

Filip Georgiew<sup>1,2</sup>, Aldona Kania<sup>1,2</sup>, Elżbieta Gancarz<sup>1</sup>

## Porównanie progu pobudliwości czuciowej i ruchowej nerwu pośrodkowego przy pomocy krzywej i/t

### Comparison of the results of sensor and nervous – muscular agitation of the median nerve obtained through the use of the i/t curve

<sup>1</sup> Z Instytutu Ochrony Zdrowia PWSZ w Tarnowie  
<sup>2</sup> Z Zakładu Rehabilitacji Leczniczej Szpitala Wojewódzkiego  
im. Św. Łukasza w Tarnowie

#### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Krzywa i/t jest badaniem elektrodiagnostycznym pozwalającym ocenić stopień uszkodzenia nerwu obwodowego. Do badania stosuje się prąd stały o impulsach prostokątnych i trójkątnych. Czas trwania impulsów wynosi od 1000 ms do 0,05 ms.

Celem niniejszego artykułu jest porównanie prawidłowych wartości parametrów pobudliwości czuciowej i ruchowej nerwu pośrodkowego przy pomocy krzywej i/t.

**Materiał.** Przebadano 102 osoby: 70 kobiet i 32 mężczyzn, średnia wieku wyniosła 23 lata, u których na podstawie badania klinicznego nie stwierdzono zaburzeń w funkcji nerwu pośrodkowego.

**Wyniki.** Istnieją różnice w zakresie wartości natężenia prądu niezbędnego do wywołania reakcji czuciowej i ruchowej dla impulsów prostokątnych i trójkątnych. Różnice obecne są również w wartościach: współczynnika i ilorazu akomodacji, reobazy oraz wartości progowej akomodacji.

Przebieg wykresu dla impulsów trójkątnych (o czasie trwania impulsu 1000 – 0,05 ms) obrazujący pobudliwość czuciową jest bardziej stromy w porównaniu do wykresu obrazującego pobudliwość ruchową nerwu pośrodkowego.

**Wnioski.** Znajomość metodyki wykonania i sposobu interpretacji krzywej i/t może ułatwić fizjoterapeutom zrozumienie i ocenę wyników uzyskanych za pomocą bardziej precyzyjnych badań, np. elektroneurograficznych. Krzywa i/t jest dostępną metodą pozwalającą potwierdzić fakt uszkodzenia nerwu

#### ABSTRACT

**Introduction.** I/t curve is an accessible method of electrodiagnosis that allows determinate lesion degree of a peripheral nerve. The method utilizes triangularly and rectangularly shaped direct current impulses. Impulse length can vary from 1000 ms to 0,05 ms.

The aim of this article is to compare the proper values of parameters of sensor and nervous – muscular agitation of the median nerve obtained through the use of the i/t curve.

**Source.** The study group included 102 persons: 70 females and 32 males (average 23 years), clinically examined and no disorders were found in the function of the median nerve.

**Results.** There are existing differences in the value current intensity of the i/t curve of rectangular and triangular impulse between sensor and nervous – muscular agitation of the median nerve. Differences are present in the values of coefficient and accommodation quotient, rheobase, threshold value of accommodation.

The chart for the triangular impulse (where impulse last from 1 – 0,05 ms) for sensor agitation shows a steeper curve in comparison to the curve of nervous – muscular agitation.

**Conclusion.** Knowledge of methods of execution and how to interpret the i/t curve can be helpful for physiotherapist to understand and evaluate the results obtained using more accurate tests such as electroneurography. I/t curve is available method, to confirm the fact that peripheral

obwodowego oraz monitorować przebieg procesu regeneracji i rehabilitacji. Wartości natężenia prądu niezbędne do wywołania reakcji ruchowej są około 1/3 wyższe niż dla reakcji czuciowej.

**Słowa kluczowe:** krzywa i/t, elektrodiagnostyka, parametry, zdrowe mięśnie, nerw pośrodkowy

## Wstęp

W porównaniu z latami 50. XX wieku zainteresowanie klinicystów elektrodiagnostyką klasyczną zmniejszyło się znacząco. Spowodowane było to upowszechnieniem badań elektroneurograficznych (ENG) oraz elektromiograficznych (EMG). Jak jednak wykazują publikacje zagraniczne, nie nastąpiło zaniechanie wykorzystywania elektrodiagnostyki klasycznej w badaniach klinicznych i naukowych [1]. Krzywa i/t będąca jedną z metod należących do klasycznej elektrodiagnostyki jest dostępnym badaniem, pozwalającym ocenić pobudliwość nerwu obwodowego. Skurcz mięśnia jest wywoływany impulsami prądu stałego o kształcie prostokątnym i trójkątnym o określonym natężeniu i czasie trwania: od 1000 ms do 0,05 ms. Jest to subiektywne i łatwo dostępne badanie oceniające w sposób ilościowy pobudliwość nerwowo-mięśniową. Największą zaletą krzywej i/t jest jej duża dostępność i łatwość wykonania. Jest to badanie możliwe do wykonania w każdym gabinecie fizykoterapii, które pozwala ocenić pobudliwość nerwu oraz monitorować proces jego regeneracji. Badania elektrofizjologiczne umożliwiają potwierdzenie rozpoznania oraz obiektywną ocenę stopnia pobudliwości nerwu zwłaszcza u chorych, u których kliniczne objawy neurologiczne nie są na tyle charakterystyczne, aby rozpoznanie można było postawić wyłącznie na ich podstawie. Niewątpliwą wadą opisaną metody jest konieczność wzrokowej oceny obecności skurczu mięśniowego w odpowiedzi na impulsy prądu elektrycznego o określonych parametrach. Jest to oczywiście „najsłabsze ogniwo” tej metody, które niesie za sobą ryzyko popełnienia błędu. Dostrzegamy także jeszcze jeden mankament opisywanej metody. Krzywa i/t ocenia tylko próg pobudliwości nerwowo-mięśniowej [1–8]. 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. zespołu kanału nadgarstka (ZKN) ocena przewodzenia czuciowego jest szczególnie ważna w pierwszym okresie, w którym uszkodzone mogą być tylko przebiegające powierzchownie włókna czuciowe nerwu pośrodkowego [9]. W związku z powyższym widzimy potrzebę rozszerzenia schematu wykreślenia krzywej i/t o włókna czuciowe nerwu. Pozwala to uzyskać kompletny obraz stopnia uszkodzenia oraz jeszcze lepiej monitorować przebieg jego regeneracji.

