

# Ocena wyników leczenia operacyjnego zespołu kanału nadgarstka

## Results of Surgical Treatment of Carpal Tunnel Syndrome

**Filip Georgiew<sup>1,2,3(A,B,C,D,E,F,G)</sup>, Andrzej Maciejczak<sup>3,4(A,B,C,D,E,F)</sup>, Jakub Florek<sup>5(B,D,E,F,G)</sup>**

<sup>1</sup> Instytut Ochrony Zdrowia PWSZ w Tarnowie, Polska

<sup>2</sup> Zakład Rehabilitacji Leczniczej Szpitala Wojewódzkiego im. Św. Łukasza w Tarnowie, Polska

<sup>3</sup> Oddział Neurochirurgii Szpitala Wojewódzkiego im. Św. Łukasza w Tarnowie, Polska

<sup>4</sup> Katedra Neurologii i Neurochirurgii Instytutu Fizjoterapii Wydziału Medycznego Uniwersytetu Rzeszowskiego, Polska

<sup>5</sup> Oddział Ortopedii i Traumatologii Szpitala Wojewódzkiego im. Św. Łukasza w Tarnowie, Polska

<sup>1</sup> Faculty of Health Care – University School of Tarnów, Poland

<sup>2</sup> Division of Rehabilitation – St Luke Hospital – Tarnów, Poland

<sup>3</sup> Department of Neurosurgery – St Luke Hospital – Tarnów, Poland

<sup>4</sup> Division of Neurology and Neurosurgery, Institute of Physiotherapy, Medical Faculty, University of Rzeszów, Poland

<sup>5</sup> Department of Orthopaedics and Traumatology – St Luke Hospital – Tarnów, Poland

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Sposób leczenia zespołu kanału nadgarstka (ZKN) jest uzależniony od stopnia natężenia objawów. Przyjmuje się, że pacjenci z lekkim i umiarkowanym nasileniem zespołu mogą być kierowani do leczenia zachowawczego, podczas gdy leczenie operacyjne wskazane jest u pacjentów z ciężkim ZKN. Wnioski płynące z przedstawionych w pracy wyników, powinny być pomocne do prognozowania metod leczenia u chorych z różnym stopniem zaburzeń przewodnictwa w nerwie pośrodkowym oraz natężenia objawów towarzyszących ZKN. Powinny jednocześnie ułatwić podjęcie decyzji o leczeniu zachowawczym albo chirurgicznym. Celem niniejszej pracy była ocena ewolucji czucia oraz skuteczności leczenia zespołu kanału nadgarstka w zależności od stopnia natężenia objawów i zaburzeń przewodnictwa.

**Materiał i metody.** Leczenie chirurgiczne było prowadzone przez kilku neurochirurów tego samego oddziału, ale wg tej samej techniki operacyjnej. Program wczesnej rehabilitacji pooperacyjnej był zaś realizowany i kontrolowany przez jedną osobę, pierwszego autora niniejszej pracy. Badanie miało charakter prospektowny. Skuteczność leczenia oceniano przez zmiany: progu pobudliwości czuciowej za pomocą prądu impulsowego, w czasie pojawienia się parestezji w trakcie wykonywania testów prowokacyjnych, w punktacji skal mierzących subiektywne natężenie dolegliwości: Skali Natężenia Objawów oraz Skali Stanu Funkcjonalnego Ręki. Badanych podzielono na kilka podgrup różniących się stopniem zaawansowania zespołu kanału nadgarstka: w zależności od stopnia natężenia objawów i zaburzeń przewodnictwa.

**Wyniki.** Istotna statystycznie różnica potwierdzona została w końcowym progu czucia na opuszczakach palców I – III. Dotyczyła ona pacjentów: z łagodnym i ciężkim oraz umiarkowanym i ciężkim stopniem zaburzeń przewodnictwa. Istotna statystycznie różnica w zakresie wielkości poprawy pooperacyjnej mierzonej skalą SSS i FSS potwierdzona została pomiędzy grupą z łagodnym i ciężkim nasileniem zaburzeń przewodnictwa. Po zakończeniu leczenia najmniejsze nasilenie objawów (mierzone skalą SSS i FSS) mają ci, których dolegliwości przedoperacyjne wykazywały łagodne natężenie (różnica między grupami była istotna statystycznie). Różnica w wielkości poprawy dolegliwości po leczeniu pomiędzy grupami jest istotna statystycznie. Największy stopień poprawy potwierdzony został u restezji w czasie testów prowokacyjnych.

**Wnioski.** 1. Leczenie operacyjne połączone z wczesną pooperacyjną rehabilitacją wpływa na: zmniejszenie natężenia subiektywnych dolegliwości, poprawę stanu funkcjonalnego ręki, zmniejszenie zaburzeń czucia powierzchniowego na opuszczakach palców I, II i III oraz zmniejszenie wrażliwości nerwu pośrodkowego na testy prowokacyjne. 2. Im mniejsze są zaburzenia przewodnictwa przed leczeniem, tym lepsze czucie na ręce po leczeniu. 3. Najbardziej wyrazista poprawa dolegliwości subiektywnych oraz stanu funkcjonalnego ręki występuje u chorych z wyjściowo ciężkimi zaburzeniami przewodnictwa w nerwie pośrodkowym. 4. Najlepszy stan kliniczny po leczeniu (natężenie objawów, stan funkcjonalny) odnotowano u chorych z łagodnym nasileniem objawów ZKN.

**Słowa kluczowe:** zespół kanału nadgarstka, leczenie operacyjne, fizjoterapia

### SUMMARY

**Background.** The method of carpal tunnel syndrome (CTS) treatment depends on the severity of the symptoms. It is generally accepted that patients with mild and moderate CTS may be referred for conservative treatment while surgical treatment is recommended in patients with severe symptoms. The conclusions drawn on the basis of our study results should facilitate predicting treatment outcomes in patients with various degrees of disturbance in median nerve conduction and the severity of accompanying symptoms. They should also help in making the decision to operate or institute conservative treatment. The aim of this study was to assess sensory impairment as well as treatment efficacy in carpal tunnel syndrome depending on the degree of symptom severity and conduction disturbances.

**Material and methods.** Surgical procedures were performed by several neurosurgeons from the same department using the same surgical method. The program of early postoperative rehabilitation was implemented and monitored by one person, the first author of this paper. The study had a prospective design. Treatment efficacy was evaluated by assessing changes in sensory excitability threshold by pulsed current, time to onset of paraesthesia in challenge tests, and scores in two subjective symptom severity scales: the Symptom Severity Scale and Functional Status Scale (Hand). The study participants were divided into several subgroups which differed in terms of carpal tunnel syndrome severity: the degree of symptom severity and the severity of conduction disturbances.

**Results.** A statistically significant difference was confirmed in the final threshold of sensation in the pulps of fingers I-III. It was found in the patients with mild and severe as well as moderate and severe conduction disturbances. A statistically significant difference in the degree of postoperative improvement measured with the SSS and FSS was confirmed between the groups with mild and severe conduction disturbances. After treatment completion, the lowest symptom severity (measured with SSS and FSS) was found in the patients who had reported mild symptoms before the surgery (difference among the groups was statistically significant). The difference in the degree of improvement after treatment between the groups was statistically significant. The largest improvement was confirmed in the patients with severe baseline symptoms and included the SSS and FSS scores as well as the time to onset of paraesthesia in challenge tests.

**Conclusions.** 1. Surgical treatment and early postoperative rehabilitation reduce subjective symptom severity, improve functional status of the hand, decrease superficial sensory disturbances on the pulps of fingers I-III and decrease median nerve responses to challenge tests. 2. The lower the severity of baseline conduction disturbances, the better the sensory function of the hand after treatment. 3. The improvement in subjective symptom severity and functional status is most marked in the patients with severe baseline conduction disturbances in the median nerve. 4. The best clinical condition after treatment (symptom severity, functional status) was found in the patients with mild CTS.

**Key words:** carpal tunnel syndrome, surgical treatment, physical therapy

## WSTĘP

Większość publikacji podejmujących problem ZKN sugeruje, że najskuteczniejszą formą leczenia jest zabieg operacyjny, który daje pacjentowi natychmiastową i, co najważniejsze, długotrwałą poprawę, a nawet całkowite ustąpienie charakterystycznych i uciążliwych objawów towarzyszących temu zespołowi. Operacyjne uwolnienie nerwu pośrodkowego na poziomie nadgarstka jest najczęściej wykonywaną operacją planową w chirurgii ręki. Sposób leczenia ZKN jest uzależniony od stopnia natężenia objawów zespołu. Przyjmuje się, że pacjenci z lekkim i umiarkowanym nasileniem mogą być kierowani do leczenia zachowawczego, podczas gdy leczenie operacyjne wskazane jest u pacjentów z ciężkim ZKN [1-9]. Wnioski płynące z przedstawionych w pracy wyników powinny być pomocne do prognozowania wyników leczenia u chorych z różnym stopniem zaburzeń przewodnictwa w nerwie pośrodkowym oraz natężenia objawów towarzyszących ZKN. Powinny jednocześnie ułatwić podejście decyzji o leczeniu zachowawczym albo chirurgicznym.

