

Ocena efektów krótkoterminowych techniki energii mięśniowej – poizometrycznej relaksacji na aktywność bioelektryczną i elastyczność mięśnia prostego uda – pilotażowe badanie randomizowane

Evaluation of short-term effects of muscle energy technique – post-isometric relaxation on bioelectrical activity and flexibility of rectus femoris muscle – randomized pilot study

Lucyna Słupska¹, Kuba Ptaszkowski², Robert Dymarek³,
Kamil Zwierzchowski⁴, Piotr Tkocz⁴, Tomasz Matusz⁴, Tomasz Halski⁴

¹Zakład Rehabilitacji w Dysfunkcjach Narządu Ruchu, Katedra Fizjoterapii, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu

²Zakład Położnictwa, Katedra Ginekologii i Położnictwa, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu

³Zakład Chorób Układu Nerwowego, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu

⁴Instytut Fizjoterapii, Państwowa Medyczna Wyższa Szkoła Zawodowa w Opolu

STRESZCZENIE

Wstęp: Celem pracy była obiektywna ocena wpływu techniki poizometrycznej relaksacji mięśni na aktywność bioelektryczną oraz elastyczność mięśnia prostego uda u osób ograniczonym zakresem ruchomości stawu kolanowego.

Materiał i metody: Do badań zakwalifikowano 30 osób z ograniczonym zakresem ruchu zgięcia w stawie kolanowym oraz uczuciem rozciągania w przedniej części uda. Badanych randomizowano do trzech grup porównawczych. We wszystkich grupach wykonano technikę poizometrycznej relaksacji. W grupie I zastosowano 5-sekundową fazę izometryczną, w grupie II 10-sekundową, natomiast w grupie III czas napięcia izometrycznego wyniósł 15 sekund. Dokonano pomiaru zakresu ruchomości, oceny aktywności bioelektrycznej mięśnia prostego uda oraz test pięta-pośladek.

Wyniki: Po serii 10 sesji poizometrycznej relaksacji odnotowano istotne zwiększenie zakresu ruchomości stawu kolanowego o 17,1% w grupie I ($p=0,0051$), 17,2% w grupie II ($p=0,0050$), 18% w grupie III ($p=0,0048$). Zaobserwowano istotne zmniejszenie odległości w teście pięta-pośladek w grupie I o 21,5% ($p=0,0117$), w grupie II o 22,5% ($p=0,0051$) i w grupie III o 19,8% ($p=0,0140$). Ponadto, spoczynkowa aktywność bioelektryczna mięśnia prostego uda uległa istotnemu spadkowi, w grupie I o 56,3% ($p=0,0094$), w grupie II o 52,4% ($p=0,0152$), w grupie III o 48,2% ($p=0,0144$). W porównaniu bezpośrednim między grupami nie zaobserwowano istotnie statystycznych różnic ($p=0,05$).

Wnioski: Obiektywna ocena skuteczności PIR pozwoliła potwierdzić terapeutyczne działanie tej metody w walce z czynnościowym ograniczeniem ruchomości niezależnie od stosowanego czasu skurczu izometrycznego.

Słowa kluczowe: techniki energii mięśniowej, poizometryczna relaksacja mięśni, elektromiografia powierzchniowa, elastyczność mięśnia

SUMMARY

Introduction: The aim of this study was an objective evaluation of the influence of muscle energy technique – post-isometric relaxation on bioelectrical activity and flexibility of rectus femoris muscle in individuals with restricted range of motion of the knee joint.

Material and methods: 30 individuals with restricted range of motion of the knee joint and feeling of discomfort on the anterior side of the knee were randomized into the experiment. In all groups post-isometric relaxation technique was performed. In the 1st group 5-second isometric phase was applied, in the 2nd group 10-second and in the 3rd group 15 seconds of isometric contraction was used. The measurements of range of motion, bioelectrical activity and Ely's test were performed.

Results: After 10 series of post-isometric relaxation a significant increase of range of motion of knee joint was noted (in the 1st group by 17.1%, $p=0.0051$, by 17.2% in the 2nd group, $p=0.0050$, by 18% in the 3rd group, $p=0.0048$). A statistical significance in Ely's test was also observed (1st group by 21.5%, $p=0.0117$, 2nd by 22.5%, $p=0.0051$ and 3rd by 19.8%, $p=0.0140$). Furthermore a resting bioelectrical activity decreased significantly (in the 1st group by 56.3%, $p=0.0094$, 2nd by 52.4%, $p=0.0152$, 3rd by 48.2%, $p=0.0144$). There was no statistically significant differences in direct comparison between groups.

