

# Zastosowania Terapii Wielokrotnego Impulsu w ocenie napięć mięśni przykręgosłupowych u pacjentów z bólami kręgosłupa lędźwiowego

## Multiple Impulse Therapy in the Assessment of Paraspinal Muscle Tone in Patients with Low Back Pain

Robert Haładaj<sup>1,2(A,B,C,D,E,F,G)</sup>, Mirosław Topol<sup>2(A,D,E,F)</sup>

<sup>1</sup> Społeczna Akademia Nauk w Łodzi, Polska

<sup>2</sup> Zakład Anatomii Prawidłowej i Klinicznej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, Polska

<sup>1</sup> Social Academy of Science in Łódź, Poland

<sup>2</sup> Department of Normal and Clinical Anatomy, Medical University in Łódź, Poland

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Dość powszechnie występujące obecnie zjawisko bólów kręgosłupa, stwarza potrzebę poszukiwania nowych metod diagnostycznych i leczniczych w postępowaniu fizjoterapeutycznym, ponieważ współczesne społeczeństwo oczekuje skutecznej, pod względem analgetycznym, terapii w leczeniu zachowawczym. Wśród wielu metod fizykoterapeutycznych, na szczególną uwagę zasługuje terapia Wielokrotnego Impulsu (Multiple Impulse Therapy, MIT). Celem pracy było przedstawienie i analiza wyników badań terapii MIT zastosowanej u pacjentów z bólami kręgosłupa lędźwiowego w odniesieniu do oceny wielkości napięć mięśni przykręgosłupowych i natężenia bólu.

**Materiał i metody.** W badaniach wzięło udział 117 pacjentów (50 kobiet, 67 mężczyzn, średnia wieku 45,3) z chorobą kręgosłupa lędźwiowego, potwierdzoną dokumentacją obrazową. Zostali oni poddani terapii MIT, przeprowadzonej 5-krotnie w okresie 14 dni. Ponadto u wszystkich pacjentów wykonano 2-krotnie, bilateralne badanie wielkości napięć mięśni przykręgosłupowych przed i po terapii, wykorzystując do tego celu powierzchniową elektromiografię urządzeniem Noraxon Myo Trace 400 oraz interaktywną głowicę urządzenia PulStarFRAS. Do oceny natężenia bólu wykorzystano skalę VAS.

**Wyniki.** Ocena istotności różnic między wynikami przed i po leczeniu pokazała, iż nastąpiły istotne zmiany wszystkich badanych parametrów. MIT przed 11,11 lbf po 8,89 lbf; VAS przed 6,04 po 3,38; sEMG przed 9,29  $\mu$ V po 7,51  $\mu$ V. Relacje wyników MIT i sEMG okazały się najsilniejsze.

**Wnioski.** 1. Terapia Wielokrotnego Impulsu MIT jest skuteczną, a jednocześnie nieinwazyjną metodą leczenia bólów kręgosłupa. 2. MIT potwierdzona badaniami sEMG, istotnie zmniejsza napięcie mięśni przykręgosłupowych i jest terapią o dużej skuteczności przeciwbólowej.

**Słowa kluczowe:** Terapia Wielokrotnego Impulsu MIT, elektromiografia powierzchniowa sEMG, bóle kręgosłupa

### SUMMARY

**Background.** Back pain is quite common in contemporary society, whose expectations of an effective analgesic therapy in conservative treatment lead to a necessity of searching for new diagnostic and therapeutic methods in physiotherapy. Out of the numerous physical therapy methods, Multiple Impulse Therapy (MIT) deserves special consideration. This paper aims to present and analyse the outcomes of MIT concerning paraspinal muscle tone and pain intensity in patients with low back pain.

**Material and methods.** The study enrolled 117 patients (50 women and 67 men; average age of 45.3 yrs) with lumbar conditions confirmed by imaging studies. The participants received five MIT sessions within 14 days. Moreover, both before and after the therapy all the patients underwent bilateral assessment of the paraspinal muscle tone by surface electromyography (sEMG) with the Noraxon MyoTrace 400 system and an interactive head of the PulStarFRAS device. A VAS was used for evaluation of pain severity.

**Results.** The analysis of significance of differences between scores before and after treatment showed that all the parameters changed significantly (MIT: 11.11 lbf before and 8.89 lbf after the therapy; VAS: 6.04 before and 3.38 afterwards; sEMG: 9.29  $\mu$ V before and 7.51  $\mu$ V afterwards).

**Conclusions.** 1. Multiple Impulse Therapy (MIT) is an effective and non-invasive method of back pain treatment. 2. MIT significantly reduces paraspinal muscle tone, as confirmed by sEMG results, and shows a strong analgesic effect.

**Key words:** Multiple Impulse Therapy MIT, surface electromyography sEMG, back pain

## WSTĘP

Choroby kręgosłupa stanowią poważny problem zagrażający współczesnym populacjom na całym świecie. Rozwijają się one powoli, mają charakter progresywny i nieodwracalny. Światowa Organizacja Zdrowia WHO choroby kręgosłupa uznała za epidemię naszych czasów. Głównymi objawami są ból w okolicy przykręgosłupowej nasilający się wraz ze wzrostem aktywności fizycznej oraz nadmierne napięcie gorsektu mięśniowego, otaczającego kręgosłup. Do czynników ryzyka można zaliczyć wady postawy zarówno rozwojowe, jak i nabyte urazy narządu ruchu, zaburzenia metaboliczne oraz hormonalne. Nie bez znaczenia jest również rodzaj wykonywanej pracy i czynniki inwolucyjne zachodzące kaskadowo u osób powyżej 40 roku życia [1]. Zarówno różnorodność zmian w obrębie kręgosłupa i zespoły chorobowe, które tym zmianom towarzyszą, są jeszcze nie do końca wyjaśnionym i rozwiązaniem problemem diagnostycznym oraz terapeutycznym. Kontrowersyjne zarówno z punktu widzenia patofizjologii, sposobu leczenia, profilaktyki, a także ze względu na różnorodność współistniejących objawów, choroby te stają się trudnym zagadnieniem medycznym. Określenie takie jak rwa kulszowa, cechuje się silnym bólem, który promieniuje wzdłuż przebiegu nerwu kulszowego z dolnej części kręgosłupa do okolicy pośladków, górnej części uda, łydki i stopy. Rwa jest dolegliwością wtórną, wynikającą z podrażnienia korzeni nerwowych m.in. w wyniku dyskopatii, na skutek uszkodzenia krążków międzykręgowych lub chrząstki stawów międzywyrostkowych bądź w wyniku drażnienia ich przez wyrosła kostne zlokalizowane w sąsiedztwie otworów międzykręgowych [2-4]. Dochodzi wówczas do pogorszenia właściwości biomechanicznych kręgosłupa, sprzyjając tym samym mikrotraumatyzacji aparatu więzadłowo-torebkowego. Miejscowy stan zapalny towarzyszący temu procesowi, wywołuje ból i spazm mięśniowy, ograniczający zakres ruchomości, powodujący „sztywność” [5]. Innymi przyczynami ucisku mogą stać się obrzęki tkanek, znajdujących się blisko splotu nerwowego np. mięśnie, więzadła, ścięgna itp. [4]. Nieustannie prowadzone są badania kliniczne mające na celu poszukiwanie skutecznych metod zwalczania objawów tych schorzeń. Wśród nich na czoło wysuwa się medycyna fizykalna, przyczyniając się do poprawy jakości życia pacjentów podczas wykonywania czynności życia codziennego, dzięki m. in. obniżeniu napięć mięśniowych, łagodzeniu objawów bólowych czy zwiększeniu zakresu ruchomości w stawach kręgosłupa.