Celem niniejszej pracy była ocena ewolucji czućia oraz skuteczności leczenia zespołu kanału nadgarstka w zależności od stopnia natężenia objawów i zaburzeń przewodnictwa.

## MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 88 chorych (107 rąk) operowanych w Oddziale Neurochirurgii Szpitala Wojewódzkiego im. Św. Łukasza w Tarnowie i rehabilitowanych wg opisanego poniżej programu. Grupa badana obejmowała 70 kobiet (86 rąk) i 18 mężczyzn (21 rąk) w wieku pomiędzy 25 a 77 rokiem życia (średnio 54,4 lata). Średnia wieku kobiet w badanej populacji wyniosła 53,5 lat, a mężczyzn 58 lat. Leczenie chirurgiczne było prowadzone przez kilku neurochirurgów tego samego oddziału, ale wg tej samej techniki operacyjnej. Program wczesnej rehabilitacji pooperacyjnej był zaś realizowany i kontrolowany przez jedną osobę, pierwszego autora niniejszej pracy. Oceny badanych parametrów dokonywano: bezpośrednio przed operacją i minimum 6 miesięcy po operacji.

Wszyscy chorzy z analizowanej grupy byli operowani metodą otwartą wg tej samej techniki chirurgicznej. Operacja była wykonywana jako procedura jednego dnia w ramach hospitalizacji szpitalnej. Chorzy byli przyjmowani do oddziału rano i wypisywani do domu bezpośrednio po operacji. Odbarczenie nerwu pośrodkowego wykonywano zawsze w znieczuleniu miejscowym i w krwawym polu operacyjnym (bez mankietu uciskowego). Cięcie skórne prowadzono w osi podłużnej kończyny, od dystalnej części

## BACKGROUND

The majority of publications concerning the problem of CTS suggest that the most effective method of treatment is surgery, which results in immediate and long-term improvement or even complete elimination of the typical and disruptive symptoms accompanying CTS. Surgical median nerve decompression at the wrist is the most often performed elective procedure in hand surgery. The method of CTS treatment depends on the severity of the symptoms. It is generally accepted that patients with mild and moderate CTS severity may be referred for conservative treatment while surgical treatment is recommended in patients with severe symptoms [1-9]. The conclusions drawn on the basis of the results of this study should facilitate predicting treatment outcomes in patients with various degrees of disturbances in median nerve conduction and the severity of accompanying symptoms. They should also help in making the decision to operate or institute conservative treatment.

The aim of this study was to assess the changes in sensory function as well as treatment efficacy in carpal tunnel syndrome depending on the degree of symptom severity and conduction disturbances.

## MATERIAL AND METHODS

The study involved 88 patients (107 hands) operated on at the Department of Neurosurgery of St Luke Hospital, Tarnów, and rehabilitated according to a programme described below. The study group included 70 women (86 hands) and 18 men (21 hands) aged between 25 and 77 years. Mean age was 54.4 years in the entire study population, 53.5 years for women and 58 years for men. Surgical procedures were performed by several neurosurgeons from the same department using the same surgical method. The program of early postoperative rehabilitation was implemented and monitored by one person, the first author of this paper. The study parameters were assessed directly before the surgery and at least 6 months after the procedure.

All patients underwent open surgery conducted according to the same surgical technique on a day surgery basis. The patients were admitted to the department in the morning and discharged home directly after the surgery. Median nerve decompression was always performed in local anaesthesia and a bloody operating field (no tourniquet). The skin incision was made along the longitudinal limb axis from the distal part of the forearm at approx. 2-3 cm above the sulcus carpi onto the hand through the thenar eminence.

przedramienia ok. 2-3 cm powyżej bruzdy nadgarstka, na dłoń przez brudzę kłybu kciuka. Ekspozycji nerwu pośrodkowego dokonywano w dystalnej części przedramienia. Mając pod kontrolą wzroku pień nerwu pośrodkowego, posuwano się dystalnie na rękę, przecinając stopniowo cały troczek zginaczy ponad przebiegiem nerwu. Operację kończyło zeszycie skóry. Kontrolę hemostazy wykonywano za pomocą pensety bipolarnej unikając koagulacji w bezpośrednim sąsiedztwie pnia nerwu. Zdjęcie szwów następuwało w 10 dniu od operacji.

Program rehabilitacji wdrażany był już w pierwszej dobie po zabiegu i składał się z trzech zasadniczych elementów:

- edukacja dotycząca samego schorzenia, możliwych powikłań, czynników ryzyka oraz sposobów leczenia;
- „domowy program rehabilitacji”. Określenie to oznacza, że program ten można przeprowadzić w warunkach domowych, bez dodatkowego specjalistycznego sprzętu, po odpowiednim instruktorzu fizjoterapeuty. W jego skład wchodziły następujące elementy: ēwiczenia czynne w obrębie nadgarstka i ręki, ēwiczenia poślizgowe (automobilizacje) nerwu pośrodkowego i splotu ramienno-nego, terapia czynności chwytnych i manipulacyjnych, wykonywanie czynności życia codziennego, terapia rany i blizny, trening czucia;
- indywidualnie ustalany program rehabilitacji ambulatoryjnej w formie serii zabiegowych realizowanych w Zakładzie Rehabilitacji Leczniczej – kierowani byli tylko niektórzy pacjenci konsultowani przez lekarza neurochirurga w poradni przyszpitalnej. Zalecane zabiegi fizjoterapeutyczne zależne były od zgłoszonych lekarzowi problemów: skojarzona terapia cieplna, hydroterapia, ultradźwięki, ultrasonoforeza, pole magnetyczne małej częstotliwości, impulsowe pole magnetyczne wielkiej częstotliwości (terapuls), laseroterapia, widzialne polichromatyczne światło spolaryzowane, jontoforeza z wykorzystaniem 2% roztworu jodku potasu.

Kryteria włączenia do badań:

- potwierdzenie obecności ZKN na podstawie wyniku badania ENG,
- świadoma zgoda pacjenta.

Zgodę na przeprowadzenie badań wyraziła komisja bioetyczna przy Wydziale Medycznym Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Skuteczność leczenia oceniano przez zmiany:

1. progu pobudliwości czuciowej za pomocą prądu impulsowego,
2. w czasie pojawienia się parestezji w trakcie wykonywania testów prowokacyjnych: Phalena, Durkana, Provocative,

The median nerve was exposed in the distal part of the forearm. With the median nerve trunk under visual guidance, the surgeon moved distally onto the hand, gradually cutting the entire flexor retinaculum over the nerve. Suturing the skin completed the surgery. Haemostasis was controlled with bipolar tweezers and coagulation in the immediate vicinity of the nerve trunk was avoided. The sutures were removed on the 10th post-operative day.

The rehabilitation program was introduced as early as the first postoperative day and consisted of three basic components:

- education regarding the syndrome, possible complications, risk factors, and methods of treatment,
- “home rehabilitation programme” – one that could be implemented at home without additional specialized equipment after the patient had been appropriately instructed by the physiotherapist. It consisted of active exercises of the wrist and hand, glide exercises (self-mobilization) of the median nerve and brachial plexus, grasping and manipulative movement therapy, performing everyday activities, wound and scar therapy, and sensory perception exercises.
- an individually prepared out-patient rehabilitation programme in the form of series of sessions at the Division of Rehabilitation; only some patients, following a consultation with a neurosurgeon at the hospital’s outpatient clinic, were referred. Recommended physiotherapy procedures depended on the problems reported by the patients and included “combination heat therapy”, hydrotherapy, ultrasound therapy, phonophoresis, low frequency magnetic field therapy, high frequency pulsed magnetic field therapy (Terapuls), laser therapy, visible polarized polychromatic light therapy and 2% potassium iodide iontophoresis.

Inclusion criteria:

- CTS confirmed by ENG,
- informed consent of the patient.

The study was approved by the bioethics committee of the Medical Faculty of the University of Rzeszów.

Treatment efficacy was evaluated based on changes in:

- 1 threshold of sensory excitability to pulsed current,
- 2 time to onset of paraesthesia in challenge tests (Phalen’s, Durkan’s, and Provocative test)
- 3 scores in scales measuring subjective symptom severity: Symptom Severity Scale (SSS) and Functional Status Scale (Hand) (FSS).

The threshold of sensory excitability was determined in a test with single rectangular pulses (du-

3. w punktacji skali mierzących subiektywne natężenie dolegliwości: Skali Natężenia Objawów (ang. Symptom Severity Scale – SSS) oraz Skali Stanu Funkcjonalnego Ręki (ang. Functional Status Scale – FSS).