Conclusions: An objective evaluation of post-isometric relaxation enabled to confirm its therapeutic impact on restricted functional range of motion regardless of the duration of isometric phase.

Key words: muscle energy techniques, post-isometric muscle relaxation, surface electromyography, muscles' elasticity

Acta Balneol., TOM LVI, Nr 2 (136)/2014, s. 88-93

WSTĘP

Techniki energii mięśniowej (TEM) są zespołem metod wykorzystywanych w ortopedii, fizjoterapii, osteopatii, czy w treningu sportowym w celu zwalczania różnego rodzaju dysfunkcji w obrębie tkanek miękkich. Jednym z głównych celów TEM jest obniżenie tonusu mięśniowego nadmiernie napiętych mięśni oraz ich rozciągnięcie [1, 2, 3, 4, 5]. Z punktu widzenia terminologii pod pojęciem TEM, między innymi rozumiemy poizometryczną relaksację mięśni (PIR). PIR bazuje na aktywnej pracy pacjenta oraz terapeuty, który wywiera optymalny opór, w rezultacie prowadząc do wywołania mechanizmów odruchowych. Efektem tej techniki jest zmniejszone napięcie w obrębie mięśnia (lub grupy mięśni) [3, 4, 5, 6, 7], a ponadto zwiększenie tolerancji mięśnia na rozciąganie, co wobec często przyjmowanego poglądu jest następstwem pobudzenia narządów ścięgnistych Golgiego w wyniku napięcia izometrycznego [1-3, 5, 6, 8-10].

Oprócz efektów w postaci zwiększenia zakresu ruchomości, obserwuje się również okres zmniejszonej aktywności EMG mięśni poddanych interwencji. Czas trwania efektu rozluźnienia, według różnych autorów, może wynosić około 10-30 sekund, co również może mieć związek z łatwiejszym rozciągnięciem tkanek [5, 11, 12]. Jednakże w literaturze fachowej ciągle brak jest dostatecznej ilości badań dowodzących zmniejszenie aktywności bioelektrycznej hipertonicznych mięśni po zastosowaniu TEM.

W metodyce wykonywania PIR należy uwzględnić elementy stałe, takie jak początkowe odnalezienie bariery oporu tkankowego, dawkowanie niewielkiego oporu przez terapeutę (faza izometryczna), rozluźnienie i wyszukanie nowej pozycji końcowej (rozciąganie). Natomiast sposób realizacji tej techniki może różnić się między innymi stopniem napięcia izometrycznego, liczbą faz napięć i rozluźnień, czasem trwania oporu manualnego, czy długością przerwy między kolejnymi seriami [3-6, 13, 14].

W opracowaniach naukowych przedstawiane są różne poglądy metodyczne dotyczące czasu napięcia izometrycznego stosowanego w PIR. Mitchel i Greenman [2] zalecają zastosowanie 3-7 sekund napięcia, Ballantyne [7] 5 sekund, 7 sekund Lewitt [3], natomiast Ferber [15] stosował nawet

20 sekundowe fazy izometryczne. Rozbieżności metodologiczne PIR stały się podstawą założeń niniejszej pracy, której celem jest określenie zależności pomiędzy czasem trwania fazy napięcia izometrycznego, a efektywnością opisywanej techniki energizacji mięśni.