nerve is damaged and monitor the process of healing and rehabilitation

**Key words:** i/t curve, electrodiagnosis, parameters, healthy muscles, median nerve

## Introduction

Compared with 1950s clinicians' interest in classical 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 electrodiagnostics, is an available method used in evaluating peripheral nerve excitability. Muscle contraction is induced by rectangular and triangular DC pulses of specific intensity and duration: from 1000 ms to 0.05 ms. It is a subjective and easily available test evaluating quantitatively nerve muscle excitability. The greatest advantage of the I/t curve is its high availability and ease of execution. This test can be done in any physiotherapy centre and it helps to evaluate nerve excitability and monitor the process of its regeneration. Electrophysiological studies help in the confirmation of the diagnosis and in objective assessment of the degree of nerve excitability, especially in patients whose clinical neurological symptoms are so characteristic that the diagnosis can be made on those grounds alone. 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. It is, of course, the 'weakest link' of the method which carries the risk of making a mistake. We also see another drawback of this method. The I/t curve evaluates only the threshold of nerve-muscle excitability [1–8]. Electroneurography, considered the gold standard, evaluates nerve conduction both in sensory and motor nerve fibers. Axonal damage leads to impairment of both sensory and motor nerve function while in the case of compression neuropathy such as carpal tunnel syndrome (CTS) sensory conduction evaluation is particularly important in the first period, in which only superficially running median nerve sensory fibers may be damaged [9]. Therefore we see the need to expand the I/t curve plotting scheme and include nerve sensory fibers. This helps to get a complete picture of the extent of damage and monitor the process of regeneration even better.

## Aim of study

The aim of the study was to compare sensory and motor excitability threshold of the median nerve in healthy subjects by means of the I/t curve. Particular attention was paid to differences in:

## Cel pracy

Celem pracy było porównanie progów pobudliwości czuciowej i ruchowej nerwu pośrodkowego u zdrowych osób przy pomocy krzywej i/t. Szczególną uwagę zwrócono na różnice w:

- kształcie krzywej wykreślonej dla impulsów prostokątnych i trójkątnych,
- wartości parametrów obrazujących pobudliwość czuciową i ruchową: reobaza, chronaksja, wartość progowa akomodacji, współczynnik akomodacji, iloraz akomodacji (oceniany dla impulsów o czasie trwania 500 ms).

## Materiał i metodyka badań

Badaniami objęto 102 osoby, u których na podstawie badania klinicznego nie stwierdzono zaburzeń w funkcjonowaniu nerwu pośrodkowego. Grupa badana obejmowała 70 kobiet i 32 mężczyzn, średnia wieku wyniosła 23 lata.

Oceny pobudliwości przy pomocy krzywej i/t dokonano w dwóch etapach:

1 – ocena pobudliwości ruchowej (nerwowo-mięśniowej) nerwu pośrodkowego,

2 – ocena pobudliwości czuciowej nerwu pośrodkowego.

1 – stymulację wykonywano za pomocą aparatu INTER D64 przy wykorzystaniu metody jednoelektrodowej (mała punktowa elektroda połączona z katodą stymulowała 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). Elektroda przyłożona na przedramieniu kontaktowała się ze skórą pacjenta za pomocą wilgotnego, ciepłego podkładu stosowanego do zabiegów elektroterapeutycznych, elektroda punktowa pobudzała punkt motoryczny nerwu (stymulacja pośrednia) przez elektrolit, jakim był specjalny żel. Przed rozpoczęciem badania pacjent był poproszony 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 odfuszczona przy użyciu spirytusu. Podczas stymulacji terapeuta nie zmieniał zarówno miejsca, jak i siły nacisku elektrody czynnej na skórę.

W czasie badania pacjent przebywał w pozycji siedzącej, oceniana 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 terapeuta przypominał pacjentowi, aby pamiętał o rozluźnieniu ręki. Przed przystąpieniem do wykreślania krzywej i/t terapeuta musiał odszukać gałąź ruchową kciuka.

- the shape of the curve for rectangular and triangular pulses,
- the value of parameters showing sensory and motor excitability: rheobase, chronaxy, accommodation threshold, accommodation coefficient, accommodation quotient (evaluated for pulses with duration 500 ms).

## Material and method

The study involved 102 people in whom, on the basis of clinical examination, no abnormalities in the function of the median nerve were found. The examined group included 70 women and 32 men, the median age was 23 years old.

The evaluation of excitability using the I/t curve was done in two stages:

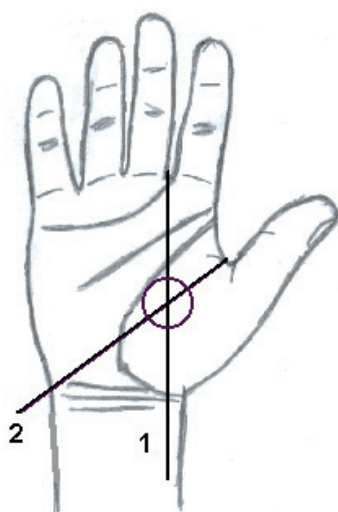
1. – evaluation of motor (nerve-muscle) excitability of the median nerve,
2. – evaluation of sensory excitability of the median nerve.