Z uwagi na różnorodność zabiegów fizykoterapeutycznych, istnieje problem w ocenie ich skuteczno-

## BACKGROUND

Spinal conditions represent a serious problem for the contemporary population worldwide. Developing slowly, they are progressive and irreversible. The World Health Organisation considers spinal conditions to be the epidemic of the modern times. The main symptoms are back pain that exacerbates with increasing physical activity and excessive tone of paraspinal muscles. Risk factors include both developmental and acquired abnormal postures, injuries to the musculoskeletal system, and metabolic and hormonal disorders. Furthermore, the type of occupational activity and involution, cascading in persons above 40 years of age, also play a role [1]. An optimal approach to the diagnosis and treatment of the diverse spinal abnormalities and accompanying conditions is yet to be conclusively determined and unanimously accepted. This is because the conditions represent a difficult medical issue and there is controversy with regard to their pathophysiology, manner of treatment and prevention as well as due to the diversity of concomitant conditions. Sciatic neuralgia is associated with severe pain radiating along the sciatic nerve from the low back to the buttocks, upper thighs, calves and feet. It is a secondary ailment resulting from irritation of nerve roots, e.g. due to discopathy, damage to intervertebral discs or cartilage in the facet joints or by exostoses in the vicinity of intervertebral foramina [2-4]. In such cases, biomechanical parameters of the spine deteriorate, which facilitates microtraumatisation of the ligamentous and articular system. Local inflammation accompanying this process causes pain and muscular spasm, which limits the range of motion and leads to ‘stiffness’ [5]. The compression may be also caused by oedema of tissues close to the nerve plexus, such as muscles, ligaments, tendons etc. [4]. Research continues to find effective methods of eliminating or reducing the symptoms. Physical medicine is at the forefront in this respect, as it contributes to improvement in the patients’ quality of life during performance of daily activities through e.g. reduction in muscle tone, mitigation of pain or increasing the range of motion in the spinal joints.

The diversity of physical therapy procedures leads to problems with assessing their effectiveness. Moreover, the limited availability of examinations such as CT or MRI for spinal conditions makes it necessary to search for other diagnostic tools. A diagnostic and therapeutic technique referred to as Multiple Impulse Therapy (MIT), used in the PulStarFRAS system, deserves special consideration. It was introduced by American scientists and medical doctors 20 years ago and has since been further developed.

ści. Poza tym ograniczona dostępność do badań TK, MRI w przebiegu chorób kręgosłupa, stwarza potrzebę poszukiwań innych metod diagnostycznych. Na szczególną uwagę zasługuje diagnostyczno-terapeutyczna metoda Wielokrotnego Impulsu (Multiple Impulse Therapy, MIT), zastosowana w urządzeniu PulStarFRAS, stworzona i udoskonalana na przestrzeni ostatnich 20 lat przez naukowców i lekarzy z USA.

### **Cel pracy**

Celem pracy było przedstawienie i analiza wyników badań terapii metodą Wielokrotnego Impulsu (MIT), przy wykorzystaniu urządzenia PulStarFRAS, zastosowanej u pacjentów z bólami kręgosłupa lędźwiowego, potwierdzonymi dokumentacją obrazową, w odniesieniu do oceny wielkości napięć mięśni przykręgosłupowych oraz oceny natężenia bólu.

### **MATERIAŁ I METODY**

W badaniach wzięło udział 117 pacjentów obojga płci (50 kobiet, 67 mężczyzn w wieku od 27 do 64 lat, średnia wieku 45,3) z chorobą kręgosłupa lędźwiowego, potwierdzoną dokumentacją obrazową. Ten przedział wiekowy został ustalony na podstawie obserwacji dolegliwości występujących najczęściej w grupie osób czynnych zawodowo. O włączeniu pacjenta do badań decydowała potwierdzona diagnoza oraz pisemna zgoda pacjenta na uczestniczenie w badaniach i samej terapii. Dodatkowo, warunkiem włączenia pacjenta do badań był brak przeciwwskazań do zabiegów fizykalnych, wskaźnik masy ciała BMI poniżej 30 i dobry ogólny stan zdrowia. Kryteriami wykluczającymi z badań były współistniejące schorzenia, które mogły mieć dodatkowy wpływ na ból, spazm mięśniowy oraz ograniczenie ruchomości kręgosłupa lędźwiowego, a także hipermobilność segmentów ruchomych, ciężka postać osteoporozy, poważne operacje neurochirurgiczne, nowotwory, padaczka i inne współistniejące choroby, mogące wpłynąć na stan pacjenta, interpretację wyników oraz stanowić przeciwwskazanie do zaproponowanego zabiegu. Eksperyment medyczny przeprowadzono w Ośrodku Rehabilitacji i Samodzielnym Szpitalu Wojewódzkim im. M. Kopernikaw Piotrkowie Trybunalskim w okresie 9 miesięcy. Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetyki Społecznej Akademii Nauk w Łodzi nr 214 z dnia 28.02.2015 roku.

Każdemu pacjentowi zaordynowano 5 zabiegów (średnio 2 lub 3 zabiegi tygodniowo), w okresie 14 dni [6]. Ponadto celem uzyskania obiektywizacji badań, u wszystkich chorych wykonano 2-krotnie, bilateralny pomiar wielkości napięć mięśni przykręgosłupowych przed i po terapii, wykorzystując do tego

### **Objective**

This paper aims to present and analyse the outcomes of MIT therapy using the PulStarFRAS system with regard to paraspinal muscle tone and pain intensity in patients with low back pain confirmed by imaging studies.

### **MATERIAL AND METHODS**

The study enrolled 117 patients (50 women and 67 men aged from 27 to 64 years; average age of 45.3 yrs) with lumbar conditions confirmed by imaging studies. The age range was determined based on the observation of the most common complaints among professionally active persons. Inclusion was based on a confirmed diagnosis and the patient's written consent for participation in the study and the treatment. Additionally, inclusion requirements were the absence of contraindications for physical therapy, a BMI below 30 and overall good health. Exclusion criteria included concomitant conditions which could additionally affect pain, muscular spasm and limited mobility in the lumbar spine, hypermobility of motor segments, advanced osteoporosis, serious neurosurgery procedures, neoplasms, epilepsy and other concomitant conditions which could affect the patient's condition and interpretation of results or represented contraindications for the therapy. The medical experiment was carried out in the Centre of Rehabilitation and Copernicus Independent Regional Hospital in Piotrków Trybunalski over 9 months. Consent for the study (No. 214) was obtained from the Bioethics Committee of the Social Academy of Science in Łódź on 28<sup>th</sup> February, 2015.