MATERIAŁ I METODY

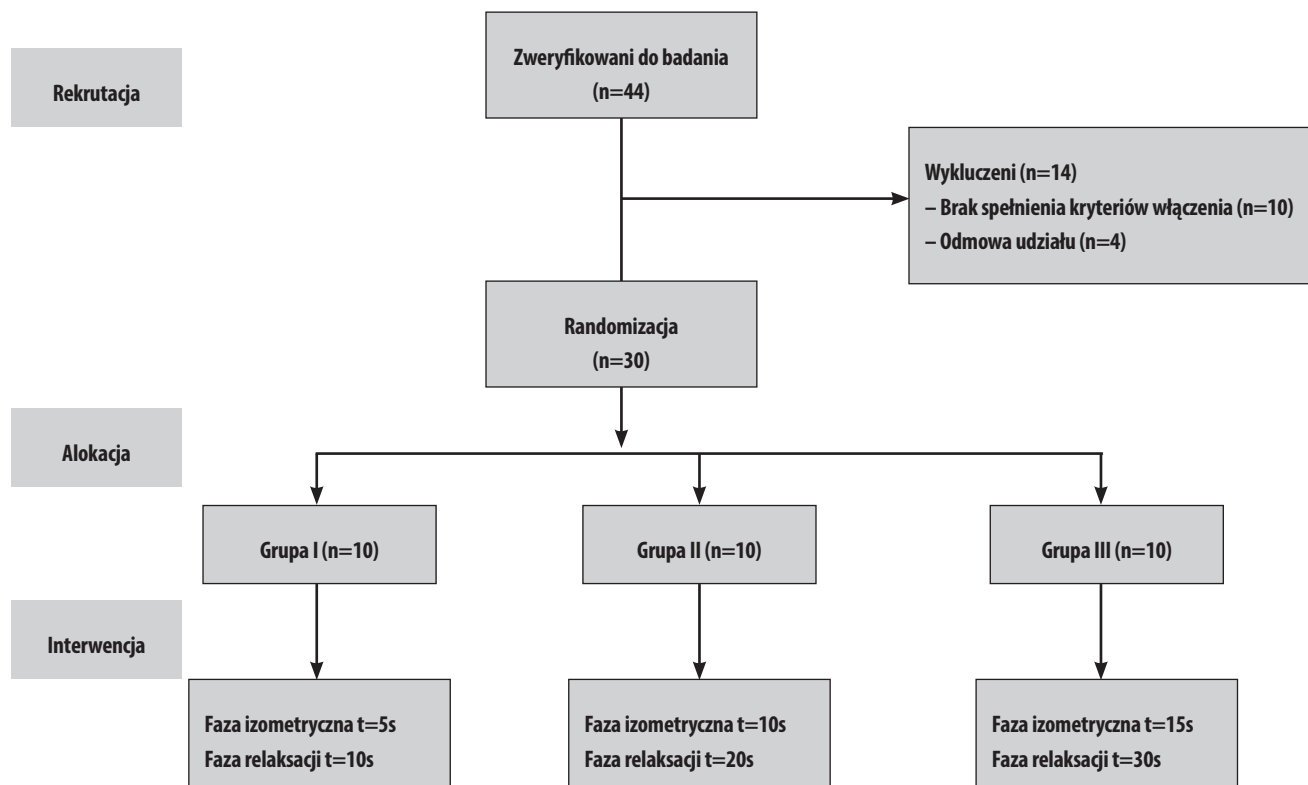
Kwalifikacja uczestników

Do badań przystąpiły 44 osoby, spośród których na podstawie kryteriów włączenia i wykluczenia zakwalifikowano 30 (21 kobiet, 9 mężczyzn, średni wiek – 22,2 lat). Wszyscy uczestnicy spełniający kryteria włączenia byli osobami zdrowymi, które w wywiadzie nie zgłaszały wcześniejszych urazów w obrębie stawu kolanowego i biodrowego. Czynnikiem kwalifikującym była zmniejszona elastyczność mięśnia prostego uda, wyrażona ograniczonym biernym zakresem ruchomości stawu kolanowego w badaniu goniometrycznym (mierzonym w stopniach). Średni zakres ruchomości w grupie I wynosił 113,5°, w grupie II 115,5°, natomiast w grupie III 112,5°. Jako fizjologiczna norma czynnego ruchu zgięcia w stawie kolanowym określona została wartość 120°, przy jednoczesnym braku subiektywnego odczucia w postaci rozciągania w przedniej części uda podczas testu pięta – pośladek. Przebieg uczestników w badaniu przedstawia rycina 1.

Wykonywane pomiary

Każdy z uczestników tuż przed przystąpieniem do badań został poddany ocenie obejmującej pomiar goniometryczny zakresu ruchomości stawu kolanowego, badanie manualne elastyczności (test pięta-pośladek) oraz pomiar spoczynkowej aktywności bioelektrycznej mięśnia prostego uda.