Do wyznaczenia progu pobudliwości czuciowej użyto pojedynczych impulsów prostokątnych o czasie trwania 100 ms. W badaniu zastosowano metodę jednoelektrodową: mała punktowa elektroda połączona z katodą stymulowała receptory czuciowe znajdujące się na opuszczakach palców i dloniowej części ręki, większa silikonowa elektroda połączona z dodatnim biegunem prądu znajdowała się na przedniodobocznej części przedramienia, 10 cm proksymalnie w stosunku do dystalnej kresy zgęciowej nadgarstka. Do wyznaczenia progu pobudliwości czuciowej wykorzystano metodę ilościową, która polegała na stymulacji opuszczaka palców: I, II, III i V pojedynczymi impulsami prądu stałego. Oceny uzyskanych wyników pobudliwości czuciowej dokonano na podstawie następujących parametrów:

a) OM = indeks czucia na opuszczakach placów I, II, III.

Oznacza średnią wartość natężenia prądu wywołującego reakcję czuciową na opuszczakach palców I, II i III. Pomiary z opuszczaka każdego z tych palców zsumowano i wyciągnięto średnią. Zatem  $OM = I+II+III / 3$ .

b) OU= indeks czucia na opuszczaku palca V.

Oznacza wartość natężenia prądu wywołującego reakcję czuciową na opuszczaku palca V.

c) OMU – stosunek progów czucia na opuszczakach palców I, II, III (OM) do progu czucia na opuszczaku palca V (OU).

Zatem  $OMU = OM/OU$ .

Na podstawie zapisu badania ENG oceniającego stopień zaburzeń przewodnictwa w nerwie pośrodkowym, zakwalifikowano chorych do jednej z trzech podgrup zaawansowania: łagodny (14 przypadków), umiarkowany (57 przypadków), ciężki (35 przypadków), w oparciu o kryteria podawane przez Pauda i wsp. [10, 11].

Na podstawie kwestionariusza według Levina oceniającego subiektywny stopień natężenia charakterystycznych objawów klinicznych towarzyszących ZKN, zakwalifikowano chorych do jednej z trzech podgrup zaawansowania: łagodny (20 przypadków), umiarkowany (60 przypadków), ciężki (27 przypadków) – Tabela 1.

### Analiza statystyczna

Opis danych dotyczących całej przebadanej grupy sporządzony został z wykorzystaniem podstawowych parametrów statystycznych: mediana, kwartyl dolny i górny. Opisane parametry posłużyły do oce-

ration 100 ms). We used a single-electrode method: a small single-point electrode connected to the cathode stimulated sensory receptors in the pulps of fingers and the palmar surface of the hand while a larger silicone electrode connected to the positive pole was placed on the anterolateral side of the forearm, 10 cm proximally to the distal wrist crease. The threshold of sensory excitability was determined quantitatively by stimulating the pulps of fingers I, II, III, and V with single direct current pulses. The results were assessed based on the following parameters:

a) OM = index of sensation on the pulps of fingers I, II, and III

It represents the mean value of current amplitude producing a sensory reaction in the pulps of fingers I, II, and III. The results from all these fingers were added up and the mean value was calculated. Therefore,  $OM = I+II+III / 3$

b) OU = index of sensation on the pulp of finger V

It represents the value of current amplitude producing a sensory reaction in the pulp of finger V

c) OMU – the ratio of the sensory thresholds in the pulps of fingers I, II, and III (OM) to the sensory threshold in the pulp of finger V (OU)

Thus,  $OMU = OM/OU$

Based on the results of an ENG trace evaluating the degree of conduction disturbances in the median nerve, the patients were qualified to one of three severity subgroups: mild (14 cases), moderate (57 cases), or severe (35 cases), depending on the criteria listed by Paud et al. [10,11].

Based on Levine's questionnaire, evaluating the subjective severity of the typical CTS-related clinical symptoms, the patients were qualified to one of three severity subgroups: mild (20 cases), moderate (60 cases), or severe (27 cases) (see Table 1).

### Statistical analysis

The data concerning the entire study group were described with the basic statistical parameters of medians and lower and upper quartiles. These parameters were used to evaluate the results at baseline and

Tab. 1. Stopnie ciężkości ZKN w zależności od wyniku kwestionariusza według Levina

Tab. 1. Degree of carpal tunnel syndrome severity based on Levine score

Stopień zaawansowania ZKN Severity of CTS	Średnia liczba punktów uzyskanych przy pomocy kwestionariusza wg. Levina Mean Levine score
Lagodny Mild	1 – 2.33
Umierkowany Moderate	2.34 – 3.67
Cieźki Severe	3.68 – 5

ny wyników przed zabiegiem i po zakończonym leczeniu. Poza tym dokonano obliczenia różnic wyników przed i pooperacyjnych, a uzyskane wyniki przedstawione zostały odsetkowo. Procent poprawy po zakończonym leczeniu obliczony został w stosunku do wartości średniej uzyskanej dla wyników przed i po zakończonym leczeniu. Do oceny istotności zmian pomiędzy wynikami przed i po leczeniu zastosowano test Wilcoxona. Do oceny normalności rozkładu zmiennych w poszczególnych grupach wykorzystano test Shapiro-Wilka. W celu ustalenia czy istnieją istotne statystycznie różnice pomiędzy wynikami uzyskanymi w różnych grupach (stopnie ciężkości choroby) zastosowano następujące testy statystyczne:

- test analizy wariancji, test Tukeya (post-hoc) (dla zmiennych, które uzyskały rozkład normalny i spełnione zostało założenie o jednorodności wariancji w grupach),
- test Kruskala-Wallisa, testu porównań wielokrotnych (dla zmiennych, dla których nie uzyskano rozkładu normalnego lub założenie o jednorodność wariancji nie zostało spełnione).

## WYNIKI

Analizę efektów zastosowanej terapii, która oceniona została za pomocą parametrów charakteryzujących próg czucia na opuszczakach palców, przedstawio-

after treatment. The difference between baseline and post-treatment results was also calculated and the results were presented as percentages. The percentage improvement after treatment completion was calculated relative to the mean pre-operative and post-operative values. The significance of changes between pre- and post-operative results was assessed with the Wilcoxon test. The normality of distribution of the variables in each group was assessed by the Shapiro-Wilk test. The following tests were used to identify statistically significant differences between the results obtained in various groups (degrees of syndrome severity):

- analysis of variance, Tukey's test (post-hoc) (for normally distributed variables meeting the assumption of the homogeneity of variance in the groups),
- Kruskal-Wallis test, multiple comparison test (for non-normally distributed variables or variables not meeting the assumption of the homogeneity of variance).

## RESULTS

An analysis of treatment outcomes assessed with the parameters characterizing the sensory threshold in the pulps of fingers is presented in Table 2. The

Tab. 2. Zmiany progu czucia na opuszczakach palców zaopatrzywanych przez nerw pośrodkowy i łokciowy

Tab. 2. Improvement of the threshold of sensation in pulps of fingers innervated by the median and ulnar nerve

Parametr / Parameter	Przed zabiegiem (medianą) / Preoperative (median) (Q25 – Q75)	Po 6 miesiącach (medianą) / 6 month follow-up (median) (Q25 – Q75)	Różnica przed i po (medianą) / Baseline vs. 6 months (median)	Różnica przed i po [%] / Baseline vs. 6 months [%]	p – poziom istotności dla różnicy przed i po / p-values Baseline vs. 6 months
<b>OM</b>	2.37 (2.03 – 2.7)	2.1 (1.83 – 2.43)	0.27	12.1%	p<0.001
<b>OU</b>	1.8 (1.6 – 2.0)	1.8 (1.55 – 2.0)	0	0%	p>0.05
<b>OMU</b>	1.32 (1.22 – 1.43)	1.21 (1.11 – 1.28)	0.11	8.7%	p<0.001

\*OM – średnia wartość natężenia prądu na opuszczakach palców 1, 2 i 3 [mA] / mean current amplitude in pulps of fingers 1, 2 and 3 [mA]

\*OU – wartość natężenia prądu na opuszcze palca 5 / current amplitude in pulp of finger 5 [mA]

\*OMU – stosunek OM/OU - OM/OU ratio

\*Q25 – Q75 – Dolny i Górnny Kwartyl / Lower and Upper Quartile

no w Tabeli 2. Uzyskane wyniki pokazują, że po przeprowadzonym leczeniu dochodzi do obniżenia progu czucia na opuszczakach palców zaopatrywanych przez nerw pośrodkowy. Jak wynika z analizy wartości mediany, próg czucia oceniany na opuszczakach palców zaopatrywanych przez nerw pośrodkowy (OM) uległ poprawie: przed leczeniem osiągnął wartość 2,03 mA, po zakończonym leczeniu spadł do wartości 1,83 mA. Zmniejszenie stopnia zaburzeń czucia na opuszczakach było znamienne statystycznie  $p<0,001$ . Stopień poprawy czucia na opuszczakach palców w badaniu kontrolnym osiągnął wartość 12,1%. U 80,8% pacjentów zarejestrowano poprawę w badaniu kontrolnym. Po zakończonym leczeniu dochodzi również do zmniejszenia dysproporcji między progiem czucia na opuszczakach palców w strefie unerwienia nerwu pośrodkowego i łokciowego. Mediana osiągnięła wartość 1,32 przed i 1,21 po zakończonym leczeniu. Zmniejszenie stopnia dysproporcji na opuszczakach palców było istotne statystycznie  $p<0,001$ . Wartość OMU (stosunek progów czucia na opuszczakach palców I, II, III – OM, do progu czucia na opuszczaku palca V – OU) zmniejszyła się przeciętnie o 8,7%. U 81,7% pacjentów zarejestrowano poprawę w badaniu kontrolnym. Nie stwierdzono zmian w progu czucia na opuszczaku palca 5 (OU) zaopatrywanego przez nerw łokciowy, a wynik testu Wilcoxona jest nieistotny statystycznie ( $p>0,05$ ).