1 – The stimulation was performed with INTER D64 apparatus using a 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 the 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 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 the motor branch of the thumb.

## 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 the centre 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 [10, 11]. Before the test the location of the thumb motor branch was established



1 - gałąź ruchowa kciuka / motor branch of the thumb; 2 - nerw pośrodkowy / median nerve

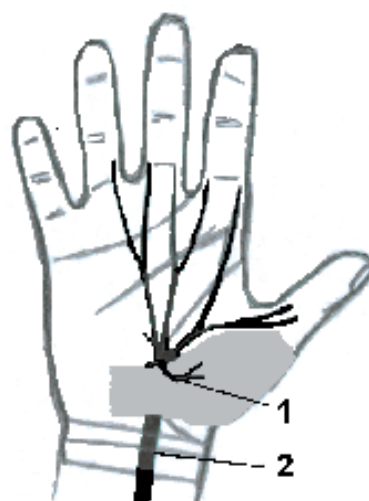
Rycina 1. Lokalizacja gałęzi ruchowej kciuka [10, 11]

Figure 1. Location of the motor branch of the thumb [10, 11]

### Lokalizacja gałęzi ruchowej

Jest ona położona w punkcie przecięcia linii Kaplana z linią prowadzoną od promieniowej krawędzi palca 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 [10, 11]. 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 100 ms. Pobudzenie takimi impulsami jest przyjemne dla pacjenta i dodatkowo łatwo jest wywołać skurcze mięśniowe.

2 – oceny pobudliwości czuciowej dokonano w tym samym punkcie co w pierwszej części badania. Elektroda punktowa pobudzała powierzchnię skóry za pośrednictwem żelū przewodzącego prąd elektryczny. Nie miała ona bezpośredniego kontaktu ze skórą, dzięki czemu zniesiony był wpływ siły nacisku jako czynnika mogącego wywoływać wrażenia czuciowe. Zadaniem terapeuty było wyznaczenie progowej wartości natężenia wywołującego reakcję czuciową dla impulsów o różnym czasie trwania i kształcie. W trakcie badania pacjent siedział z oczami zamkniętymi i ręką ułożoną na stole, powierzchnią dłoniową zwróconą do góry. Pokój w którym wykonywana była próba był wyciszony, co pozwalało na maksymalne



Rycina 2. Przebieg nerwu pośrodkowego i jego gałęzi ruchowej

Figure 2. Course of the median nerve and its motor branch

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.

2 – The evaluation of sensory excitability was done in the same place as the first part of the test. Point electrode stimulated skin surface through an electrically conductive gel. It was not in direct contact with the skin, thanks to which pressure as a factor capable of inducing sensory impressions was eliminated. The therapist's task was to determine the threshold of current intensity inducing sensory response for pulses of different duration and shape. During the test the patient was sitting with his/her eyes closed and the hand lying on the table, palm up. The room in which the test was performed was soundproof, which allowed for maximum concentration of the patient on the test and minimized distractions.

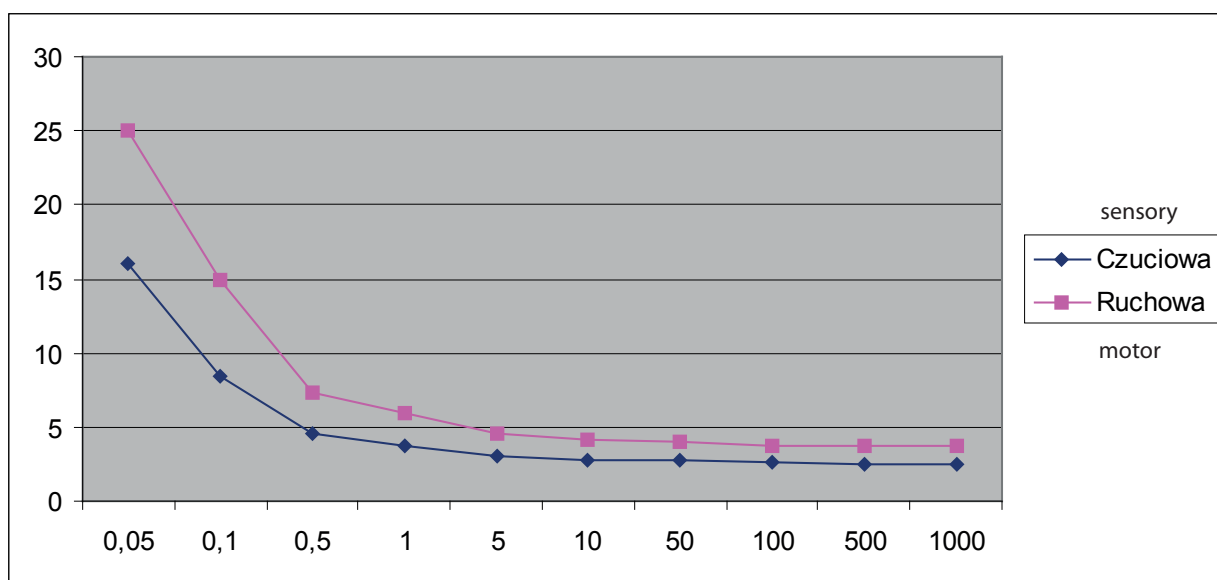
The description of data pertaining to the whole test group was made with the use of basic statistical parameters: median – Me, upper and lower quartile – Q25 and Q75. In addition, the difference in results for sensory and motor curve was calculated and the results obtained were shown as percentages.