Pomiary zakresu ruchomości wykonywano w pozycji leżenia przodem, z wyprostowanymi kończynami dolnymi. Punkt przyłożenia goniometru znajdował się na wysokości nadkłykcia bocznego kości udowej, ramię nieruchome przebiegało wzdłuż osi długiej uda, natomiast ramię ruchome wzdłuż osi długiej podudzia.



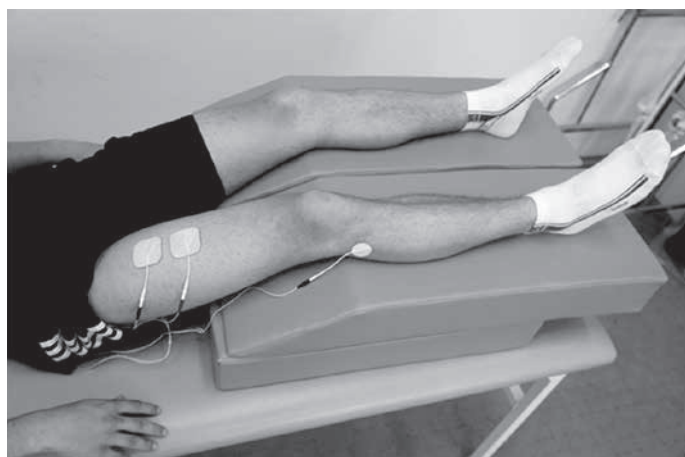
Rycina 1. Przepływ uczestników badania.

Do oceny elastyczności mięśnia prostego uda wykorzystano test „pięta-pośladek”, który przeprowadzano w pozycji analogicznej do opisanej powyżej. Osobom badanym wykonano bierny ruch maksymalnego zgięcia w stawie kolanowym. Następnie odległość między piętą a pośladkiem była mierzona przy pomocy taśmy centymetrowej. W celu zwiększenia dokładności tego pomiaru ustalono stały punkt, gdzie przykładano taśmę, który wyznaczany był poprzez przecięcie linii biegnącej od kolca biodrowego tylnego górnego z linią do niej prostopadłą, łączącą krętarze kości udowej (ryc. 2).

Do oceny spoczynkowego napięcia mięśniowego użyto elektromiografu powierzchniowego firmy NeuroTrack wraz z kompatybilnym oprogramowaniem komputerowym. Elektromiograf ten pracuje w zakresie 0,2-2000 mV RMS. Inne parametry techniczne to: czułość 0,1 mV RMS; dokładność 4% wartości odczytu $\pm 0,3$ mV przy 200 Hz; filtry szerokiego pasma: 18Hz ± 4 Hz do 370 Hz $\pm 10\%$ dla odczytów poniżej 235 μ V, wąskiego pasma: 100 Hz $\pm 5\%$ do 370 Hz $\pm 10\%$; filtr sieciowy: 50 Hz - 33 db (0,1% dokładność); dwukanałowe, indywidualnie izolowane obwody; wskazywane natężenie: 0-80 mA [16-18]. Spoczynkowy potencjał bioelektryczny mierzony był w pozycji leżenia tyłem, z kończynami górnymi ułożonymi wzdłuż tułowia. Kończyny dolne znajdowały się w lekkim zgięciu stawów kolanowych i biodrowych (ok. 20-30°), które były oparte na klinach, w celu uzyskania rozluźnienia aparatu mięśniowo-więzadłowego w okolicy stawów biodrowych i powłok brzusznych. Topografia samoprzylep-



Rycina 2. Test pięta-pośladek.



Rycina 3. Ułożenie elektrod.

nych elektrod obejmowała środkową część brzośca mięśnia prostego uda, zgodnie w wytycznymi projektu SENIAM. Elektroda referencyjna umieszczona była na kolcu biodrowym przednim górnym, po stronie badanej kończyny (ryc. 3).

Przed przystąpieniem do powyższych procedur, z uwagi na zapewnienie jednakowych warunków pomiarowych, uczestnicy zostali poproszeni o przyjęcie pozycji horyzontalnej na okres 15 minut w celu habituacji posturalnej. Wszystkie pomiary ponownie wykonane zostały po zakończeniu serii PIR, tj. po dziesięciu zabiegach [19].