Niezależnie od stopnia zaburzeń przewodnictwa nerwu pośrodkowego, wszyscy pacjenci uzyskali poprawę czucia na ręce, stanu funkcjonalnego ręki oraz subiektywnych dolegliwości. Należy jednak zaznaczyć, że im mniejsze były zaburzenia przewodnictwa przed leczeniem, tym lepsze czucie na ręce po leczeniu. Istotna statystycznie różnica potwierdzona została w progu czucia na opuszczakach palców I-III oraz w okolicy drugiej kości śródramienia. Opisana różnica w wartościach wyników po zakończonym leczeniu dotyczyła pacjentów: z łagodnym i ciężkim oraz umiarkowanym i ciężkim stopniem zaburzeń przewodnictwa (Tab. 3).

Niezależnie od stopnia zaburzeń przewodnictwa, wszyscy pacjenci uzyskali poprawę stanu funkcjonalnego ręki oraz subiektywnych dolegliwości. Najbardziej wyrazista poprawa (różnica wyników przed i po leczeniu) dolegliwości subiektywnych oraz stanu funkcjonalnego ręki wystąpiła u chorych z wyjątkowo ciężkimi zaburzeniami przewodnictwa w nerwie pośrodkowym. Istotna statystycznie różnica potwierdzona została pomiędzy grupą z łagodnym i ciężkim nasileniem zaburzeń przewodnictwa (Tab. 3).

W Tabeli 4 przedstawiono parametry, których końcowy wynik leczenia oraz wielkość poprawy pooperacyjnej (różnica wyników przed i po zakończonym

results show that the treatment was followed by a decrease in the sensory threshold in the pulps of fingers supplied by the median nerve. As shown by the analysis of the median values, the threshold of sensation in the pulps of the fingers supplied by the median nerve (OM) improved, decreasing from 2.03 mA at baseline to 1.83 mA after the treatment. The decrease in the degree of sensory disturbances in the pulps was statistically significant at  $p<0.001$ . The percentage sensory improvement measured in the pulps in a follow-up examination was 12.1%. Follow-up examinations revealed improvement in 80.8% of the patients. In addition, the treatment resulted in a decrease in the disparity between the sensory threshold in the pulps of the fingers supplied by the median vs. ulnar nerve, with a median of 1.32 at baseline and 1.21 after treatment. The decrease in the disparity of sensation in the pulps of fingers was statistically significant at  $p<0.001$ . OMU (OM/OU, i.e. the ratio of the thresholds of sensation in the pulps of fingers I, II, and III to the threshold of sensation in the pulp of finger V) was decreased by 8.7% on average. Follow-up examinations revealed improvement in 81.7% of the patients. We found no changes in the sensory threshold in the pulp of finger V (OU), supplied by the ulnar nerve, and the Wilcoxon test result was statistically non-significant ( $p>0.05$ ).

Regardless of the degree of disturbances in median nerve conductivity, all patients demonstrated improvements in hand sensory function, functional status of the hand, and subjective symptoms. However, it should be pointed out that the sensation on the hand after treatment correlated inversely with the baseline conduction disturbances. A statistically significant difference was confirmed between the threshold of sensation in the pulps of fingers I-III and in the region of the second metacarpal bone. The difference in the results after treatment was observed between patients with mild and severe as well as moderate and severe conduction disturbances (Tab. 3).

Regardless of the degree of conduction disturbances, all patients improved with regard to the functional status of the hand and subjective symptoms. The improvement (difference between baseline and post-treatment results) in subjective symptom severity and hand function was most marked in the patients with severe conduction disturbances in the median nerve at baseline. A statistically significant difference was confirmed between the groups with mild and severe conduction disturbances (Tab. 3).

Table 4 shows the parameters whose final values and the degree of postoperative improvement (difference between baseline and post-treatment results) do not depend on the degree of conduction distur-

Tab. 3. Wyniki leczenia w zależności od stopnia zaburzeń przewodnictwa (różnice pomiędzy grupami istotne statystycznie  
Tab. 3. Treatment outcomes by result of electroneurographic study (statistically significant differences between groups)

Parametr Parameter	Stopień ZKN Degree of CTS severity	p Kruskala-Wallisa	p test porównawczy wielokrotnych multiple comparison of mean ranks
Średni próg czucia na opuszczakach palców I, II, III (wynik końcowy) Mean threshold of sensation in finger 1, 2, 3 (final result)	łagodny / ciężki mild / severe umiarkowany / ciężki moderate / severe		p<0.0001 p<0.0001
Próg czucia ponad drugą kością śródręcza (wynik końcowy) Threshold of sensation over second metacarpal bone	łagodny / ciężki mild / severe umiarkowany / ciężki moderate / severe		p=0.004 p=0.0012
Stopień poprawy (różnica przed i po leczeniu) mierzony skalą SSS Degree of improvement measured according to Symptom Severity Scale	łagodny / ciężki mild / severe	p=0.0449	p=0.0447
Stopień poprawy (różnica przed i po leczeniu) mierzony skalą FSS Degree of improvement measured according to Functional Status Scale	łagodny / ciężki mild / severe	p=0.0176 test analizy wariacyjnej analysis of variance	p=0.0499 test Tukeya (post-hoc) Tukey test (post-hoc)

Tab. 4. Wyniki leczenia w zależności od stopnia zaburzeń przewodnictwa (różnice pomiędzy grupami nieistotne statystycznie  
Tab. 4. Treatment outcomes by result of electroneurographic study (no statistically significant differences between groups)

Parametr Parameter	p Kruskala-Wallisa
Wynik końcowy mierzony skalą natężenia objawów (SSS) Final Symptom Severity Scale score	0.2205
Wynik końcowy mierzony skalą stanu funkcyjnego (FSS) Final Functional Status Scale score	0.4496
Łączny czas wystąpienia parestezji w trakcie wykonywania testów prowokacyjnych (wynik końcowy). Total time to onset of paraesthesia in challenge tests (final result)	0.7861
Stopień poprawy (różnica przed i po leczeniu) progu czucia na opuszczakach palców I, II, III Degree of improvement (pre- vs. post-treatment difference) in the threshold of sensation in finger 1, 2, 3	0.2843
Stopień poprawy (różnica przed i po leczeniu) progu czucia ponad drugą kością śródręcza Degree of improvement (pre- vs. post-treatment) in the threshold of sensation over second metacarpal bone	0.3715
Stopień poprawy (różnica przed i po leczeniu) w wartości łącznego czasu wystąpienia parestezji w trakcie wykonywania testów prowokacyjnych Degree of improvement (pre- vs. post-treatment) in total time to onset of paraesthesia in challenge tests	0.6650

leczniu) nie zależy od stopnia zaburzeń przewodnictwa w badaniu ENG. Poziom istotności testu Kruskala-Wallisa uzyskał wartość  $p>0,05$  (nie stwierdza się istotnych statystycznie różnic pomiędzy poszczególnymi grupami).

Po zakończeniu leczenia najmniejsze nasilenie objawów (mierzzone skalą SSS i FSS) mają ci, których dolegliwości przedoperacyjne wykazywały łagodne natążenie. Chorzy, którzy mieli umiarkowane i ciężkie dolegliwości przed operacją uzyskują po leczeniu znaczną ich redukcję (nawet większą niż w grupie łagodnej), ale i tak pooperacyjne natążenie objawów jest u nich większe niż w grupie o łagodnym nasileniu dolegliwości. Poprawa dolegliwości po leczeniu (różnica między stanem wyjściowym i po zakończeniu leczenia) jest największa u chorych z wy-

bances revealed by an ENG. The significance level of the Kruskal-Wallis test was  $p>0.05$  (no statistically significant differences between the groups).

After treatment completion, the lowest symptom severity (measured with SSS and FSS) was found in the patients who had reported mild symptoms before the surgery. The patients with moderate and severe baseline symptoms demonstrated a pronounced reduction after the treatment (even larger than in the mild group), but the postoperative severity of their symptoms was still higher than in the group with mild symptoms. The symptomatic improvement after treatment (difference between the baseline and post-treatment status) was highest in the patients with severe baseline symptoms and included the following parameters (Tab. 5).