Each patient received 5 sessions of the therapy (an average of 2 or 3 sessions a week) over 14 days [6]. Moreover, to ensure objectivity of the results, both before and after the therapy all the patients underwent bilateral assessment of paraspinal muscle ton by surface electromyography (sEMG) performed using the NoraxonMyoTrace 400 Plus Pro system and an interactive head of the PulStarFRAS device. A Visual Analogue Scale (VAS) was used for sub-

celu powierzchniową elektromiografię sEMG, urządzenie Noraxon Myo Trace 400 Plus Pro oraz interaktywną głowicę urządzenia PulStarFRAS. Do subiektywnej oceny natężenia odczuwanego bólu przez pacjenta wykorzystano Wizualno-Analogowa Skalę Bólu (VAS). Pacjent własnoręcznie określał odczuwane dolegliwości bólowe w dniu tego badania i zaznaczał je na prostej linii długości 10 cm, tj. od 0 do 10, od braku bólu do bólu najsilniejszego [7]. Ocenę stopnia natężenia odczuwanego bólu u wszystkich badanych, przeprowadzono dwukrotnie, tj. przed rozpoczęciem zaproponowanej terapii, jak i bezpośrednio po jej zakończeniu.

Podstawą diagnostyki MIT była ocena napięcia mięśniowego na poziomie poszczególnych segmentów kręgosłupa, odbieranego przez interaktywną głowicę urządzenia PulStarFRAS, emitującą pojedynczy impuls mechaniczny z siłą 15 funtów-siła (Ibf), tj. 66,7233 N na powierzchnię 1 cala<sup>2</sup> (2,54cm\*2,54 cm = 6,4516 cm<sup>2</sup>). Uzyskana charakterystyczna, jak dla tego rodzaju badania, odpowiedź tkanki, zależna była od napięcia struktur przykręgosłupowych [8]. Wartość siły jaką generowała odbita od tkanki fala, oddziaływała na piezoelektryk głowicy urządzenia i była zależna od rzeczywistego tonusu mięśni. Wyrażona w (Ibf), ukazana była w postaci wykresu, nałożonego na miogramy fizjologicznych napięć mięśni przykręgosłupowych stanowiących komponentę programu komputerowego urządzenia PulStarFRAS [6]. Wykonanie zabiegu natomiast, polegało na wyemitowaniu przez tę samą interaktywną głowicę urządzenia do 150 uderzeń siłą 10-35 Ibf, czyli 44,5- 155,75 N, również na powierzchnię 1 cala<sup>2</sup>, z częstotliwością 2-70 Hz, w okresach T, zależnych od zastosowanego algorytmu, za pomocą końcówki w kształcie widełek, precyzyjnie przyłożonej na poziomie wyrostków poprzecznych kręgów od L<sub>1</sub> do L<sub>5</sub>, w kolejności i z siłą oraz częstotliwością narzuconą przez program tego urządzenia [8].

W celu zarejestrowania bilateralnego sygnału sEMG z mięśni (wartości napięcia spoczynkowego), zastosowano trzy elektrody ze środkiem żelowym o powierzchni 25 cm<sup>2</sup> każda. Dwie z nich, to elektrody czynne, umieszczone wzdłuż włókien mięśnia wielodzielnego, z dala od punktów motorycznych i ścięgien, na przebiegu linii łączącej punkt nad kolcem biodrowym, tylnym górnym, z punktem między wyrostkami kolczystymi kręgów L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, na wysokości wyrostka kolczystego kręgu L<sub>5</sub>, 2-3 cm bocznie od linii pośredkowej, w odległości 2 cm od siebie. Trzecia elektroda, ułożona blisko powierzchni kostnych, możliwie daleko od badanego miejsca, była elektrodą referencyjną. Aplikacja elektrod zaordynowana została zgodnie z koncepcją The European Recommendations

jective assessment of pain by the patient. The patients evaluated the pain experienced on the day of the testing themselves by indicating the pain intensity on a straight line of 10 cm length, i.e. from 0 to 10, from absence of pain to the strongest pain [7]. Evaluation of pain intensity was performed twice by each patient: before the therapy and immediately on completion of the treatment.

MIT diagnosis was based on assessment of muscle tone at the level of individual spinal segments as read by an interactive head of the PulStarFRAS device, which emitted a single mechanical impulse with a force of 15 pounds-force (Ibf), i.e. 66.7233 N for an area of 1 square inch, i.e. (2.54cm\*2.54 cm = 6.4516 cm<sup>2</sup>). The response of the tissue, characteristic for this type of examination, depended on the tone of the paraspinal structures [8]. The value of the force generated by the wave reflected from the tissue was read by the piezoelectric in the device head and depended on the actual tone of the muscles. Expressed as pounds-force (Ibf), it was plotted to a graph superposed over myographs of physiological tones of the paraspinal muscles representing a component of the software for the PulStarFRAS device [6]. An MIT session consisted in the same interactive head of the device emitting up to 150 strikes with a force of 10-35 Ibf, i.e. 44.5- 155.75 N, also for an area of 1 inch<sup>2</sup> at a frequency of 2-70 Hz, in periods T dependent on the algorithm used with a fork-shaped ending placed precisely at the level of the transverse processes of the L<sub>1</sub> to L<sub>5</sub> vertebra, in the sequence and with pressure and frequency dictated by the device software [8].

Three 25 cm<sup>2</sup> electrodes with gel were used to record the bilateral sEMG signal from the muscles (tone value at rest). Two of them were active electrodes placed along the fibres of the multifidus muscle, far from motor points and tendons, along a line connecting a point over the posterior superior iliac spine with a point between the spinous processes of L<sub>1</sub> and L<sub>2</sub>, at the level of the spinous process of L<sub>5</sub>, 2-3 cm laterally from the median line, at a distance of 2 cm from one another. The third electrode, placed close to bone surfaces, as far as possible from the area examined, was a reference electrode. The electrodes were placed in accordance with the European Recommendations for Surface Electromyography (SENIAM) [9]. Before the recording of examination results started, appropriate temperature in the room was ensured (20-22°C). The patient was placed in a prone position on a comfortable bed, in full relaxation following palpable identification and preparation of the skin in the areas where electrodes would be placed. In order to obtain resistance below 10 KΩ between the skin and the electrode, hair was shaved if neces-

for Surface Electromyography (SENIAM) [9]. Przed przystąpieniem do zapisów badań, tak z sEMG, jak i z MIT, uzyskano odpowiednią temperaturę w pomieszczeniu 20-22°C. Pacjenta ułożono w pozycji horyzontalnej, przodem, na wygodnej leżance w pełnym rozluźnieniu, po wcześniejszej, palpacyjnej identyfikacji i przygotowaniu powierzchni skóry w miejscach przyłożenia elektrod. W celu uzyskania rezystencji między skórą a elektrodą poniżej 10 K $\Omega$ , ogolono owłosienie, jeśli było to konieczne, pastą dermobrazyjną usunięto martwy naskórek oraz oczyszczono i odfuszczone powierzchnię skóry alkoholem. Z kolei dla uzyskania dokładniejszych pomiarów sygnału sEMG, usunięto artefakty wycinając częstotliwości poniżej 10-15Hz i powyżej 500-600Hz, a także wyeliminowano częstotliwość sieciową (50Hz) [10,11].