Interwencja

Uczestnicy zostali w sposób losowy przydzieleni do trzech grup porównawczych (interwencyjnych) (grupa I n=10, grupa II n=10, grupa III n=10), które były jednorodne pod względem płci, kończyny dolnej dominującej, kończyny dolnej poddanej działaniu PIR, wieku, masy oraz wysokości ciała. W każdej z grup zastosowano inny czas fazy izometrycznej, w grupie I – czas dawkowanego oporu przez terapeutę wynosił 5 sekund, w grupie II – 10 sekund, natomiast w grupie III – 15 sekund. Technikę poizometrycznej relaksacji mię-

śni wykonywano zgodnie z ogólnymi zasadami metodyki, tj. a) ustawienie kończyny na granicy pojawienia się bariery tkankowej (pozycja aktualnie maksymalnego zgięcia stawu kolanowego), b) próba czynnego powrotu kończyny przeciwko oporowi terapeuty (ruch wyprostu w stawie kolanowym) z wykorzystaniem nie więcej niż 20% maksymalnych możliwości mięśnia, c) faza rozluźnienia, która trwała dwa razy dłużej niż napięcie izometryczne w poszczególnych grupach (tj. w grupie I – 10 sekund, w grupie II – 20 sekund, w grupie III – 30 sekund), d) odnalezienie nowego zakresu elastyczności mięśnia prostego uda. Poizometryczna relaksacja mięśni wykonywana była w 3 seriach, przez 10 kolejnych dni. Technikę PIR każdorazowo przeprowadzał ten sam fizjoterapeuta.

Analiza statystyczna

Do analizy statystycznej wykorzystano program Statistica 10.0 na licencji Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu. Porównania między pomiarami w danych grupach dokonano za pomocą testu Wilcoxon dla prób zależnych. Ponadto określono różnice między ostatnim a pierwszym pomiarem (wyrażoną w procentach), a następnie porównano je między grupami za pomocą testu ANOVA Kruskala-Wallisa i testu post-hoc. Przyjęto poziom $\alpha=0,05$.

WYNIKI

Po serii 10 sesji poizometrycznej relaksacji odnotowano istotne zwiększenie zakresu ruchomości stawu kolanowego o 17,1% w grupie I ($p=0,0051$), 17,2% w grupie II ($p=0,0050$), 18% w grupie III ($p=0,0048$). Zaobserwowano istotne zmniejszenie odległości w teście pięta-pośladek w grupie I o 21,5% ($p=0,0117$), w grupie II o 22,5% ($p=0,0051$) i w grupie III o 19,8% ($p=0,0140$). Ponadto, spoczynkowa aktywność bioelektryczna mięśnia prostego uda uległa istotnemu obniżeniu, w grupie I o 56,3% ($p=0,0094$), w grupie II o 52,4% ($p=0,0152$), w grupie III o 48,2% ($p=0,0144$). W porównaniu bezpośrednim między grupami nie zaobserwowano istotnie statystycznych różnic ($p=0,05$) (tab. 1).

Tabela 1. Porównanie uzyskanych wyników w poszczególnych grupach oraz między grupami.

1	Grupa			Test Wilcoxon (porównanie wyników przed i po)	Test ANOVA Kruskala-Wallisa (porównanie między grupami)	Test Post-hoc (wartość p)	
	2	3					
Procent zmiany wyników po terapii względem wyników przed terapią	Test pięta-pośladek [%]	-21,5	-22,5	-19,8	Grupa 1: $p=0,0117$ Grupa 2: $p=0,0051$ Grupa 3: $p=0,0140$	$P=0,8342$	A:B - $p>0,05$ A:C - $p>0,05$ B:C - $p>0,05$
	Zakres ruchomości [%]	17,1	17,2	18	Grupa 1: $p=0,0051$ Grupa 2: $p=0,0050$ Grupa 3: $p=0,0048$	$P=0,8146$	A:B - $p>0,05$ A:C - $p>0,05$ B:C - $p>0,05$
	Spoczynkowe napięcie mięśni [%]	-56,3	-52,4	-48,2	Grupa 1: $p=0,0094$ Grupa 2: $p=0,0152$ Grupa 3: $p=0,0144$	$P=0,5460$	A:B - $p>0,05$ A:C - $p>0,05$ B:C - $p>0,05$

