprawa pobudliwości nerwowo-mięśniowej. Prawidłowo unerwione mięśnie uzyskują wyższe wartości natężenia prądu niż mięśnie odnerwione w zakresie impulsów trójkątnych o długim czasie trwania. Wynika to z faktu, że „zdrowy” mięsień posiada zdolność akomodacji do wolno narastającego natężenia w impulsach trójkątnych o długim czasie trwania w przeciwieństwie do mięśni odnerwionych, u których taka zdolność jest ograniczona.

Prace przedstawione przez Heybelli i wsp. [6], Mondelli i wsp. [11] oraz Bulut T i wsp. [9] pokazują, że nie występuje korelacja pomiędzy poprawą w parametrach przewodnictwa nerwowego a wynikiem uzyskanym przy pomocy kwestionariuszy. Wyniki uzyskane w przebadanej grupie są identyczne. Ciekawych wyników dostarczyła jednak analiza wartości współczynnika korelacji Pearsona w grupie pacjentów z ciężkim ZKN. Okazuje się, że występuje wysoka korelacja pomiędzy poprawą w skali stanu

was interpreted as improvement in neuromuscular excitation. Properly innervated muscles obtain higher values of current intensity than enervated muscles in the long-lasting triangular pulses. It results from the fact that a ‘healthy’ muscle is able to accommodate to a slowly increasing intensity in long-lasting triangular pulses, as opposed to enervated muscles in which this ability is limited.

Studies presented by Heybelli et al. [6], Mondelli et al. [11], and Bulut T. et al. [9] show that there is no correlation between improvement in nerve conduction parameters and the result obtained in the questionnaires. Results obtained in the test group are identical. However, interesting results were obtained in the analysis of Pearson's correlation coefficient in a group of patients with acute CTS. It proved that there exists a high correlation between the improvement in the functional status scale and the change in the value of accommodation quotient. It can be stated that improvement in the functional state after treatment is connected with improved excitation of the ball of the thumb supplied by the median nerve.

Conclusion

Changes in the shape of the i/t curve in patients with CTS after surgical treatment are slight.

Differences between pre and postoperative treatment are present in the values of nervous – muscular agitation obtained through the use of the triangular impulse time 100 ms and chronaxy.

Accommodation quotient is a valuable parameter which can be used to ‘record’ changes in neuromuscular excitation after applied treatment.

funkcjonalnego a zmianą wartości ilorazu akomodacji. Można powiedzieć, że poprawa sprawności funkcjonalnej po zakończonym leczeniu jest związana z poprawą pobudliwości mięśni kłębu kciuka zaopatrywanych przez nerw pośrodkowy.

Wnioski

1. Zmiany kształtu krzywej i/t u pacjentów z ZKN poddanych leczeniu operacyjnemu są nieznaczne.
2. Zmiany kształtu krzywej i/t są związane ze zmianami tylko dwóch parametrów: chronaksji oraz natężenia prądu ocenianego dla impulsów trójkątnych o czasie trwania 100 ms.
3. Iloraz akomodacji jest przydatnym parametrem, który może posłużyć do „uchwycenia” zmian pobudliwości nerwowo-mięśniowej po zastosowanym leczeniu.
4. U pacjentów z łagodnym ZKN istnieje potrzeba rozszerzenia schematu badania o ocenę pobudliwości czuciowej.
5. Istnieje wysoka korelacja pomiędzy zmianami wartości ilorazu akomodacji a subiektywnymi zmianami stanu funkcjonalnego u pacjentów z ciężkim ZKN.

The extension of the test using the i/t curve to include the analysis of sensor excitability can help especially in patient with mild CTS.

There are high correlation among changes of value of accommodation quotient and the subjective changes of functional state at patients with severe carpal tunnel syndrome.