Tab. 5. Wyniki leczenia w zależności od stopnia natężenia objawów (różnice pomiędzy grupami nieistotne statystycznie)

Tab. 5. Treatment outcomes by CTS symptom severity based on Levine scores (statistically significant differences between groups)

Parametr Parameter	Stopień ZKN Severity of CTS	p Kruskala-Wallisa	p test porównawczy wielokrotnych multiple comparison of mean ranks
Wynik końcowy mierzony skalą natężenia objawów (SSS) Final Symptom Severity Scale score	łagodny / ciężki mild / severe	p=0.0039	p=0.0033
Wynik końcowy mierzony skalą stanu funkcjonalnego (FSS) Final Functional Status Scale score	łagodny / umiarkowany mild / moderate	p<0.001	p<0.001
	łagodny / ciężki mild / severe		p<0.001
Stopień poprawy (różnica przed i po leczeniu) mierzony skalą natężenia objawów (SSS) Degree of improvement (pre- vs. post-treatment difference) according to Symptom Severity Scale	łagodny / umiarkowany mild / moderate	p<0.001	p<0.001
	łagodny / ciężki mild / severe		p<0.001
	umiarkowany / ciężki moderate / severe		p=0.002
Stopień poprawy (różnica przed i po leczeniu) mierzony skalą stanu funkcjonalnego (FSS) Degree of improvement (pre- vs. post-treatment) according to Functional Status Scale	łagodny / umiarkowany mild / moderate	p<0.001	p<0.001
	łagodny / ciężki mild / severe		p<0.001
	umiarkowany / ciężki moderate / severe		p<0.001
Stopień poprawy w wartości łącznego czasu wystąpienia parestezji w trakcie wykonywania testów prowokacyjnych Degree of improvement in total time to onset of paraesthesia in challenge tests	łagodny / ciężki mild / severe	p=0.0227	p=0.0195

ściowo ciężkim natążeniem objawów i obejmuje następujące parametry – Tab. 5:

- ból i parestezje na ręce (mierzono skalą SSS),
- zaburzenia funkcjonalne ręki (mierzono skalą FSS),
- czas wystąpienia parestezji w czasie testów prowokacyjnych.

W Tabeli 6 przedstawiono parametry, których końcowy wynik leczenia oraz wielkość poprawy pooperacyjnej (różnica wyników przed i po zakończonym leczeniu) nie zależy od przedoperacyjnego stopnia natążenia objawów ZKN. Poziom istotności testu Kruskala-Wallisa uzyskał wartość  $p>0.05$  (nie stwierdza się istotnych statystycznie różnic pomiędzy poszczególnymi grupami).

– pain and paraesthesia on the hand (measured with SSS),

– functional disturbances of the hand (measured with FSS),

– time to onset of paraesthesia in challenge tests.

Table 6 shows the parameters whose final values and postoperative improvement (difference in baseline and post-treatment results) do not depend on the degree of CTS symptom severity before the surgery. The significance level of the Kruskal-Wallis test was  $p>0.05$  (no statistically significant differences between the groups).

Tab. 6. Wyniki leczenia w zależności od stopnia natążenia objawów (różnice pomiędzy grupami nieistotne statystycznie)

Tab. 6. Treatment outcomes by CTS symptom severity based on Levine scores (no statistically significant differences among groups)

Parametr Parameter	p Kruskala-Wallisa
Próg czucia ponad drugą kością śródręczą (wynik końcowy) Threshold of sensation over second metacarpal bone (final result)	0.5093
Łączny czas wystąpienia parestezji w trakcie wykonywania testów (wynik końcowy) Total time to onset of paraesthesia in challenge tests (final result)	0.0916
Stopień poprawy (różnica przed i po leczeniu) progu czucia na opuszczakach palców I, II, III Degree of improvement (pre- vs. post-treatment difference) in the threshold of sensation on finger 1, 2, 3	0.1612

## DYSKUSJA

Uzyskane przez nas wyniki pokazały, że pacjenci z ciężkimi zaburzeniami przewodnictwa przed operacją mają wyższe progi czucia po leczeniu w porównaniu do chorych z lepszymi zapisami ENG przed zabiegiem. Finestone uważa, że może być to spowodowane faktem, iż u pacjentów z ciężkim ZKN parametry przewodnictwa we włóknach czuciowych nerwu pośrodkowego (latencja końcowa i amplituda) ulegają poprawie, ale nie wracają do normy [12]. Dlatego też leczenie pacjentów z ciężkim ZKN jest w pełni uzasadnione, ale powinni oni wiedzieć, że pełne ustąpienie objawów jest raczej niemożliwe. Gaździk i Marzec stwierdzili, że stopień zaburzeń czucia mierzony cyrklem Webera jest uzależniony od czasu wykonania zabiegu operacyjnego. Zaburzenia czucia po zastosowanym leczeniu operacyjnym pozostały u 20% pacjentów operowanych do 2 lat trwania zespołu i 79% operowanych po tym okresie [13].

Ciekawe wyniki leczenia operacyjnego w zależności od stopnia zaburzeń w zapisie ENG przed operacją przedstawił Aulisa i wsp. [14]. Do oceny efektów leczenia wykorzystali następujące kryteria: szybkość przewodzenia i latencję końcową oraz obraz kliniczny:

- w grupie z łagodnym nasileniem zaburzeń przewodnictwa uzyskali całkowitą poprawę funkcji czuciowych i ruchowych u 14 spośród 15 pacjentów,
- w grupie z umiarkowanym ZKN (na podstawie badania ENG) uzyskali poprawę przewodnictwa nerwowego we wszystkich przypadkach oraz poprawę stanu klinicznego. Leczenie operacyjne w tej grupie okazuje się być skuteczne w poprawie obrazu klinicznego i przewodnictwa nerwowego,
- w grupie z ciężkim nasileniem zaburzeń przewodnictwa również uzyskali poprawę kliniczną i elektrofizjologiczną, ale normalizacja wyników elektrofizjologicznych była możliwa tylko w kilku przypadkach. Mimo to można stwierdzić, że dekomprezja chirurgiczna może dostarczyć poprawy klinicznej nawet w przypadku długotrwałego ucisku i braku odpowiedzi z włókien czuciowych.

Jun-ichi i wsp. przebadali 138 rąk – operowanych metodą małoinwazyjną. Uzyskane przez nich wyniki świadczą, że najlepsze efekty leczenia występują w sytuacji gdy zabieg wykonany jest we wczesnym etapie choroby, ocenianym na podstawie stopnia zaburzeń przewodnictwa w nerwie pośrodkowym. Wśród pacjentów z lekkim nasileniem zaburzeń, 99% doznało całkowitej poprawy, a z umiarkowanym 94%. Najsłabsze wyniki leczenia potwierdzone zostały w grupie z ciężkim ZKN: 50% chorych doznało całkowitej poprawy, 12,5% częściowej, a u 37,5% nie stwierdzono żadnej poprawy [15].

## DISCUSSION

Our results show that patients with severe conduction disturbances before the surgery demonstrate higher sensation thresholds after treatment as compared with patients with better baseline ENG results. Finestone believes that this may be caused by the fact that, in patients with severe CTS, the parameters of conduction in the sensory fibres of the median nerve (distal latency and amplitude) improve, but do not normalise [12]. Consequently, while the treatment of patients with severe CTS is fully justified, they should be aware that complete elimination of the symptoms is rather impossible. Gaździk and Marzec found that the degree of sensory disturbances measured with a calliper depends on when the surgery is performed. After the surgical treatment, sensory disturbances were still present in 20% of the patients operated on within 2 years of CTS onset and in 79% of those undergoing surgery after this time [13].

Interesting differential surgical outcomes depending on the degree of disturbance severity shown by ENG at baseline were presented by Aulisa et al. [14]. They evaluated treatment outcomes by looking at conduction velocity and distal latency as well as the clinical symptoms:

- in the group with mild conduction disturbances, they achieved complete restoration of sensory and motor functions in 14 out of 15 patients,
- in the group with moderate CTS (as per ENG results), they achieved an improvement in nerve conduction in all cases as well as clinical improvement. In this group, surgical treatment turned out to be effective in improving the clinical symptoms and nerve conduction.
- in the group with severe conduction disturbances, they also achieved a clinical and electrophysiological improvement, but the electrophysiological results returned to normal only in a few cases. Nevertheless, it can be concluded that surgical decompression may bring about a clinical improvement even in patients with long-time compression and no sensory fibre response.

Jun-ichi et al. examined 138 hands operated on with a minimally invasive technique. Their results indicate that the best treatment outcomes are achieved when the procedure is performed at an early stage of the disorder, as assessed by the severity of conduction disturbances in the median nerve. Complete restoration was noted in 99% of the patients with mild conduction disturbances and 94% of those with moderate abnormalities. The worst treatment outcomes were seen in the group with severe CTS: complete restoration was found in 50% of the patients, 12.5%

Sulewski i wsp. w oparciu o wyniki podawane przez Walusiaka podaje, że brak jest korelacji pomiędzy badaniami szybkości przewodzenia nerwów przed operacją a wynikami pooperacyjnymi [16].