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 ( $p_1$ ) was given. The

Tabela 1. Porównanie pobudliwości czuciowej i ruchowej dla impulsów prostokątnych

Table 1. Comparison of the results of sensor and nervous – muscular agitation obtained through the use of the rectangular impulse

Czas Time [ms]	Pobudliwość ruchowa Nervous – muscular agitation				Pobudliwość czuciowa Sensor agitation				Różnica Me [%] Difference	p2
	p1	Q25	Me	Q75	p1	Q25	Me	Q75		
1000	0,004	3,1	3,8	4,8	0,377	2,0	2,5	3,0	34%	<b>0,000</b>
500	0,027	3,2	3,8	4,8	0,348	2,0	2,5	3,0	34%	<b>0,000</b>
100	0,057	3,2	3,8	4,8	0,155	2,0	2,6	3,0	32%	<b>0,000</b>
50	0,014	3,3	4,0	5,1	0,561	2,1	2,7	3,2	32%	<b>0,000</b>
10	0,005	3,4	4,2	5,2	0,593	2,2	2,8	3,4	33%	<b>0,000</b>
5	0,001	3,9	4,6	5,9	0,124	2,4	3,0	3,8	35%	<b>0,000</b>
1	0,000	5,1	6,0	7,8	0,0001	2,9	3,7	4,5	38%	<b>0,000</b>
0,5	0,000	5,9	7,3	9,1	0,0000	3,5	4,6	5,5	37%	<b>0,000</b>
0,1	0,000	11	15	20	0,0000	7,0	8,5	11	43%	<b>0,000</b>
0,05	0,000	19	25	31	0,0000	12	16	19	36%	<b>0,000</b>



Rycina 3. Porównanie pobudliwości czuciowej i ruchowej dla impulsów prostokątnych

Figure 3. Comparison of the results of sensor and nervous – muscular agitation obtained through the use of the rectangular impulse

skupienie się pacjenta na wykonywanym teście i zredukowanie wpływu czynników rozpraszających uwagę.

Opis danych dotyczących całej przebadanej grupy sporządzony został z wykorzystaniem podstawowych parametrów statystycznych: mediana – Me, kwartył dolny i górny – Q25 i Q75. Poza tym dokonano obliczenia różnicy wyników dla krzywej czuciowej i ruchowej, a uzyskane wyniki przedstawione zostały odsetkowo.

Do oceny normalności rozkładu zmiennych w obu grupach wykorzystano test Shapiro – Wilka, dla którego podano wartość tzw. prawdopodobieństwa testowego (p1). Przyjęto poziom istotności  $p = 0,05$ .

Do oceny istotności zróżnicowania zmiennej w obu grupach zastosowano test Manna – Whitneya – przy jego pomocy wyznaczono wartość tzw. prawdopodobieństwa testowego (p2). Przyjęto poziom istotności  $p = 0,05$ .

level of significance was assumed as  $p = 0.05$ . To assess the significance of variable differentiation a Mann – Whitney test was used and the value of the so called test probability was given (p2). The level of significance was assumed as  $p = 0.05$ .

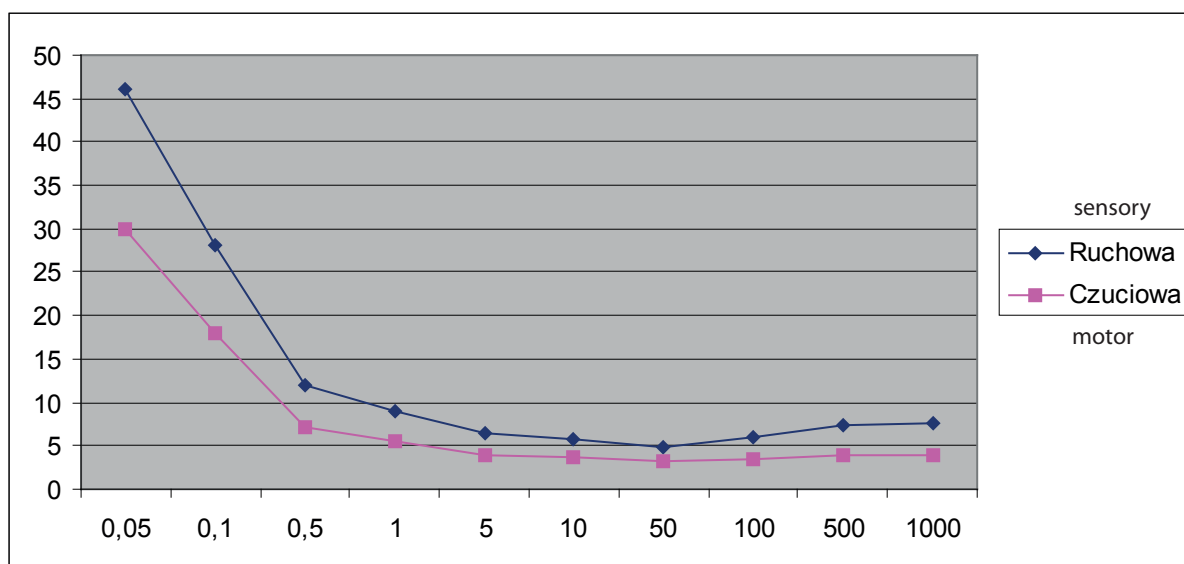
## Results

The analysis of the results contained in Table 1 and Figure 3 shows that the shape of the two curves for the rectangular pulses is almost identical. The most significant difference is the fact that the sensory curve for the whole of its course is below the motor curve and its values are about 35% lower. The biggest difference between the curves (43%) was noted for pulse with duration 0.1 ms. It is also notable that the two curves are parallel for pulses with duration from 5 to 1000 ms. For pulses of shorter