Wszystkie otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej, do której wykorzystano podstawowe statystyki deskryptywne oraz test t-Studenta dla prób zależnych (oceniając uprzednio normalność rozkładu różnic między wynikami obu pomiarów testem Shapiro-Wilka). Oceniając związki między badanymi parametrami, wykorzystano współczynnik korelacji liniowej Pearsona. Prezentując wyniki analiz wykorzystano także wykresy skrzynkowe, histogramy oraz wykresy rozrzutu korelacyjnego. W badaniach przyjęto standardowy poziom istotności  $\alpha = 0,05$ . Obliczenia wykonano korzystając z IBM SPSS Statistics22.0.

## WYNIKI

Przed rozpoczęciem terapii metodą Wielokrotnego Impulsu MIT, u pacjentów zakwalifikowanych do eksperymentu medycznego odnotowano średnią wartość napięcia mięśnia wielodzielnego, mierzoną głowicą urządzenia PulStarFRAS, równą 11,11 Ibf (STD = 1,78), a u połowy pacjentów była ona nie mniejsza niż 11,1 Ibf (Tab. 1). Różnica między najwyższą i najniższą wartością sięgała prawie 10 Ibf (maksymalny poziom tego parametru to 15,1 Ibf), przy czym wyniki były względnie równomierne (zarówno współczynnik skośności, jak i kurtoza nieznacznie tylko różniły się od zera, co wstępnie pozwala wnioskować o zbieżności rozkładu MIT przed leczeniem do rozkładu normalnego. Zauważyć należy, że względnie „ustabilizowany” rozkład utrzymał się również po leczeniu i dotyczył nie tylko wyników z MIT, ale i pozostałych badanych parametrów. Rozkład różnic między wynikami przed i po terapii można uznać za zbieżny do normalnego w przypadku każdego ze wskaźników (w teście Shapiro-Wilka  $p > 0,05$ , Tab. 1). Z perspektywy stosowanych dalej testów statystycznych zauważyć przy tym należy, że dla  $n = 117$  na mocy centralnych twierdzeń granicznych ocenę nor-

sary, dead skin cuticles were removed with a dermo-abrasive paste and the skin was cleansed and degreased with alcohol. To increase the precision of sEMG signal measurement, artefacts were eliminated by truncating frequencies below 10-15Hz and above 500-600Hz and the network frequency (50Hz) was eliminated [10,11].

All the results were included in a statistical analysis using basic descriptive statistics and the t-Student test for dependent samples (after assessment with the Shapiro-Wilk test for normality of differences between the results of both measurements). Assessment of correlations between the parameters used Pearson's coefficient of linear correlation. The results were also presented as box-plots, histograms and scatter plots. The standard threshold of significance ( $\alpha = 0.05$ ) was accepted. Calculations were performed using IBM SPSS Statistics22.0.

## RESULTS

Before Multiple Impulse Therapy, the mean tone of the multifidus muscle in the patients qualified for the study, as measured by PulStarFRAS device head, was 11.11 Ibf (STD = 1.78) being no lower than 11.11 Ibf in half of the patients (Table 1). The difference between the highest and the lowest value was almost 10 Ibf (the maximum value of the parameter was 15.1 Ibf) and the results were distributed quite regularly (both skewness and kurtosis differed insignificantly from 0), which warrants a preliminary conclusion that their distribution approximated a normal distribution. Importantly, the relatively 'stable' distribution was also maintained after the therapy with regard to both MIT values and the other parameters. The distribution of differences between the results before and after treatment may be considered as approximating a normal distribution for all of the indices ( $p > 0.05$  in Shapiro-Wilk test, Table 1). Considering subsequent statistical tests, it should be noted that, with  $n = 117$ , a normality assessment may be omitted on the grounds of the central limit theorem, especially in the context of the relatively low skewness of the distribution of study variables (Table 1).

malności rozkładu można pominąć, zwłaszcza w kontekście stwierdzonej relatywnie niskiej skośności rozkładu analizowanych zmiennych – Tab. 1.

Ocenę bólu na skali VAS można, średnio rzecz biorąc, określić jako górny poziom średniego bólu (średnia rzędu 6,04 pkt, STD = 1,38 pkt, zaś mediana równa 6 pkt), przy czym wśród pacjentów 15% oceniło swój ból jako silny (VAS na poziomie 8-9 pkt). Napięcie spoczynkowe mięśnia wielodzielnego, mierzone elektromiografią powierzchniową sEMG kształtowało się na poziomie średnio 9,29  $\mu$ V (STD = 2,15  $\mu$ V), przy czym połowa pacjentów osiągnęła wartość nie mniejszą niż 9,70  $\mu$ V.

Po wykorzystaniu miorelaksacyjnej i przeciwbólowej terapii MIT u pacjentów z bólami kręgosłupa lędźwiowego, zarówno ocena wielkości napięć mięśni przykręgosłupowych, jak i ocena natężenia bólu znacznie się poprawiła ( $p < 0,0001$ \*\*\* dla każdego z parametrów – Tab. 1). Średni poziom wartości napięć, mierzonych za pomocą MIT zmniejszył się o ok. 20%, osiągając przeciętnie wartość 8,89 Ibf (przy niemalże takiej samej wartości mediany i STD = 1,46 Ibf). Analogiczny jest zakres zmian wyników pomiaru elektromiografii powierzchniowej sEMG (również ok. 20%). Parametr ten zmalał średnio do poziomu 7,51  $\mu$ V (mediana rzędu 7,40  $\mu$ V, STD = 1,59). Najgłębsze zmiany odnotowano w odniesieniu do VAS (spadek o około 40%, do poziomu średnio 3,38 pkt z SDT = 1,41 pkt). Znaczny zakres zmian każde-

The pain intensity on the VAS may be generally described as the upper bound of moderate pain (mean of 6.04 pts, STD = 1.38 pts, and median of 6 pts), with 15% of the patients describing the pain as strong (VAS of 9-8 pts). The tone of the multifidus muscle at rest, measured by surface electromyography (sEMG), was at a mean level of 9.29  $\mu$ V (STD = 2.15  $\mu$ V), with half of the patients scoring no less than 9.70  $\mu$ V.