Wyniki uzyskane w naszej grupie pokazały, że po zakończeniu leczenia najmniejsze natążenie objawów mają ci, których dolegliwości przedoperacyjne wykazywały łagodne natążenie. Chorzy, którzy mieli umiarkowane i ciężkie natążenie dolegliwości przed operacją, uzyskują po leczeniu znaczną ich redukcję (nawet większą niż w grupie łagodnej), ale i tak pooperacyjne natążenie objawów jest u nich większe niż w grupie o łagodnym nasileniu dolegliwości. Zbliżone wyniki przedstawione są przez Burke i wsp., którzy oparli się na wynikach leczenia operacyjnego 523 przypadków ZKN [17]. Pacjenci podzieleni zostali na stopnie ciężkości w zależności od wyniku przedoperacyjnego uzyskanego w skali SSS. Autorzy potwierdzili, że im wyższy był stopień ZKN w badaniu przedoperacyjnym, tym większa była poprawa w badaniu kontrolnym mierzona skalami SSS i FSS. Po 6 miesiącach od zabiegu, dolegliwości były nadal bardziej nasilone u pacjentów z umiarkowanym i ciężkim ZKN w porównaniu z pacjentami z lekkim nasileniem objawów przedoperacyjnych [17]. Również Mallick i wsp. potwierdzili podobną korelację: im większe natążenie dolegliwości przed zabiegem, tym większa jest poprawa po zabiegu operacyjnym [18]. Wyniki przedstawione przez Reale i wsp. pokazują, że największy odsetek pacjentów zadowolonych z wyników leczenia operacyjnego występuje w grupie, która przed zabiegiem uzyskała w skali SSS i FSS wartości powyżej 4. U pacjentów, którzy w badaniu przedoperacyjnym uzyskali wartość od 1 do 2, zdecydowanie zmniejsza się liczba pacjentów zadowolonych z wyników leczenia. Zwiększa się natomiast liczba pacjentów bez zmian oraz tych, u których wystąpiło pogorszenie [19]. Szyluk i wsp. wskazują na szybszy powrót sprawności ręki i ustępowania objawów ZKN u chorych, u których operację przeprowadzono we wczesnej fazie choroby. Uzyskane przez nich wyniki zachęcają do wczesnego leczenia tych chorych metodą endoskopową [8].

Podobnie jak Chmielewska i wsp. uważamy, że istotnym aspektem kompleksowego leczenia ZKN jest pooperacyjna rehabilitacja. Wpływają ona na poprawę funkcjonowania ręki u pacjentów po operacyjnym odbarczeniu nerwu pośrodkowego. Jej efektem jest poprawa gęstości unerwienia wyrażona zmianami czucia dwupunktowego na opuszczakach palców, poprawa zakresów ruchu oraz zmniejszenie dolegliwości bólowych i sensacji czuciowych. Większy postęp leczenia uzyskują pacjenci operowani techniką endoskopową [20]. Wyniki uzyskane przez Szczechowici-

achieved partial restoration, and 37.5% did not improve [15].

Based on the results described by Walusiak, Sulewski et al. report that there is no correlation between preoperative and postoperative nerve conduction velocity results [16].

Our results show that postoperative symptom severity is the lowest in the patients whose preoperative symptoms were mild. The patients with moderate and severe symptoms before the surgery achieved a pronounced symptomatic reduction after the treatment (even larger than in the mild group), but the postoperative severity of their symptoms was still higher than in the group with mild symptoms. Similar results were presented by Burke et al., who used the outcomes of surgical treatment of 523 patients with CTS [17]. The patients were divided into degrees of severity, depending on preoperative SSS scores. The authors confirmed that the higher the preoperative CTS severity, the larger the improvement measured with SSS and FSS during a follow-up examination. At 6 months after the procedure, the symptoms were still more severe in the patients with moderate and severe CTS as compared with those with mild preoperative symptoms [17]. Mallick et al. also confirmed a similar correlation: the higher the severity of symptoms before the surgery, the greater the improvement after the procedure [18]. The results presented by Reale et al. show that the highest percentage of patients satisfied with the surgical treatment outcomes was found in the group whose preoperative SSS and FSS scores were over 4 points. Among those who scored 1-2 points preoperatively, the number of patients satisfied with the treatment outcomes was markedly lower, while the number of patients in whom no improvement was found and those whose symptoms became more severe increased [19]. Szyluk et al. report faster hand function recovery and CTS symptom elimination in patients who underwent surgery at an early stage of CTS. Their results encourage early treatment of those patients with endoscopic surgery [8].

Like Chmielewska et al., we believe that postoperative rehabilitation is a vital aspect of comprehensive CTS treatment as it contributes to improvement in hand function in patients after surgical median nerve decompression. Its results include better innervation density as shown by changes in two-point discrimination testing in the pulps of fingers, improved ranges of motion, and decreased pain and sensory disturbances. The improvements are greater in patients after endoscopic procedures [20]. The results obtained by Szczechowicz et al. showed that the time of commencing rehabilitation had a significant influence on the final treatment outcomes [21].

cza i wsp. pokazały, że czas rozpoczęcia usprawniania wpływa istotnie na mierzone wyniki końcowe leczenia [21].

Ocena ewolucji czucia jest powszechnie stosowanym narzędziem badawczym służącym do obiektywnej oceny wyników leczenia ZKN [9]. Ucisk będący przyczyną ZKN wpływa na podniesienie progu czucia powierzchniowego w okolicy unerwionej przez nerw pośrodkowy. Jest on nerwem mieszanym z przewagą włókien czuciowych (stanowią 70% wszystkich włókien). Procesy niedokrwienne zachodzące w jego obrębie dotyczą początkowo włókien czuciowych, ponieważ na przekroju poprzecznym przebiegają one najbardziej powierzchniowo [22]. Porównanie stopnia poprawy czucia z wynikami podawanymi przez różnych autorów jest w znacznym stopniu ograniczone, ponieważ do oceny czucia wykorzystywane są różne metody oceny pobudliwości. Jednocześnie należy wspomnieć, że niewiele jest informacji na temat poprawy czucia po zastosowanym leczeniu [9].

Najczęściej używanym badaniem jest test lekkiego dotyku – głębokiego ucisku (test włókienkowy Semmesa-Weinsteina). Stopień zaburzeń czucia przed zabiegiem operacyjnym, jak i stopień poprawy po zabiegu, w oparciu o wyniki podawane przez różnych autorów, przedstawiony został w Tabeli 7. Na jej podstawie można stwierdzić, że wielkość poprawy pooperacyjnej waha się w granicach od 7,7 do 36,4%.

Drugim co do popularności jest dwupunktowy test rozdzielczości czucia. Stopień zaburzeń czucia przed zabiegiem operacyjnym oraz stopień poprawy po zabiegu w oparciu o wyniki podawane przez różnych autorów przedstawiony jest w Tabeli 8. Z tabeli wynika, że wartość poprawy pooperacyjnej waha się od 15,4% do 62%. Żuluk i Strychar, powołując się na badania Katza i wsp. podają, że z 17 pacjentów, którzy mieli wyjściowo zaburzoną rozdzielcość czucia dwupunktowego powyżej 5 mm, w badaniu kontrolnym po 2 latach takie zaburzenia były nadal obecne u 12 [9].

The evaluation of sensory changes is a commonly used tool allowing for objective assessment of CTS treatment outcomes [9]. Nerve compression underlying CTS results in an increase in the threshold of superficial sensation in the area supplied by the median nerve, which is a mixed nerve dominated by sensory fibres (they constitute 70% of all the fibres). Ischaemic processes within the nerve first affect the sensory fibres as they are located the closest to the surface (in cross-section) [22]. The possibilities for comparing the severity of sensory improvement in our study with the results reported by various authors are very limited since sensation is assessed with a variety of methods evaluating nerve excitability. It should also be mentioned that there is a scarcity of information on sensory improvement after treatment [9].

The examination used most often is the test of light touch and deep pressure (Semmes-Weinstein monofilament test). The severity of baseline sensory disturbances and the degree of postoperative improvement based on the results reported by various authors are presented in Table 7. The data allow for concluding that the postoperative improvement varies from 7.7% to 36.4%.

The second most popular method is the two-point discrimination test. The degree of baseline sensory disturbances and the degree of postoperative improvement based on the results reported by various authors are presented in Table 8. The table shows that the degree of postoperative improvement varies from 15.4% to 62%. Citing Katz et al., Żyluk and Strychar report that out of 17 patients with baseline two-point discrimination disturbances over 5 mm, 12 still presented these disturbances in a follow-up visit at 2 years [9].