Tabela 2. Porównanie pobudliwości czuciowej i ruchowej dla impulsów trójkątnych

Table 2. Comparison of the results of sensor and nervous – muscular agitation obtained through the use of the triangular impulse

Time [ms]	Pobudliwość ruchowa Nervous – muscular agitation				Pobudliwość czuciowa Sensor agitation				Różnica Me [%] Difference	p2
	p1	Q25	Me	Q75	P1	Q25	Me	Q75		
1000	0,000	6,2	7,5	9,6	0,006	3,0	4,0	4,6	47%	<b>0,000</b>
500	0,000	6,0	7,4	8,9	0,019	3,0	3,9	4,6	47%	<b>0,000</b>
100	0,000	4,6	5,9	7,5	0,103	2,9	3,5	4,2	41%	<b>0,000</b>
50	0,000	3,8	4,8	6,0	0,013	2,7	3,3	4,0	31%	<b>0,000</b>
10	0,032	4,5	5,7	7,0	0,029	2,9	3,6	4,0	37%	<b>0,000</b>
5	0,009	5,1	6,4	7,8	0,046	3,1	3,9	4,7	39%	<b>0,000</b>
1	0,000	7,1	9,0	12	0,001	4,7	5,5	6,7	50%	<b>0,000</b>
0,5	0,000	9,2	12	16	0,000	5,9	7,2	9,0	40%	<b>0,000</b>
0,1	0,028	22	28	35	0,322	14	18	23	36%	<b>0,000</b>
0,05	0,051	35	46	55	0,163	24	30	38	35%	<b>0,000</b>



Rycina 4. Porównanie pobudliwości czuciowej i ruchowej dla impulsów trójkątnych

Figure 4. Comparison of the results of sensor and nervous – muscular agitation obtained through the use of the triangular impulse

## Wyniki

Analiza wyników zawartych w tab. 1 i ryc. 3 pokazuje, że kształt obu krzywych w zakresie impulsów prostokątnych jest prawie identyczny. Najistotniejszą różnicą jest fakt, że krzywa czuciowa na całym swoim przebiegu znajduje się poniżej krzywej ruchowej i uzyskuje wartości o około 35% niższe. Największa różnica, to jest 43% pomiędzy krzywymi, występuje dla impulsu o czasie trwania 0,1 ms. Charakterystyczny jest również fakt, że obie krzywe mają równoległy przebieg w zakresie impulsów o czasie trwania od 5 do 1000 ms. Dla impulsów o krótszym czasie trwania przebieg krzywej ruchowej jest bardziej stromy. Różnice w uzyskanych wartościach natężenia prądu pomiędzy krzywą czuciową i ruchową są istotne statystycznie (wartość  $p_2 = 0,000$ ).

duration the motor curve is very steep. The differences in current intensity values for the sensory curve and for the motor curve are statistically significant ( $p_2 = 0.000$ ).

The results shown in Table 2 and Figure 4 indicate that the shapes of the sensory and motor I/t curves plotted using triangular pulses are different. The differences in the shapes of the two curves are particularly noticeable for pulses of the duration 1000 ms and 500 ms. The curve showing motor excitability for the above mentioned pulses has a steeper descent angle than in the case of sensory excitability. The difference in current intensity values needed to get a response to electrical stimulation is 47%. A characteristic feature is also the fact that the motor curve throughout its course is above the sensory curve. For pulses of short duration, i.e. 1 ms or less the motor curve is much steeper than the sensory curve. All the differences

Wyniki przedstawione w tab. 2 i na ryc. 4 pokazują, że kształt krzywej *i/t* czuciowej i ruchowej wykreślonej przy pomocy impulsów trójkątnych jest odmienny. Różnice w kształcie obu krzywych szczególnie dotyczą impulsów o czasie trwania 1000 i 500 ms. Wykres obrazujący pobudliwość ruchową dla wyżej wymienianych impulsów ma bardziej stromy kąt opadania niż dla pobudliwości czuciowej. Różnica w wartości natężenia potrzebnego do uzyskania reakcji na bodziec elektryczny wynosi 47%. Charakterystyczną cechą jest jednocześnie fakt, że krzywa ruchowa na całym przebiegu znajduje się ponad krzywą czuciową. Dla impulsów o krótkim czasie trwania, tj. 1 ms i poniżej krzywa ruchowa ma zdecydowanie bardziej stromy przebieg niż czuciowa. Wszystkie różnice w uzyskanych wartościach natężenia prądu pomiędzy krzywą czuciową i ruchową są istotne statystycznie ( $p=0,000$ ).

Porównanie wartości parametrów charakteryzujących pobudliwość czuciową i ruchową pokazuje, że największe różnice występują dla wartości progowej akomodacji, tj. 47%. Wartość progowa akomodacji dla pobudliwości ruchowej uzyskała 7,5 mA, natomiast dla czuciowej 4,5 mA. Mniejszą różnicę zaobserwowano w zakresie wartości reobazy, tj. 34%, która uzyskała kolejno: 3,8 mA i 2,5 mA – tab. 3 ryc. 5. Opisane różnice są istotne statystycznie ( $p=0,000$ ).