DYSKUSJA

Pośród coraz liczniejszych doniesień naukowych dotyczących obiektywizacji technik manualnych nadal brakuje badań wpisujących się w kryteria medycyny, czy też fizjoterapii, opartych na faktach (Evidence Based Medicine – EBM, Evidence Based Physiotherapy – EBP), które dokonywałyby oceny efektów bezpośrednich (krótkoterminowych) tych metod. Szczególnie obszar terapii manualnej stanowić może źródło niekiedy mało wiarygodnych danych, wynikających z subiektywnych odczuć pacjenta, jak również zmienności w zadawaniu bodźca terapeutycznego.

Technika poizometrycznej relaksacji w literaturze naukowej jest mocno zróżnicowana. Najczęściej zalecany czas trwania fazy izometrycznej wynosi od 7-10 sekund [3, 6, 10, 13, 20-22], albowiem podaje się, iż czas ten potrzebny jest do wywołania odwrotnego odruchu na rozciąganie, w odpowiedzi na drażnienie narządów ścięgnistych Golgiego [1, 3, 5, 6, 8-10, 12]. W niniejszej pracy zastosowano trzy różne czasy napięcia izometrycznego, trwające 5, 10 i 15 sekund i każda z nich w konsekwencji powodowała istotne zwiększenie zakresu ruchomości stawu kolanowego i elastyczności mięśnia prostego uda. Działanie TEM w obrębie mięśnia czworogłowego nie zostało dotąd dostatecznie zbadane, natomiast problematyka skupiająca się na zjawisku poizometrycznej relaksacji w przeważającym stopniu dotyczy mięśni grupy tylnej uda.

Ballantyne i wsp. [7] wykorzystali 5-sekundowe napięcia tychże mięśni, w grupie 20 zdrowych ochotników. Wykonywali serię 4 napięć izometrycznych z 3-sekundową przerwą pomiędzy każdym skurczem izometrycznym. Już pojedyncza aplikacja TEM pozwoliła na stwierdzenie wzrostu zakresu ruchomości w teście biernego wyprostowania stawu kolanowego (Passive Knee Extension – PKE) w porównaniu z grupą kontrolną.

Schmitt i wsp. [23] swojej oceny również dokonali na mięśniach kulszowo-goleniowych, badając wpływ 6- i 12-sekundowych napięć izometrycznych. W obu grupach (n=20) stwierdzono istotne zwiększenie ruchomości mierzonej za pomocą testu czynnego skłonu dosiężnego, natomiast nie zaobserwowano różnic między samymi grupami, co potwierdzone zostało w prezentowanych wynikach przez autorów niniejszego doniesienia.

Podobnie, porównania skuteczności krótkich i długich faz izometrycznych dokonali Fryer i Ruszkowski [24]. Zastosowali 5- i 20-sekundowe napięcia izometryczne, jednak oceniając ich działania na staw szczytowo-obrotowy w szyjnym odcinku kręgosłupa. Autorzy stwierdzili statystycznie istotne zwiększenie zakresu ruchomości rotacji u osób poddanych wyłącznie 5-sekundowym napięciom w porównaniu z grupą kontrolną.

W pewnej mierze zjawisko to można próbować wyjaśnić odnosząc się do prac Hammera i jego zespołu [13], którzy w badaniach klinicznych zauważyli, iż stosując techniki relaksacji w obrębie tkanek przykręgosłupowych, lepsze rezultaty osiąga się stosując napięcia krótsze – kilkusekundowe. Przy interpretacji przedstawianych powyżej badań należy wziąć

pod uwagę fakt, iż odnosiły się one do aplikacji pojedynczej procedury PIR.

Osobnym zjawiskiem wymagającym omówienia jest aktywność bioelektryczna mięśni poddawanych interwencji TEM. Autorzy podkreślają deficyt prac odnoszących się do oceny EMG w obszarze technik energii mięśniowych. Wyniki niniejszej pracy przedstawiają ogólny spadek aktywności bioelektrycznej po zastosowaniu serii 10 zabiegów PIR, co w myśl zasady stosowania tej techniki, potwierdziło jej główne założenia i doprowadziło do obniżenia tonusu mięśniowego [3, 4, 6, 13, 22].