An interesting method for evaluating sensory changes after treatment was suggested by Radwin et al. [27]. They used a special stand (platform) consisting of a smooth surface divided into two movable parts (plates). The computer controlling the platform increased the distance between the two parts up to

Tab. 7. Próg czucia oceniany przed i po leczeniu przy pomocy testu włókienkowego Semmesa – Weinstein – przegląd literatury tematu  
Tab. 7. Mean values of the smallest sensible force of compression in fingertips of fingers innervated by median nerve registered during follow-up examinations: literature review

Numer piśmien./ Reference number	Liczba przyp./ Number of cases	Metoda zabiegowa (Otwarta, Endoskop)/ Surgical decompression (Open, Endoscopic)	Badanie kontrolne (miesiąc)/ Follow-up at (month)	Przed zabiegiem (średnia) Preoperative (mean)	Po zabiegu (średnia) Postoperative (mean)	Różnica przed i po [%] / Baseline vs. Postoperative [%]
[23]	95	O	6 mc.	4.17	3.2	26.3%
[23]	97	E	6 mc.	4.19	3.26	25%
[24]	85	O	3 mc.	3.65	3.38	7.7%
[24]	84	E	3 mc.	3.69	3.31	10.8%
[25]	87		6 mc.	3.51	2.43	36.4%

Tab. 8. Próg czucia oceniany przed i po leczeniu przy pomocy dwupunktowego testu rozdzielczości czucia – przegląd literatury tematu  
 Tab. 8. Improvement of two-point discrimination in fingertips of fingers innervated by the median nerve: literature review

Numer piśmien./ Reference number	Liczba przyp./ Number of cases	Metoda zabiegowa (Otwarta, Endoskop)/ Surgical decompression (Open, Endoscopic)	Badanie kontrolne (miesiąc)/ Follow-up at (month)	Przed zabiegiem (średnia)/ Preoperative (mean)	Po zabiegu (średnia)/ Postoperative (mean)	Różnica przed i po [%] / Baseline vs. Postoperative [%]
[24]	85	O	3 mc.	7.1 mm	5.3 mm	29%
[24]	84	E	3 mc.	6.4 mm	5.2 mm	20.7%
[26]	92	O	6 mc.	6.4 mm	4.9 mm	26.5%
[25]	87		6 mc.	7.5 mm	3.95 mm	62%

Tab. 9. Próg czucia przed i po leczeniu mierzony testem CPT (Current Perception Threshold) [28]

Tab. 9. Improvement of Current Perception Threshold (CPT) in fingertips of fingers innervated by the median nerve [28]

Częstotliwość prądu /Current frequency	Liczba przyp. / Number of cases	Badanie kontrolne (miesiąc) / Follow-up at (month)	Przed zabiegiem (średnia) / Preoperative (mean)	Po zabiegu (średnia) / Postoperative (mean)	Różnica przed i po [%] / Baseline vs. Postoperative [%]
2000			4.55 mA	3.3 mA	31.8%
250			1.37 mA	0.86 mA	45.7%
5	21	6	0.89 mA	0.47 mA	61.8%

Ciekawy sposób oceny zmian czucia po zabiegu zaproponował Radwin i wsp. [27]. Wykorzystali oni specjalne stanowisko (platformę), na które składała się gładka i śliska powierzchnia, podzielona na dwie ruchome części (płytki). Komputer sterujący całym zestawem zwiększał odległość pomiędzy nimi do momentu, aż pacjent zgłosił, że wyczuwa odstęp pomiędzy obiema powierzchniami. Odległość ta (wielkość szczeliny) była następnie rejestrowana. Stopień poprawy po zabiegu osiągnął wartość 54,5%.

Interesującym testem służącym do oceny progu czucia powierzchniowego po zabiegu jest test CPT (Current Perception Threshold). Podobnie jak w naszej próbie, ocenia on próg pobudliwości czuciowej w odpowiedzi na impulsy prądu elektrycznego. Do stymulacji wykorzystuje się prąd o różnej częstotliwości, który stymuluje różne typy włókien nerwowych. W naszym teście receptory czuciowe stymulowane były pojedynczym impulsem elektrycznym. Wyniki przedstawione przez Nishimure i wsp. (Tabela 9) pokazują, że stopień poprawy czucia oceniany za pomocą testu CPT jest zależny od częstotliwości zastosowanego prądu (2000 Hz, 250 Hz, 5 Hz) [28].

Istnieje pewna możliwość porównania wyników progu pobudliwości czuciowej, która jest rejestrowana za pomocą różnych metod pomiarowych. Należy oprzeć się na odsetku pacjentów, u których wystąpiła poprawa w badaniu kontrolnym. W naszych badaniach próg czucia w okolicy opuszka palców I, II, III (OM) poprawił się u 81% chorych. Poprawa czucia wg innych autorów wynosiła: Gelberman i wsp. 88% dla testu dwupunktowego oraz 87% dla testu S-W, Bednarski i wsp. 86% dla dwupunktowego

a point when the patient reported sensing a distance between the two surfaces. This distance (the size of the gap) was then recorded. The degree of postoperative improvement reached 54.5%.

CPT (Current Perception Threshold) is an interesting test evaluating superficial sensation after surgery. Similarly to our examination, it assesses the threshold of sensory excitability in response to electrical current. The test uses currents of various frequencies, which stimulates different types of nerve fibres. In our test, sensory receptors were stimulated with a single electrical pulse. The results presented by Nishimura et al. (Table 9) show that the degree of sensory improvement evaluated with CPT depends on current frequency (2000 Hz, 250 Hz, 5 Hz) [28].

There is a certain possibility of comparing the results of sensory excitability threshold which is recorded with various methods of measurement. The comparison should be based on the percentage of patients in whom follow-up examinations showed an improvement. In our tests, the threshold of sensation in the pulps of fingers I, II, and III (OM) improved in 81% of the patients. Other authors have reported the following improvement rates: 88% in two-point discrimination test and 87% in the Semmes-Weinstein test (Gelberman et al.), 86% in two-point discrimination test and 94% in the Semmes-Weinstein test (Bednarski et al.), and 63% in the Semmes-Weinstein test (Elwakil) [29,30]. Richter and Bruster showed that normal sensory function of the index and middle finger was restored in 60-80% of the patients at 3 weeks after decompression and there was no further improvement at 6 weeks. Sensation improved

i 94% dla S-W, Elwakil 63% dla testu S-W [29, 30]. Richter i Bruster wykazali, że po 3 tygodniach od dekomprezji 60 – 80% chorych odzyskuje prawidłowe czucie na wskazicielu i palcu środkowym, a po 6 tygodniach dalsza poprawa już nie następuje. Czucie poprawiało się znamiennie częściej u chorych operowanych metodą małego cięcia w porównaniu z techniką klasyczną [9]. Kwolek i Zwolińska podają poprawę funkcji czuciowej ręki obejmującą 35% badanych rąk poddanych leczeniu zachowawczemu [1]. Jednocześnie należy wspomnieć, że wyniki testów oceniających czucie zależą nie tylko od zmiany progu pobudliwości na poziomie receptorów lub czuciowych włókien nerwowych, ale i od innych czynników, np. zaangażowanie i skupienie pacjenta w czasie wykonywania próby, jego nastawienie, stan emocjonalny oraz panujące w gabinecie warunki, np. temperatura, wyciszenie. Warto w tym miejscu przytoczyć wyniki osiągnięte przez Massy-Westropp [31]. Stwierdził on, że wszystkie urządzenia służące do oceny czucia mogą dostarczyć różnych wyników w sytuacji, gdy test wykonywany jest na tej samej osobie po raz drugi. Pierwszą przyczyną może być błąd związany z instrumentem pomiarowym. Drugą przyczyną zaś błąd wykonującego test, który może rozproszyć chorego lub niepoprawnie zarejestrować wyniki [31]. Różnica w wielkości poprawy po zastosowanym leczeniu podanej przez różnych badaczy może być związana z samym leczeniem, ale jednocześnie może wynikać z niedoskonałości samego pomiaru.

## WNIOSKI

1. Leczenie operacyjne połączone z wczesną pooperacyjną rehabilitacją wpływa na:
  - zmniejszenie natężenia subiektywnych dolegliwości oraz poprawę stanu funkcjonalnego ręki,
  - zmniejszenie zaburzeń czucia powierzchniowego na opuszczakach palców I, II i III,
  - zmniejszenie wrażliwości nerwu pośrodkowego na testy prowokacyjne.
2. Im mniejsze są zaburzenia przewodnictwa przed leczeniem tym lepsze czucie na ręce po leczeniu.
3. Najbardziej wyrazista poprawa dolegliwości subiektywnych oraz stanu funkcjonalnego ręki występuje u chorych z wyjściowo ciężkimi zaburzeniami przewodnictwa w nerwie pośrodkowym.
4. Najlepszy stan kliniczny po leczeniu (natężenie objawów, stan funkcjonalny) odnotowano u chorych z łagodnym nasileniem objawów.

significantly more often in patients after small incision surgery as compared with the classic technique [9]. Kwolek and Zwolińska report an improvement in hand sensory function concerning 35% of the hands studied after conservative treatment [1]. Additionally, it should be mentioned that the results of sensory testing depend not only on the change in the excitability threshold on the level of receptors or sensory fibres, but also on other factors, such as the patients' involvement and focus during the test, their attitude, emotional state and the conditions in the room, e.g. temperature and lack of noise. The results obtained by Massy-Westropp are worth citing [31]. He found that all devices used for the assessment of sensation may produce various results when the test is conducted for a second time in the same patient. This may be caused by a measuring instrument error or an error made by the person conducting the test, who may distract the patient or incorrectly record the results [31]. The difference in the degree of improvement after treatment reported by various authors may be connected to the treatment itself, but it may also result from limitations of the measurement.