Zdecydowanie mniejsza (ale istotna statystycznie) różnica występuje pomiędzy wartościami współczynnika akomodacji (9%) oraz ilorazu akomodacji 10% – tab. 3 i ryc. 6. Co ciekawe, nie występują istotne statystycznie różnice pomiędzy wartościami chronaksji dla krzywej ruchowej – 0,47 ms oraz czuciowej – 0,45 ms ( $p=0,212$ ).

## Dyskusja

Dotychczas wprowadzony i praktykowany schemat wykreślania krzywej *i/t* obejmował tylko ocenę pobudliwości nerwowo-mięśniowej [2–8]. Natomiast uznawane za „złoty standard” badanie elektroneurograficzne (ENG) ocenia przewodnictwo nerwowe zarówno we włóknach czuciowych, jak i ruchowych nerwów [9].

Wyniki uzyskane w powyższej próbie pokazują, że występują wyraźne różnice pomiędzy wyglądem krzywej ruchowej i czuciowej oraz w zakresie parametrów charakteryzujących pobudliwość czuciową i ruchową nerwów. Ilościowa analiza przewodnictwa nerwowego w włóknach czuciowych i ruchowych nerwu pośrodkowego oceniana przy pomocy badania elektroneurograficznego (ENG) pokazuje, że uzyskiwane wyniki różnią się od siebie w obu typach włókien, co ma odzwierciedlenie w różnych normach. Dla przykładu, prawidłowe wartości parametrów obrazujących przewodnictwo dla włókien czuciowych i ruchowych nerwu pośrodkowego prezentują się następująco:

- latencja czuciowa do 2,72–4,2 ms (najczęściej do 3,5), latencja ruchowa do 3,9–4,7 ms (najczęściej do 4,5 ms) [12],

in current intensity values between the sensory and the motor curve are statistically significant ( $p=0.000$ ).

Comparison of the parameters characterizing sensory and motor excitability shows that the biggest differences are in the value of accommodation threshold (47%). Accommodation threshold for sensory excitability reached 7.5 mA, while for sensory excitability it was 4.5 mA. Smaller differences (34%) were observed in the values of rheobase which were, respectively, 3.8 mA and 2.5 mA – Table 3, Figure 5. These differences are statistically significant ( $p=0.000$ ).

There is much smaller (but statistically significant) difference between the values of accommodation coefficient (9%) and accommodation quotient (10%) – Table 3, Figure 6. Interestingly, there are no statistically significant differences between chronaxy values for the motor curve – 0,47 ms and for the sensory curve – 45 ms ( $p=0.212$ ).

## Discussion

The *I/t* curve plotting system used so far included only neuromuscular excitability [2–8]. However, the electroneurography test (ENG), considered gold standard, evaluates nerve conduction both in sensory and motor nerve fibers [9].

The results obtained in the above test show that there are significant differences in the shape of motor and sensory curve and in parameters characterizing sensory and motor nerve excitability. Quantitative analysis of nerve conduction in sensory and motor fibers of the median nerve assessed using electroneurography test (ENG) shows that the results obtained differ from each other in both types of fiber, which is reflected in different standards. For example the correct values of parameters illustrating conductivity for sensory and motor fibers of the median nerve are as follows:

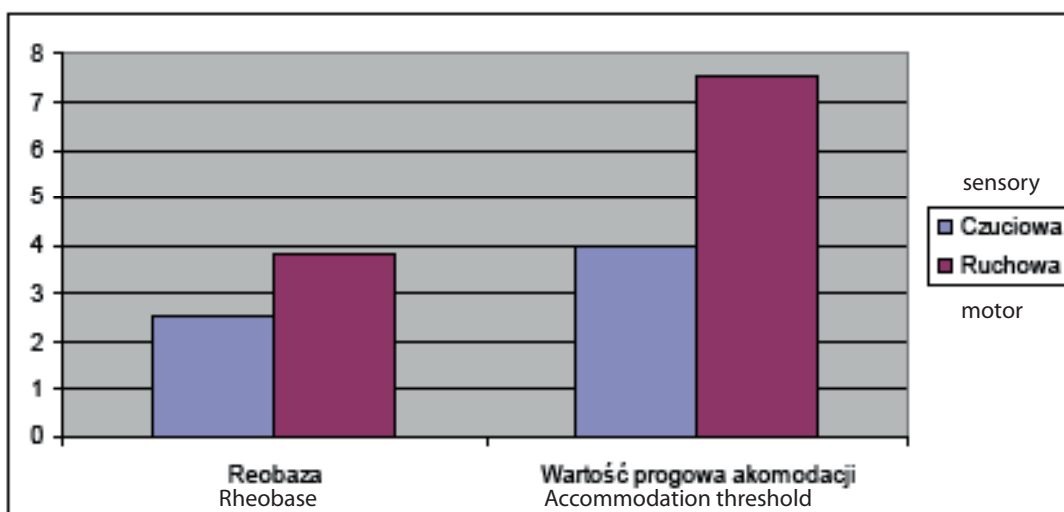
- sensory latency to 2.72–4.2 ms (usually 3.5), motor latency to 3.9–4.7 (usually 4.5 ms) [12],
- sensory latency to 3.5 ms, motor latency to 4.5 ms [13, 14],
- sensory latency to 3.7 ms, motor latency to 4.2 ms [15],
- sensory latency to 3.7 ms, motor latency to 4.6 ms [16].

Artroschi et al. [17] evaluated the parameters of motor and sensory conduction of the median nerve using electroneurography test in 60 healthy subjects. The results obtained also showed differences between the sensory and motor latency: the average value of sensory latency was 2.82 ms (SD 0.5), and of motor latency 3.54 ms (SD 0.78). The percentage difference between these values reached 20%, which is a result similar to the results obtained in our sample (about 30%).