Following MIT, with its myorelaxant and analgesic properties, the assessment of both paraspinal muscle tone and pain intensity in the patients with low back pain improved considerably ( $p < 0.0001$ \*\*\* for each parameter; Table 1). The mean tone measured by MIT was reduced by ca. 20%, reaching a mean value of 8.89 Ibf (with almost the same value of the median and STD = 1.46 Ibf). Corresponding changes were noted in the results of surface electromyography (also ca. 20%). The value of that parameter dropped to a mean of 7.51  $\mu$ V (median of 7.40  $\mu$ V, STD = 1.59). The most dramatic changes were noted for VAS (a reduction of ca. 40%, to a mean of 3.38 pts with SDT of 1.41 pts). The considerable changes in all the parameters were also confirmed by analysis of data presented in Figure 1. The median (bolded line) diminished visibly following MIT. Maximal values of the parameters among patients also decreased considerably.

It needs to be noted that changes in individual parameters correlated significantly with one another

Tab. 1. Porównanie rozkładu MIT, VAS i sEMG przed i po leczeniu u pacjentów poddanych Terapii metodą Wielokrotnego Impulsu  
Tab. 1. Comparison of MIT, VAS and sEMG distribution before and after the treatment in patients subjected to Multiple Impulse Therapy

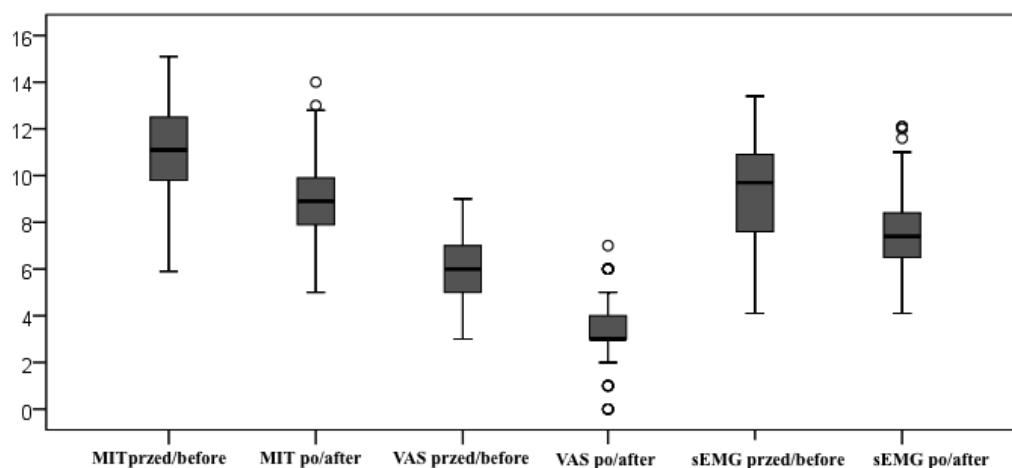
| Wyszczególnienie<br>Parameter                                       | MITVASsEMG      |             |                 |             |                 |             |
|---|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|
|   | przed<br>before | po<br>after | przed<br>before | po<br>after | przed<br>before | po<br>after |
| Minimum<br>Minimum  | 5,9             | 5,0         | 3               | 0           | 4,1             | 4,1         |
| Maksimum<br>Maximum   | 15,1            | 14,0        | 9               | 7           | 13,4            | 12,1        |
| Średnia<br>Mean   | 11,11           | 8,89        | 6,04            | 3,38        | 9,29            | 7,51        |
| Mediana<br>Median   | 11,10           | 8,90        | 6,00            | 3,00        | 9,70            | 7,40        |
| Odchylenie standardowe<br>Standard deviation                        | 1,78            | 1,46        | 1,38            | 1,41        | 2,15            | 1,59        |
| Skośność<br>Skewness  | -0,123          | 0,799       | -0,118          | -0,042      | -0,146          | -0,590      |
| Kurtoza<br>Kurtosis   | -0,461          | 1,507       | -0,471          | -0,171      | -0,650          | -0,711      |
| p w teście Shapiro-Wilka<br>p in Shapiro-Wilk test                  | 0,177           |             | 0,068           |             | 0,122           |             |
| Pw teście t dla prób zależnych<br>P in t-test for dependent samples | <0,00001***     |             | <0,00001***     |             | <0,00001***     |             |

\*\*\* – różnice istotne statystycznie

\*\*\* – statistically significant differences

Źródło: własne obliczenia.

Source: own calculations



Ryc. 1. Porównanie pozycyjnych parametrów rozkładu MIT, VAS i sEMG przez i po leczeniu metodą MIT

Fig. 1. Comparison of MIT, VAS and sEMG positional parameters distribution before and after MIT

go z badanych parametrów potwierdza również analiza danych zaprezentowanych na Ryc. 1. Mediana wyrażona pogrubioną linią wyraźnie zmalała w wyniku zastosowania leczenia metodą MIT. Znacznie obniżyły się również maksymalne, osiągnięte przez pacjentów wartości tych parametrów.

Zaznaczyć należy, że zakres zmian poszczególnych parametrów pozostawał w istotnym związku ( $p < 0,0001^{***}$ ), tzn. zmiany zarejestrowane przy pomocy MIT były istotnie powiązane ze zmianami napięcia mięśni rejestrowanych z sEMG i oceną bólu na skali VAS. Korelacja ta jest przy tym, zgodnie z oczekiwaniami, dodatnia, tzn. zakres spadku poziomu napięcia mięśni (mierzone MIT i sEMG) był tym większy, im bardziej zmniejszał się ból (mierzony skalą VAS). Analogicznie wnioski dotyczyły spadku innych z badanych parametrów względem pozostałych (sEMG względem MIT i VAS oraz VAS względem MIT i sEMG). Silniejszy związek zaobserwowano przy tym między wynikami MIT i sEMG ( $r = 0,908$ ), aczkolwiek również zależność między MIT

( $p < 0,0001^{***}$ ), i.e. changes recorded using MIT correlated significantly with changes in muscle tone recorded by sEMG and VAS pain scores. As expected, the correlation was positive, i.e. greater reductions in muscle tone (measured by MIT and sEMG) were noted in patients with greater decreases in pain intensity evaluated using a VAS. The same conclusions may be drawn for the other study variables (sEMG vs. MIT and VAS; VAS vs. MIT and sEMG). A stronger correlation was noted between MIT and sEMG results ( $r = 0.908$ ), although the relation between MIT and VAS was also quite considerable ( $r = 0.513$ ). The correlation between changes in sEMG and VAS results was relatively the weakest (although also significant; Table 2). The correlation was positive in all the cases so more marked improvement in one parameter meant greater changes in another.

The above was also confirmed by the results presented in a scatter plot in Figure 2. The concentration of points along the diagonal is much stronger for the relationship between MIT and sEMG.