## CONCLUSIONS

1. Surgical treatment combined with early postoperative rehabilitation leads to:
  - a decrease in the severity of subjective symptoms as well as improvement in hand functional status,
  - a decrease in superficial sensory disturbances in the pulps of fingers I, II, and III,
  - a decrease in the median nerve responses to challenge tests.
2. The lower the baseline conduction disturbances, the better the sensory function of the hand after treatment.
3. The improvement in subjective symptom severity and hand functional status was most marked in the patients with severe baseline conduction disturbances in the median nerve.
4. The best clinical condition after treatment (symptom severity, functional status) was found in the patients with mild CTS symptoms.

## PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Kwolek A., Zwolińska J. Bezpóśrednie i odległe efekty zastosowania wybranych metod fizjoterapii w leczeniu pacjentów z zespołem kanału nadgarstka. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2011; 13, 6: 555 – 564.
2. Aroori S., Spence R. Carpal tunnel syndrome. *Ulster Med. J* 2008; 77: 6 – 17.
3. Dakowicz A., Rutkowska I., Klimiuk P. A., Latosiewicz R., Niewiński A. Oddziaływanie jonoforezy z jodku potasu i impulsowego pola elektromagnetycznego wielkiej częstotliwości w leczeniu zachowawczym zespołu cieśni kanału nadgarstka. *Balneologia Polska* 2007; 49: 113 – 123.
4. Ginszt A., Kuliński W.: Ocena zastosowania zmienego pola magnetycznego niskiej częstotliwości w leczeniu niezaawansowanych idiopatycznych postaci zespołu kanału nadgarstka. *Balneologia Polska* 2002; 44: 57 – 67.
5. Michlovitz S. Is there role for ultrasound and electrical stimulation following injury to tendon and nerve? *Journal of Hand Therapy* 2005; 18: 292 – 296.
6. Naeser M., Hahn Kyung-Ae K., Lieberman B. E., Branco K. F. Carpal tunnel syndrome pain treated with low – level laser and microamperes transcutaneous electric nerve stimulation: a controlled study. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 978 – 987.
7. Walker W., Metzler M., Cifu D., Swartz Z. Neutral wrist splinting in carpal tunnel syndrome: a comparison of night – only versus full – time wear instructions. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81: 424 – 429.
8. Szyluk K., Koczy B., Jasiński A., Widuchowski J., Widuchowski W. Ocena wyników operacyjnego leczenia zespołu kanału nadgarstka metodą endoskopową z wykorzystaniem jednego dostępu. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2006; 3(6); Vol. 8, 323 – 328.
9. Żyluk A., Strychar J. Wyniki leczenia zespołu kanału nadgarstka – przegląd piśmiennictwa. *Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska* 2005; 70, 6: 439 – 445.
10. Banach M., Bogucki A. Zespoły z ucisku diagnostyka i leczenie. *Medycyna Praktyczna*. Kraków 2003.
11. Jabłońska-Brudło J. i wsp. Diagnostyka neurofizjologiczna zespołu cieśni nadgarstka – ocena przydatności badania porównawczego dystalnej latencji ruchowej z mięśnia głistowatego II i międzykostnego II. *Postępy Rehabilitacji* 2003; XVII: 21 – 29.
12. Finestone H. M. at. all. Severe carpal tunnel syndrome: clinical and electrodiagnostic outcome of surgical and conservative treatment. *Muscle & Nerve* 1996; 19: 237 – 239.
13. Gaździk T., Marzec M. Leczenie chirurgiczne zespołu kanału nadgarstka w przebiegu schorzeń reumatoidalnych. *Reumatologia* 1992; XXX: 146 – 151.
14. Aulisa L. at. all. Carpal tunnel syndrome: indication for surgical treatment based on electrophysiologic study. *The Journal of Hand Surgery* 1998; 23 A: 687 - 691.
15. Jun-ichi I., Hidehiro H., Hiroyuki N., Toshisuke S. Carpal tunnel syndrome: Electrophysiological grading and surgical results by minimum incision open carpal tunnel syndrome. *Neurol Med. Chir (Tokyo)* 2008; 48: 554 – 559.
16. Sulewski A., Nawrot P., Nowakowski A. Współczesne poglądy dotyczące leczenia neuropatiów uciskowych w obrębie nerwów kończyny górnej. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2008; 6(6); Vol. 10: 626 – 631.
17. Burke F. D., Wilgis E. F.S, Dubin N. H., Bradley M. J., Sinha S. Relationship between the duration and severity of symptoms and the outcome of carpal tunnel surgery. *Journal of Hand Surgery* 2006; 31A: 1478 – 1482.
18. Mallick A., Clarke M., Kershaw C. J. Comparing the outcome of a carpal tunnel decompression at 2 weeks and 6 months. *Journal of Hand Surgery* 2007; 32 A: 1154 - 1158.
19. Reale F., Ginanneschi F., Sicurelli F., Mondelli M. Protocol of outcome evaluation for surgical release of carpal tunnel syndrome. *Neurosurgery* 2003; 53: 343 – 350.
20. Chmielewska D., Skęczek-Urbaniak A., Kubacki J., Błaszk E., Kwaśna K. Skuteczność rehabilitacji zespołu kanału nadgarstka po operacji techniką endoskopową i otwartą. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2013; 15, 5: 417 - 427.
21. Szczeczkowicz J., Pieniążek M., Pelczar – Pieniążek M. Restytucja funkcji ręki i możliwości codziennego funkcjonowania u pacjentów leczonych operacyjnie z powodu zespołu kanału nadgarstka. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2008; 2(6), Vol. 10:152 – 167.
22. Georgiew F., Otfinowska E., Adamczyk T. Testy diagnostyczne stosowane w rozpoznawaniu zespołu kanału nadgarstka. *Rehabilitacja Medyczna* 2008; 13, 3: 24 – 35.
23. Trumble T. E., Diaò E., Abrams R. A., Gilbert – Anderson M. M. Single – portal endoscopic carpal tunnel release compared with open release. *Journal of Bone Joint Surgery* 2002; 84A: 1107 – 1115.
24. Brown R. A. at. all. Carpal tunnel release. A prospective, randomized assessment of open and endoscopic methods. *J. Bone Joint Surg Am.* 1993; 75 A: 1265 - 1275.
25. Wiącek R., Pielska S., Rutowski R., Gosić J., Skiba K., Reicher P. Evaluation of the dynamics of sensory improvement in the hand after surgical treatment of carpal tunnel syndrome. *Neurol Neurochir Pol.* 2007; 41, 6: 517 – 524.
26. Weber R. A., Rude M. J. Clinical outcomes of carpal tunnel release in patients 65 and older. *Journal of Hand Surgery* 2005; 30, 1: 75 – 78.
27. Radwin R. G., Sesto M. E., Zachary S. V. Functional tests to quantify recovery following carpal tunnel release. *J. Bone Joint Surg* 2004; 86, 12: 2614 – 2620.
28. Nishimura A., Ogura T., Hase H., Makinodan A., Hojo T., Katsumi Y., Yagi K., Kubo T. Evaluation of sensory function after median nerve decompression in carpal tunnel syndrome using the current perception threshold test. *J Orthop Sci* 2003; 8: 500 – 504.
29. Bednarski M., Żyluk A., Żyluk B. Ocena ewolucji czucia i dystrybucji parestezji po dekomprezji kanału nadgarstka. *Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska* 2005; 70, 1: 27 – 32.
30. Elwakil T. F., Elazzazi A., Shokeir H. Treatment of carpal tunnel syndrome by low – level laser versus open carpal tunnel release. *Lasers Med. Sci* 2007; 22: 265 – 270.
31. Massy-Westropp N. The effects of normal human variability and hand activity on sensory testing with the full Semmes – Weinstein monofilaments kit. *Journal of Hand Therapy* 2002; 15: 48 – 52.

Liczba słów/Word count: 8708

Tabele/Tables: 9

Rycin/Figures: 0

Piśmiennictwo/References: 31

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Filip Georgiew

Wola Rzędzińska 85, 33-150 Wola Rzędzińska  
tel. kom. +48-504-991-685, e-mail: filip.georgiew@interia.pl

Otrzymano / Received  
Zaakceptowano / Accepted

30.11.2013 r.  
21.08.2014 r.