Zdecydowana większość badań naukowych wykorzystujących elektromiografię dotyczy weryfikacji metod proprioceptywnego torowania nerwowego (PNF), jaką jest m.in. technika napnij-rozluźnij (contract-relax – CR) [11, 14, 15, 25-28]. Określenie poizometrycznej relaksacji mięśni niekiedy mylnie utożsamiane jest z techniką CR, co wynika z oczywistej analogii polegającej na wykorzystaniu skurczu izometrycznego oraz faktu, że rozciągany mięsień jest napinany, a następnie rozluźniany. Zasadniczą różnicą jest znacznie większa siła jaką musi użyć pacjent, ażeby przeciwstawić się oporowi terapeuty w technice CR [13, 15, 21, 25, 28]. Niemniej jednak wiele badań potwierdza działanie obniżające aktywność bioelektryczną mięśni poddanych tej technice rozciągania.

Badania Carter [25] wykonane na 24 zdrowych kobietach pokazały, że rozciąganie CR z PNF mięśni grupy tylnej uda, powoduje obniżenie napięcia mięśniowego w porównaniu do grupy kontrolnej. Spadek tonusu, jak wyjaśnia autorka, może być spowodowany desensytyzacją włókien mięśniowych objętego interwencją mięśnia [19].

W badaniach Marek i Cramer [11] przeprowadzonych na 19 zdrowych ochotnikach (10 kobiet, 9 mężczyzn) dokonano oceny rozciągania statycznego w porównaniu z rozciąganiem metodą CR w obrębie mięśnia czworogłowego uda. Każdy uczestnik poddany był obu formom terapii w pewnym odstępie czasowym. Protokół badawczy obejmował pomiar izokinetyczny, ocenę zakresu ruchomości oraz ocenę EMG. Zarówno w przypadku rozciągania biernego, jak i techniką CR odnotowano spadek napięcia mięśniowego w obrębie mięśnia prostego uda i obszernego bocznego.

Kluczowymi doniesieniami w dyskusji dotyczącej oceny elektromiograficznej TEM są prace Guissard, Duchateau i Hainaut [13, 29], które wykazują, iż potencjalnym czynnikiem umożliwiającym łatwiejsze rozciągnięcie tkanek, jest około 30-sekundowy okres spadku potencjału elektrycznego („latencji”), występujący natychmiast po skurczu izometrycznym.

Moore i Kukulka [12] określili, iż jest to jedynie czas około 10-15 sekund obniżonego biopotencjału, w którym mięsień może zostać rozciągnięty łatwiej niż w przypadku kiedy nie zastosowano wcześniejszego skurczu.

Należałoby w czasie rzeczywistym dokonać oceny elektromiograficznej mięśni poddawanych poizometrycznej relaksacji w celu zbadania zmian wartości tonusu mięśniowego zarówno w trakcie, jak i po wykonaniu PIR. W omawianej pracy autorzy nie zastosowali pomiarów kontrolnych po

zakończeniu interwencji (follow-up), co jednak będzie wytyczało dalszy kierunek badań nad obiektywizacją technik energii mięśniowych. Odnosi się to również do włączenia grupy kontrolnej do protokołu badawczego, czy też przeprowadzenia interwencji pozorowanej jako metody placebo (Sham Procedure).

WNIOSKI

Obiektywna ocena skuteczności PIR pozwoliła potwierdzić terapeutyczne działanie tej metody w walce z czynnościowym ograniczeniem ruchomości niezależnie od stosowanego czasu skurczu izometrycznego. Autorzy podkreślają potrzebę kontynuowania badań z uwzględnieniem grupy kontrolnej i pomiarów oceniających efekty długoterminowe (follow-up).