Tab. 2. Ocena korelacji między zmianami poszczególnych parametrów

Tab. 2. Assessment of correlations between the changes of individual parameters

|                |   | MIT zmiana<br>Change of MIT | VAS zmiana<br>Change of VAS | sEMG zmiana<br>Change of sEMG |
|----------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| MIT zmiana     | r | 1                           | 0,513                       | 0,908                         |
| Change of MIT  | p | <0,00001***                 | <0,00001***                 |                               |
| VAS zmiana     | r | 0,513                       | 1                           | 0,395                         |
| Change of VAS  | p | <0,00001***                 |                             | <0,00001***                   |
| sEMG zmiana    | r | 0,908                       | 0,395                       | 1                             |
| Change of sEMG | p | <0,00001***                 | <0,00001***                 |                               |

$r$  – współczynnik korelacji liniowej Pearsona,  $p$  – prawdopodobieństwo w teście t istotności współczynnika korelacji;

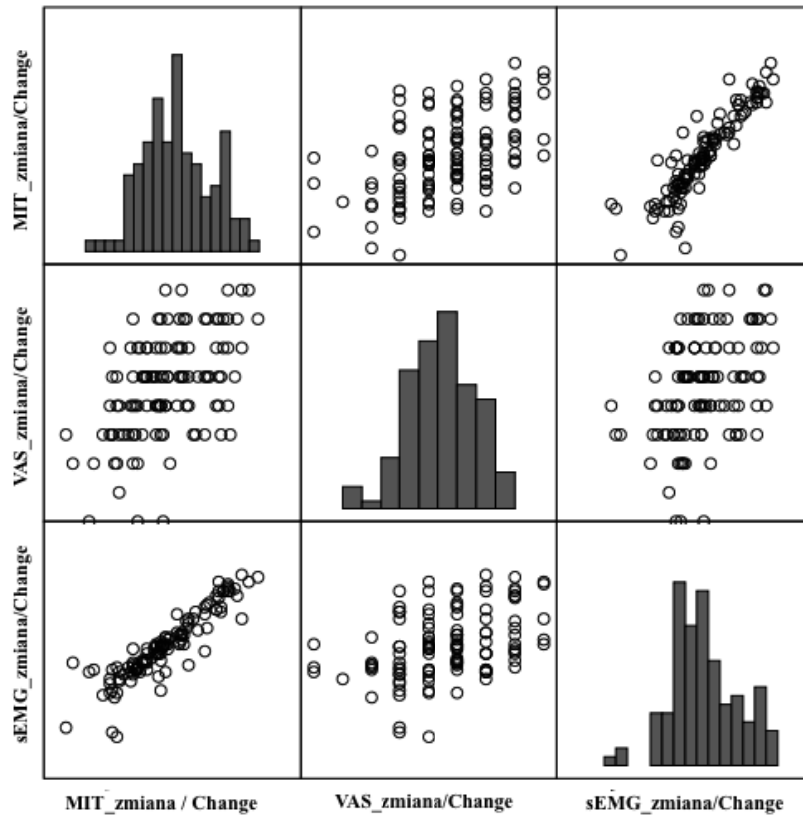
\*\*\* - zależność istotna statystycznie.

$r$  – Pearson's linear correlation coefficient,  $p$  – probability of correlation coefficient significance in t-test;

\*\*\* - statistically significant correlation

Źródło: własne obliczenia.

Source: own calculations.



Ryc. 2. Porównanie pozycyjnych parametrów rozkładu MIT, VAS i sEMG przez i po leczeniu metodą MIT  
 Fig. 2. Comparison of MIT, VAS and sEMG positional parameters distribution before and after MIT

i VAS jest dość silna ( $r = 0,513$ ). Relatywnie najslabsza (choć również istotna) jest relacja między zakresem zmian sEMG i VAS (Tab. 2). W każdym przypadku korelacja ta jest dodatnia, a więc im w większym stopniu nastąpiła poprawa jednego parametru, tym większe były zmiany innego.

Potwierdziły to również wyniki zaprezentowane na wykresie rozrzutu (Ryc. 2). Punkty są znacznie silniej skoncentrowane wokół przekątnej w przypadku relacji między MIT i sEMG.

## DYSKUSJA

Dolegliwości bólowe kręgosłupa stanowią istotny problem społeczny, kliniczny, a także ekonomiczny, ponieważ występują najczęściej u osób w okresie czynnym zawodowo [12]. Na podstawie obserwacji i badań własnych, średnia wieku pacjentów uskarżających się na dolegliwości kręgosłupa lędźwiowego wyniosła 45,3 lat. Zdaniem niektórych autorów kobiety częściej cierpią z powodu bólu kręgosłupa szyjnego (7%), w porównaniu z mężczyznami (5%). A biorąc pod uwagę kręgosłup lędźwiowy, jest odwrotnie. W badaniach własnych liczba chorych kobiet (50), poddanych terapii, była niższa od liczby leczonych

## DISCUSSION

Back pain is an important social, medical and also economic problem, as it is most frequent in professionally active people [12]. Our experience and the present study suggest that the average age of patients suffering from low back pain was 45.3 years. According to some authors, women suffer from pain in the cervical spine more frequently (7%) than men (5%). As for the lumbar spine, the reverse is true. In our study, the number of women (50) receiving the therapy was lower than the number of male patients (67), which confirms observations of other authors concerning the lumbar spine. Moreover, intensive indus-



mężczyzn (67), co potwierdza obserwację innych autorów w odniesieniu do kręgosłupa lędźwiowego. Ponadto intensywna industrializacja, siedzący, wygodny tryb życia pociąga za sobą szereg negatywnych zmian wpływających na powstawanie całego szeregu schorzeń kręgosłupa. Z uwagi na coraz większą liczbę osób cierpiących na tego typu schorzenie, stosuje się programy terapeutyczne mające na celu zmniejszenie bólu oraz poprawę skuteczności miorelaksacyjnej mięśni kręgosłupa. W badaniach własnych, zastosowano program leczenia wykorzystujący terapię Wielokrotnego Impulsu MIT. Wykazała ona korzystne, na statystycznie istotnym poziomie, działanie w odniesieniu do obniżenia dolegliwości bólowych i zmniejszenia napięcia mięśni. Pingot i wsp. w swojej pracy wykazali skuteczność przeciwbólową terapii Wielokrotnego Impulsu MIT u 55 chorych (30 kobiet, 25 mężczyzn) z zespołami bólowymi kręgosłupa w przebiegu choroby zwyrodnieniowej i konfliktu krążkowo-korzeniowego dolnej części kręgosłupa [13]. Wykorzystując urządzenie PulStarFRAS, wykonali od 2-5 zabiegów (średnio 2 zabiegi tygodniowo), oceniając skuteczność przeciwbólową za pomocą Wizualno-Analogowej Skali VAS oraz subiektywnej skali Laitinena. Podobną pracę Pingot i wsp. przeprowadzili na 145 pacjentach, również z zespołami bólowymi kręgosłupa. Wykorzystując te same narzędzia badawcze co poprzednio, tzn. VAS i Laitinen, dowiedli, iż MIT jest metodą terapeutyczną o dużej skuteczności przeciwbólowej u pacjentów z chorobami zwyrodnieniowymi kręgosłupa [14].