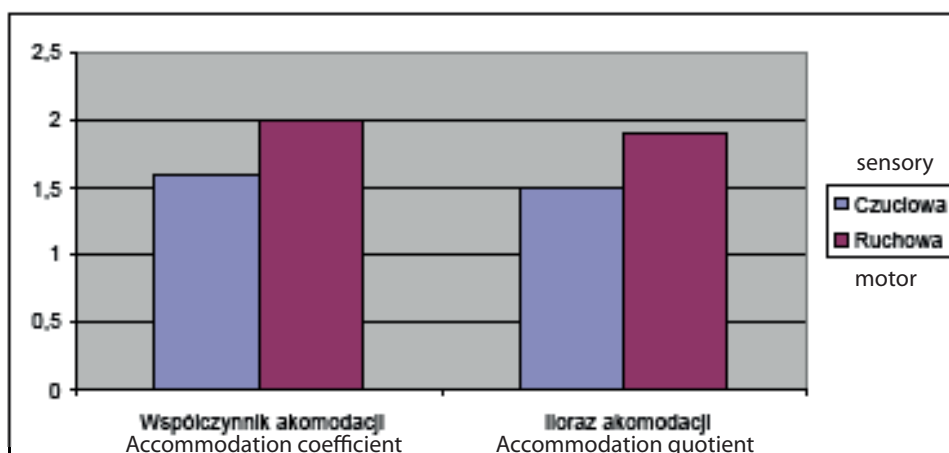
As a result of the above, it is fully justified to include the test of evaluation of sensory excitability in the study

Tabela 3. Porównanie pobudliwości czuciowej i ruchowej dla parametrów obrazujących stopień pobudliwości  
 Table 3. Comparison of the results of sensor and nervous – muscular parameters

Parametr	Pobudliwość ruchowa Nervous – muscular agitation				Pobudliwość czuciowa Sensor agitation.				Różnica Me [%] Difference	P2
	p1	Q25	Me	Q75	p1	Q25	Me	Q75		
Reobaza Rheobase	0,004	3,1	3,8	4,8	0,365	2,0	2,5	3,0	34%	<b>0,000</b>
Chronaksja Chronotaxy	0,000	0,38	0,47	0,83	0,000	0,35	0,45	0,64	4%	0,212
Wart. progowa akomodacji Threshold value of accommodation	0,000	6,0	7,5	9,5	0,000	3,1	4,0	4,8	47%	<b>0,000</b>
Współczynnik akomodacji Accommodation coefficient	0,001	1,75	2,0	2,4	0,000	1,35	1,59	1,8	9%	<b>0,000</b>
Iloraz akomodacji Accommodation quotient	0,248	1,67	1,9	2,18	0,000	1,36	1,5	1,7	10%	<b>0,000</b>



Rycina 5. Porównanie pobudliwości czuciowej i ruchowej dla reobazy i wartości progowej akomodacji  
 Figure 5. Comparison of the results of sensor and nervous – muscular parameters: rheobase, threshold value of accommodation



Rycina 6. Porównanie pobudliwości czuciowej i ruchowej dla współczynnika i ilorazu akomodacji  
 Figure 6. Comparison of the results of sensor and nervous – muscular parameters: accommodation coefficient, accommodation quotient



- latencja czuciowa do 3,5 ms, latencja ruchowa do 4,5 ms [13, 14],
- latencja czuciowa do 3,7 ms, latencja ruchowa do 4,2 ms [15],
- latencja czuciowa do 3,7 ms, latencja ruchowa do 4,6 ms [16].

Artrosi i wsp. [17] ocenili parametry przewodnictwa czuciowego i ruchowego nerwu pośrodkowego przy pomocy badania elektroneurograficznego u 60 zdrowych osób. Uzyskane wyniki również pokazały różnice pomiędzy wartościami latencji czuciowej i ruchowej: średnia wartość latencji czuciowej wyniosła 2,82 ms (SD 0,5), a latencji ruchowej 3,54 ms (SD 0,78). Procentowa różnica pomiędzy tymi wartościami osiągnęła 20%, co jest wynikiem zbliżonym do wyników uzyskanych w naszej próbie (około 30%).

W związku z powyższym, w pełni uzasadnione jest wprowadzenie do protokołu badań pobudliwości przy pomocy krzywej i/t schematu dla oceny pobudliwości czuciowej. Banach i wsp. [9] podają, że pełna diagnostyka elektrofizjologiczna powinna obejmować: ocenę przewodnictwa we włóknach czuciowych nerwu, we włóknach ruchowych nerwu oraz ocenę przewodnictwa w obrębie innego nerwu (najczęściej łokciowego) symptomatycznej kończyny.

Niewątpliwie rozszerzenie schematu i/t wpływa na wydłużenie czasu jej wykreślenia, ale pozwala jednocześnie uzyskać bardziej kompletny obraz stopnia uszkodzenia nerwu oraz precyzyjnie monitorować przebieg jego regeneracji. Pewnym mankamentem metody jest fakt, iż bazuje ona na subiektywnej ocenie skurczu mięśniowego, co niesie za sobą ryzyko popełnienia błędu (np. przeoczenia skurczu). Dodatkowo należy dopilnować, aby pokój, w którym wykonuje się badanie był wyciszony, co pozwala na maksymalne skupienie się pacjenta na wykonywanym teście i zredukowanie wpływu czynników rozpraszających uwagę. Znajomość metodyki wykonania i sposobu interpretacji krzywej i/t może ułatwić fizjoterapeutom zrozumienie i ocenę wyników uzyskanych za pomocą bardziej precyzyjnych badań, np. elektroneurograficznych [1, 4].