Piśmiennictwo / References

1. Kinalski R. *Neurofizjologia kliniczna dla neurorehabilitacji*. Wydawnictwo MedPharm, Wrocław 2008; 194–201.
2. Georgiew F. *Porównanie wyników pobudliwości nerwowo-mięśniowej prawidłowo unerwionych mięśni uzyskanych za pomocą krzywej IT, z normami podawanymi przez renomowane podręczniki do fizjoterapii*. Fizjoterapia Polska 2009; 2: 151–157.
3. Georgiew F, Maciejczak A, Klimek-Piskorz E, Otfinowska E, Magoń G, Adamczyk T. *Ocena przydatności krzywej IT do diagnostyki i oceny wyników leczenia pacjentów po urazach nerwów obwodowych*. Tarnów: Wydawnictwo monograficzne PWSZ Tarnów 2010; 215–223.
4. Georgiew F, Kania A, Gancarz E. *Porównanie progu pobudliwości czuciowej i ruchowej nerwu pośrodkowego przy pomocy krzywej i/t*. Prz Med Uniw Rzesz i Narodowego Inst Leków 2012;4: 418–427.
5. Łukasiak A. *Podstawy elektrodiagnostyki w porażeniach nerwów obwodowych*. Balneologia 2007;3: 154–159.
6. Heybeli N, Kutluhan S, Demirci S, Kerman M, Mumcu EF. *Assessment of outcome of carpal tunnel syndrome: a comparison of electrophysiological findings and self-administered Boston Questionnaire*. Journal of Hand Surgery 2002;3: 259–264.
7. Finestone HM, Woodbury GM, Collavini T, Marchuk J, Maryniak O. *Severe carpal tunnel syndrome: clinical and electrodiagnostic outcome of surgical and conservative treatment*. Muscle & Nerve 1996;2: 237–239.
8. Iida J, Hirabayashi H, Nakase H, Sakaki T. *Carpal tunnel syndrome: Electrophysiological grading and surgical results by minimum incision open carpal tunnel syndrome*. Neurol Med. Chir (Tokyo) 2008;12: 554–559.
9. Bulut T, Sener U, Yagdi S, Kazimoglu C, Sener M. *Relationship between clinical and electrophysiological results in surgically treated carpal tunnel syndrome*. Joint Diseases and Related Surgery 2011;3: 140–144.
10. Rotman MB, Enkvetchakul BV, Megerian JT, Gozani SN. *Time course and predictors of median nerve conduction after carpal tunnel release*. Journal of Hand Surgery 2004;3: 367–372.
11. Mondelli M, Reale F, Sicurelli F, Pauda L. *Boston Questionnaire and electrophysiological findings in follow-up of surgically treated carpal tunnel syndrome*. Journal of Hand Surgery 2000;2: 128–134.
12. Banach M, Bogucki A. *Zespoły z ucisku diagnostyka i leczenie*. Wydawnictwo Medycyna Praktyczna, Kraków 2003; 50.
13. Jabłońska-Brudło J i wsp. *Diagnostyka neurofizjologiczna zespołu cieśni nadgarstka – ocena przydatności badania porównawczego dystalnej latencji ruchowej z mięśnia glistowatego II i międzykostnego II*. Postępy Rehabilitacji 2003;2: 21–29
14. Vella JC, Hartigan BJ, Stern PJ. *Kaplan's Cardinal Line*. Journal of Hand Surgery 2006;6: 912–918.
15. Huang JH, Zager EL. *Mini-Open Carpal Tunnel Decompression*. Neurosurgery 2004;2: 397–400.
16. Szaro P, Witkowski P. *Zespół cieśni nadgarstka*. <http://chirurg.pl/mod/archiwum/6352> (2006-10-17).
17. Schmidek HH, Roberts DW. *Schmidek and Sweet Operative Neurosurgical Techniques – Indications, Methods and Results*. Wydawnictwo Elsevier, 2006: 2301–2308
18. Levine DW, Simmons BP, Koris MJ et al. *A self-administered questionnaire for the assessment of severity of symptoms*

- and functional status in carpal tunnel syndrome.* J Bone Joint Surgery Am. 1993;11: 1585–1592.
19. Zwolińska J, Kwolek A, Majka M, Przygoda Ł. *Czy tradycyjne metody elektrodiagnostyczne można wykorzystać do diagnozy i oceny efektów postępowania rehabilitacyjnego w uszkodzeniach obwodowego układu nerwowego?* Prz Med Uniw Rzesz 2004; 1:
20. Zwolińska J, Kwolek A. *Skuteczność leczenia fizjoterapeutycznego pacjentów z zespołem cieśni kanału nadgarstka.* Prz Med Uniw Rzesz i Narodowego Inst Leków 2012;4: 428–445.
21. Szyluk K, Koczy B, Jasiński A, Widuchowski W, Widuchowski J. *Ocena funkcji ręki i stopnia nasilenia objawów u chorych po uwolnieniu nerwu pośrodkowego na poziomie nadgarstka metodą endoskopową.* Chir Narz Ruchu i Ortop Polska 2006;4: 245–249.

Adres do korespondencji / Mailing address:

Filip Georgiew
Wola Rzędzińska 85,
33-150 Wola Rzędzińska
filip.georgiew@interia.pl