Jest to zgodne z badaniami własnymi, gdyż pokazują one, iż u chorych poddanych terapii metodą Wielokrotnego Impulsu MIT dolegliwości bólowe według Wizualno-Analogowej skali VAS ustąpiły średnio z 6,04 przed terapią, do 3,38 po terapii, przy STD = odpowiednio 1,38; 1,41. Evans zastosował również MIT w terapii układu mięśniowo-szkieletowego kręgosłupa i stawów obwodowych [15]. Stosując zgołą odmienną metodykę zabiegu polegającą na zastosowaniu słabszego bodźca mechanicznego o wyższej częstotliwości dowiódł, iż od razu po pierwszej wizycie dolegliwości bólowe znacznie ustąpiły u 41% pacjentów, a w okresie między pierwszą a drugą wizytą efekt analgetyczny pojawił się u 70% chorych. Biorąc pod uwagę średnią, Evans udowodnił na podstawie VAS obniżenie dolegliwości bólowych o 58% u wszystkich pacjentów poddanych terapii już po średnio 4,2 wizytach, a uzyskane efekty utrzymywały się od 17 do 26 dni w części szyjnej kręgosłupa oraz od 9 do 16 dni w kręgosłupie lędźwiowym. Podobne efekty terapeutyczne opisuje w swej pracy Collins, który 249 pacjentów z dolegliwościami dol-

trialisation and a comfortable sedentary lifestyle lead to a number of negative changes promoting development of numerous spinal conditions. In view of the increasing number of back pain sufferers, therapeutic programmes are implemented to reduce pain and improve the myorelaxant effect on spinal muscles. In our study, the therapeutic programme used Multiple Impulse Therapy, which showed a significant beneficial effect of reducing pain and muscle tone. Pingot et al. showed an analgesic effect of Multiple Impulse Therapy in 55 patients (30 women and 25 men) with back pain associated with degeneration and disc-radicular conflict in the lower back [13]. Using a PulStarFRAS device, they performed from 2 to 5 sessions (on average 2 sessions a week) and assessed the analgesic effectiveness of the therapy with a VAS and Laitinen's subjective scale. Pingot et al. also conducted a similar study involving 145 patients with back pain syndromes. Using the same tools as in their previous study, i.e. VAS and Laitinen scale, they proved that MIT was a therapeutic method of high analgesic effectiveness in patients with spinal osteoarthritis [14].

The above is consistent with the results of the present study, which showed that in patients receiving MIT pain was reduced from an average of 6.04 before the therapy to 3.38 after the treatment according to VAS, with SD of 1.38 and 1.41 respectively. Evans also used MIT for therapy of the musculoskeletal apparatus of the spine and peripheral joints [15]. Employing a different method consisting in the application of a weaker mechanical stimulus at a higher frequency, he showed that pain was considerably reduced in 41% of patients immediately after the first session and an analgesic effect between the first and second session was noted in 70% of the participants. Analysing mean values, Evans revealed mitigation of pain on the VAS by 58% in all patients as early as after an average of 4.2 sessions and the effect persisted for 17 to 26 days in the cervical spine and for 9 to 16 days in the lumbar spine. Similar therapeutic outcomes have been described by Collins, who offered therapy using a PulStarFRAS device to 249 patients with low back pain and chronic pain in the back of the neck [6]. He performed a total of 8 sessions per patient and demonstrated the positive effect of MIT on the musculoskeletal system, obtaining myorelaxation and a significant reduction in pain. Moreover, he performed an analysis of variance to assess the influence of co-variables such as age, gender and BMI. In the present study, MIT examination using a PulStarFRAS device, confirmed by an objective electromyographic assessment (sEMG), served to analyse the values of the tone of the multifidus muscle at rest in line with the European Recommen-

nej części pleców oraz przewlekłym bólem karku, poddał terapii z wykorzystaniem urządzenia PulStar FRAS [6]. Wykonując łącznie 8 zabiegów, dowiódł skuteczności terapii Wielokrotnego Impulsu na układ mięśniowo-szkieletowy, uzyskując efekt miorelaksacji i istotnie obniżając dolegliwości bólowe. Ponadto przeprowadził analizę wariancji do oceny wpływu współzmiennych takich jak wiek, płeć, wskaźnik masy ciała (BMI). W badaniach własnych również na podstawie analiz MITz wykorzystaniem urządzenia PulStarFRAS, potwierdzonych obiektywną analizą elektromiograficzną sEMG, przeanalizowano wartości napięć spoczynkowych mięśnia wielodzielnego, zgodnie z koncepcją SENIAM (The European Recommendations for Surface Electromyography), które wyniosły średnio: dla sEMG 9,29  $\mu\text{V}$ , co odpowiadało wartości MIT równej 11,11 lbf przed terapią, a po terapii kształtowały się na poziomie sEMG 7,51  $\mu\text{V}$ , co odpowiadało wartości MIT 8,89 lbf przy STD =odpowiednio sEMG 2,15 do 1,59; MIT 1,78 do 1,46. Potwierdza to wyniki badań Collinsa, dotyczące efektu miorelaksacyjnego terapii MIT [10]. Biorąc pod uwagę wartości procentowe efektu analgetycznego, badania własne sugerują redukcję dolegliwości bólowych średnio o 40%, co mocno koreluje z wynikami Evansa, u którego odnotowano jeszcze spektakularniejsze osłabienie bólu o 58% [15].

Pullman i wsp. donoszą, iż oprócz faktu, że w 95% badanych przypadków potwierdzonego uszkodzenia motoneuronu, elektromiografia powierzchniowa sEMG okazała się być skuteczną metodą detekcji fascykulacji, to na dodatek jest ona wiarygodnym sposobem udowadniającym różnice w wartościach spoczynkowych napięć elektrycznych mięśni po zadziałaniu na nie bodźcem zewnętrznym [16]. Do analogicznych wniosków doprowadziły badania własne, których średnia wartość napięcia spoczynkowego, mierzona za pomocą elektromiografii powierzchniowej, obniżyła się o około 20% z wartości 9,29  $\mu\text{V}$  przed, do 7,51  $\mu\text{V}$  po zadziałaniu bodźca zewnętrznego w postaci rezonowanej fali mechanicznej, wygenerowanej przez głowicę urządzenia PulStarFRAS. Podobne spostrzeżenia sygnalizował Drost i wsp. w odniesieniu do czynności spoczynkowych mięśni, rejestrowanych za pomocą elektromiografii powierzchniowej, twierdząc że jest ona dobrym narzędziem monitorującym [17]. W literaturze przedmiotu nie odnotowano badań analizujących i porównujących spoczynkowe napięcia mięśni przykręgosłupowych, z wykorzystaniem równoległe dwóch metod diagnostycznych, tj. terapii metodą Wielokrotnego Impulsu MIT i elektromiografii powierzchniowej sEMG. Badania własne wykazały, iż na podstawie statystycznej

dations for Surface Electromyography (SENIAM), which averaged 9.29 $\mu\text{V}$  for sEMG, corresponding to an MIT value of 11.11 lbf, before the therapy and 7.51 $\mu\text{V}$  according to sEMG after the therapy, which corresponded to an MIT value of 8.89 lbf, with STD falling from 2.15 to 1.59 for sEMG and from 1.78 to 1.46 for MIT. This confirms the results of Collins' study concerning the myorelaxant effect of MIT [10]. Taking into account the percentage values of the analgesic effect, the present study showed a mean reduction in pain of 40%, which strongly correlates with Evans' results, who recorded even more dramatic mitigation of pain, by 58% [15].