## Wnioski

1. Wartości natężenia prądu niezbędne do wywołania reakcji ruchowej są około 1/3 wyższe niż dla reakcji czuciowej.
2. Kształt obu krzywych w zakresie impulsów prostokątnych jest bardzo zbliżony.
3. Krzywa i/t przedstawiająca pobudliwość ruchową w zakresie impulsów trójkątnych o czasie trwania 1000 i 500 ms ma bardziej stromy przebieg niż krzywa pobudliwości czuciowej.
4. Największe różnice pomiędzy pobudliwością ruchową i czuciową występują w zakresie wartości progowej akomodacji.

protocol of excitability testing using the I/t curve. Banach et al. [9] say that full electrophysiological diagnostics should include: the evaluation of sensory conduction in sensory nerve fibers, in motor nerve fibers and the evaluation of another nerve conduction (usually the ulnar nerve) of the symptomatic limb.

Undoubtedly, the extension of the test using the I/t curve involves an increase in time spent on the test but at the same time it allows for a more complete picture of the extent of nerve damage and for more accurate monitoring of its regeneration. One drawback of this method is the fact that it is based on a subjective assessment of muscle contraction which carries the risk of making a mistake (e.g. failing to notice the contraction). Additionally, the room in which the test is performed should be soundproof to ensure maximum concentration of the patient on the test and to reduce the influence of distractions.

Knowledge of the methodology and interpretation of the I/t curve can be helpful for physiotherapists in understanding and the assessment of the results obtained using more accurate tests, e.g. electroneurography [1, 4].

## Conclusions

1. The current intensity values necessary to induce motor response are about 1/3 higher than for the sensory response.
2. The shape of the two curves for rectangular pulses is very similar.
3. The I/t curve showing motor excitability for triangular pulses with a duration of 1000 ms and 500 ms is steeper than the curve showing sensory excitability.
4. The biggest differences between motor and sensory excitability are found in the values of accommodation threshold.
5. Chronaxy is a parameter that achieves the same values in assessing both sensory and motor excitability.
6. The extension of the test using the I/t curve to include the analysis of sensory excitability can help get a more complete picture of the extent of nerve damage and monitor its regeneration more accurately.

5. Chronaksja jest parametrem, który osiąga taką samą wartość przy ocenie pobudliwości czuciowej, jak i ruchowej.
6. Rozszerzenie schematu wykreślenia krzywej i/t o analizę pobudliwości czuciowej może pozwolić uzyskać bardziej kompletny obraz stopnia uszkodzenia nerwu oraz lepiej monitorować przebieg jego regeneracji.

## Piśmiennictwo / References

1. Kinalski R. *Neurofizjologia kliniczna dla neurorehabilitacji*. Wrocław: MedPharm; 2008: 194–201.
2. Bauer A, Wiecheć M. *Przewodnik metodyczny po wybranych zabiegach fizykalnych*. Ostrowiec Św.: Markmed, Rehabilitacja; 2005: 88–93.
3. 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.
4. 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; Tom I: 215–223.
5. Kahn J. *Elektroterapia zasady i zastosowanie*. Warszawa: PZWL; 2002: 184–190.
6. Łukasiak A. *Podstawy elektrodiagnostyki w porażeniach nerwów obwodowych*. Balneologia 2007; 3: 154–159.
7. Mika T, Kasprzak W. *Fizykoterapia*. Warszawa: PZWL; 2003: 273–279.
8. Straburzyński G, Straburzyńska-Lupa A. *Medycyna fizykalna*. Warszawa: PZWL; 2000: 351–354.
9. Banach M., Bogucki A. *Zespoły z ucisku diagnostyka i leczenie*. Kraków: Medycyna Praktyczna; 2003.
10. Vella JC, Hartigan BJ, Stern PJ. *Kaplan's Cardinal Line*. Journal of Hand Surgery 2006; Vol. 31A: 912–918.
11. Szaro P, Witkowski P. *Zespół cieśni nadgarstka*. <http://chirurg.pl/mod/archiwum/6352> (2006-10-17).
12. Georgiew F, Otfinowska E, Adamczyk T. *Testy diagnostyczne stosowane w rozpoznawaniu zespołu kanału nadgarstka*. Rehabilitacja medyczna 2008; 12, 3: 24–35.
13. Atroshi I, Hofer M, Larsson G, Ornstein E, Johnsson R, Ranstam J. *Open compared with 2 – portal endoscopic carpal tunnel release: a 5 – year follow – up of a randomized controlled trial*. Journal of Hand Surgery 2009; Vol 34A: 266–272.
14. Ikeda K, Osamura N, Tomita K. *Segmental carpal canal pressure in patients with carpal tunnel syndrome*. Journal of Hand Surgery 2006; 31A: 925–929.
15. Wilder-Smitha EP, Ngb ES, Chanc YH, Therimadasamyb A K. *Sensory distribution indicates severity of median nerve damage in carpal tunnel syndrome*. Clinical Neurophysiology 2008; 119: 1619–1625.
16. Gehrman S, Tang J, Kaufmann RA, Goitz RJ, Windolf J, Li ZM. *Variability of precision pinch movements caused by carpal tunnel syndrome*. Journal of Hand Surgery 2008; 33A: 1069–1075.
17. Atroshi I, Johnsson R. *Evaluation of portable nerve conduction testing in the diagnosis of carpal tunnel syndrome*. Journal of Hand Surgery 1996; Vol 21A: 651–654.

### Adres do korespondencji / Mailing address:

Filip Georgiew

tel. kom. +48-504-991-685,

e-mail: [filip.georgiew@interia.pl](mailto:filip.georgiew@interia.pl)

Wola Rzędzińska 85, 33-150 Wola Rzędzińska