Pullman et al. report that sEMG not only proved to be an effective method for detecting fasciculation in 95% of cases of confirmed motoneuron injury but that it is also a reliable method for demonstration of differences in resting muscle voltage following an external stimulus [16]. Similar conclusions can be drawn from the present study, where the average resting value measured with surface electromyography was reduced by ca. 20%, from 9.29  $\mu\text{V}$  to 7.51  $\mu\text{V}$  after an external stimulus in the form of a resonated mechanical wave generated by the head of the PulStarFRAS device. Congruent findings have been presented by Drost et al. with regard to resting activity of muscles recorded using surface electromyography. Drost concluded that it is a good follow-up tool [17]. A review of the relevant literature did not show studies analysing and comparing resting tone of paraspinal muscles using two diagnostic methods, i.e. MIT and sEMG. The present study has shown, based on scatter analysis of individual parameters and their relationships, that there is a strong correlation between the results of the two diagnostic methods.

Detailed analysis of the literature in combination with the results of the present study confirms that Multiple Impulse Therapy is an effective method in conservative treatment of low back pain and that shows a beneficial effect on reducing the tone of paraspinal muscles.

oceny rozrzutu poszczególnych parametrów i ich wzajemnych relacji, istnieje silna zależność między wynikami badań tych dwóch metod diagnostycznych.

Szczegółowe zbadanie piśmiennictwa, a także wyniki badań własnych potwierdzają, iż terapia Wielokrotnego Impulsu MIT, jest skuteczną formą zachowawczego leczenia bólów kręgosłupa lędźwiowego i wpływa korzystnie na zmniejszenie napięcia mięśni przykręgosłupowych.

## WNIOSKI

1. Terapia Wielokrotnego Impulsu MIT jest skuteczną, a jednocześnie nieinwazyjną, metodą leczenia bólów kręgosłupa lędźwiowego.
2. MIT potwierdzona badaniami sEMG, istotnie zmniejsza napięcie mięśni przykręgosłupowych i jest terapią o dużej skuteczności przeciwbólowej.

## CONCLUSIONS

1. Multiple Impulse Therapy (MIT) is an effective and non-invasive method of back pain treatment.
2. MIT significantly reduces paraspinal muscle tone, as confirmed by sEMG results, and shows a strong analgesic effect.

## PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Talaga S, Magiera Z, Kowalczyk B, Lubińska-Żądło B. Problemy pacjentów z chorobą zwyrodnieniową kręgosłupa a Jakość ich życia. *Ortop Traumatol Rehabil* 2014; 6: 617-27.
2. Bhangle SD, Sapru S, Panish RS. Back Pain Made Simple: An Approach Based on Principles Evidence. *Cleve Clin J Med* 2009; 76(7): 393-9.
3. Leininger B, Bronfort G, Evans R, Reiter T. Spinal manipulation or mobilization for radiculopathy a systematic review. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2011; 22(1): 105-25.
4. Haładaj R, Pingot M, Polgaj M, Wyśiadecki G, Topol M. Anthropometric Study of the Piriformis Muscle and Sciatic nerve: A Morphological Analysis in a Polish Population. *Med Sci Monit* 2015; 21: 3760-8.
5. Styczyński T. Zmiany zwyrodnieniowe kręgosłupa a leczenie i problem społeczny. *Postępy Nauk Medycznych* 2010; 6: 474-82.
6. Collins D, Evans J, Grundy R. The efficiency of multiple impulse therapy for musculoskeletal complaints. *J Manipulative Physiol Ther* 2006; 29: 162. e1-e9.
7. Thomee R, Grimby G, Wright BD, et al. Rasch analysis of Visual Analog Scale measurements before and af treatment of Patellofemoral Pain Syndrome in women. *Scand J Rehabil Med* 1995; 27 (3): 145-51.
8. Pingot M, Łabęcka M, Pingot J, Wolańska- Okońska M. Wpływ terapii wielokrotnego impulsu na poprawę codziennego funkcjonowania osób w wieku 55-65 lat z zespołami bólowymi dolnej części kręgosłupa. *Kwart Ortop* 2013; 1: 21-9.
9. Peter K. Praktyczne Wprowadzenie do elektromiografii klinicznej. Gliwice: Copyright by Technomex; 2007. p. 19-20.
10. Kopeć J. Zasada działania aparatury elektromiograficznej. *Metody rejestracji i analizy sygnałów EMG, Neurofizjologia kliniczna, tom 1. Medycyna Praktyczna* 2008; 55-69.
11. Lange F, van Weerden T, van der Hoeven J. A new surface electromyography analysis method to determine spread of muscle fiber conduction velocities. *J Appl. Physiol* 2002; 93: 759-64.
12. Łukawski S, Milecki M. Bóle kręgosłupa szyjnego na tle choroby dyskowej i zmian zwyrodnieniowych z uwzględnieniem zmian pourazowych. *Ortop Traumatol Rehabil* 2000; 1: 38-43.
13. Pingot J, Olszewski J. Ocena skuteczności przeciwbólowej terapii wielokrotnego impulsu w zespołach bólowych kręgosłupa. *Kwart Ortop* 2008; 1(1): 57-64.
14. Pingot M, Czernicki J, Łabęcka M, Pongot J. Ocena terapii przeciwbólowej metodą wielokrotnego impulsu w zespołach bólowych kręgosłupa. *Acta Balneologica* 2010; 1(119): 4-9.
15. Evans JM, Collins DL, Grundy RH. Pilot stury of patient response to multiple impulse therapy for musculoskeletal complaints. *J Manipulative Physiol Ther* 2006; 51: 1-7.
16. Pullman SL, Goodin DS, Marquinez AI, Tabbal S, Rubin M. Clinical utility of surface EMG, Report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American Academy of Neurology. *American Academy of Neurology* 2000; 55: 171-7.
17. Drost G, Kleine BU, Stegeman DF, van Engelen BG, Zwarts MJ. Fasciculation potentials in high-density surface EMG. *J. Clin. Neurophysiol* 2007; 24(3): 301-7.

Liczba słów/Word count: 4256

Tabele/Tables: 2

Ryciny/Figures: 2

Piśmiennictwo/References: 17

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Robert Haladaj

Ośrodek Leczenia Bólów i Dysfunkcji Kręgosłupa, Rehabilitacja

ul. Śląska 9, 97- 300 Piotrków Trybunalski, tel. 601 293 403, e-mail: robert\_haladaj@op.pl

Otrzymano / Received

04.05.2016 r.

Zaakceptowano / Accepted

26.09.2016 r.