Piśmiennictwo

1. **Goodridge J.:** Muscle Energy Procedures, w: Ward R.C., Foundations of Osteopathic Medicine, wyd. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 1997.
2. **Greenman P.:** Principles of manual medicine (2nd ed.), wyd. Williams & Wilkins, Maryland 1996.
3. **Lewit K.:** Terapia manualna w rehabilitacji chorób narządu ruchu, wyd.3, wyd. ZL Natura, Kielce 2001.
4. **Chaitow L., Fritz S.:** Masaż leczniczy. Bóle głowy i górnego odcinka kręgosłupa, wydanie I polskie pod red. Gnat R., Wyd. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2010.
5. **Chaitow L. i wsp.:** Techniki energii mięśniowej. Zaawansowane techniki terapii tkanek miękkich, wydanie I polskie pod red. Saulicz E., Wyd. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2011.
6. **Lewit K.:** Soft tissue and relaxation techniques in myofascial pain, w: Hammer W., Functional Soft Tissue Examination and Treatment by Manual Methods: New Perspectives (2nd ed), wyd. Aspen Publishers Inc., Maryland 1999.
7. **Ballantyne F. et al.:** The effect of muscle energy technique on hamstring extensibility: the mechanism of altered flexibility. *Journal of Osteopathic Medicine*, 2003, 6(2), 59–63.
8. **Lenahan K., Fryer G., McLaughlin P.:** The effect of muscle energy technique on gross trunk range of motion. *Journal of Osteopathic Medicine*, 2003, 6(1), 13–18.
9. **Kuchera W., Kuchera M.:** Osteopathic Principles in Practice. wyd. KCOM Press, Kirksville 1992.
10. **DiGiovanna E.L., Schiowitz S., Dowling D.J.:** An Osteopathic Approach to Diagnosis & Treatment 2nd ed., wyd. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 1997.
11. **Marek M. i wsp.:** Acute Effects of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Strength and Power Output. *Journal of Athletic Training*, 2005, 40(2), 94–103.
12. **Moore M.A., Kukulka C.G.:** Depression of Hoffman reflexes following voluntary contraction and implications for proprioceptive neuromuscular facilitation therapy. *Physical Therapy*, 1991, 71(4), 321–329.
13. **Hammer W.:** Functional Soft-Tissue Examination and treatment by manual methods, wyd. 3, wyd. Aspen Publishers Inc., Maryland 2007.
14. **Smith M., Fryer G.:** A comparison of two muscle energy techniques for increasing flexibility of the hamstring muscle group. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2008, 12, 312–317.
15. **Ferber R., Osternig L., Gravelle D.:** Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2002, 12, 391–397.

16. **Błaszczak J.W.:** Biomechanika kliniczna, wyd. PZWL, Warszawa 2004.
17. **De Luca C.J.:** Surface electromyography: detection and recording, wyd. DelSys Incorporated, 2002.
18. **De Luca C.J.:** The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 1993, 13(2), 135–163.
19. **Sawicki Z., Kassolik K., Andrzejewski W.:** Habitacja i sensytyzacja, hipotetyczne mechanizmy postępowania. *Balneol. Pol.*, 1998, 40(1–2).
20. **Marszałek S.:** Zastosowanie rozciągających technik mięśniowo-powięziowych w zmniejszaniu ryzyka kontuzji i przeciążeń w sporcie, w: Konferencja trenerów dyscyplin zimowych, 13–15.05.2008, Spała. Zakres i tematyka referatów wiodących, Centralny Ośrodek Sportu i Ministerstwo Sportu i Turystyki, Warszawa 2008.
21. **Emary P.:** Use of post-isometric relaxation in the chiropractic management of a 55-year-old man with cervical radiculopathy. *Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 2012, 56(1), 9–17.
22. **Fryer G. et al.:** Muscle energy concepts: a need for change. *Journal of Osteopathic Medicine*, 2000, 3, 54–59.
23. **Schmitt G. et al.:** A comparison of selected protocols during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Clinical Kinesiology*, 1999, 53(1), 16–21.
24. **Fryer G., Ruszkowski W.:** The influence of contraction duration in muscle energy technique applied to the atlanto-axial joint. *Journal of Osteopathic Medicine*, 2004, 7(2), 79–84.
25. **Carter A.M., Kinzey S.J., Chitwood L.F., Cole J.L.:** Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Decreases Muscle Activity During the Stretch Reflex in Selected Posterior Thigh Muscles. *Journal of Sport Rehabilitation*, 2000, 9(4), 269–278.
26. **Shedmehr A., Hadian M.R., Naiemi S.S., Jallae S.:** Hamstring flexibility in young women following passive stretch and muscle energy technique, *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 2009, 22, 143–148.
27. **Sheard P.W., Paine T.J.:** Optimal contraction intensity during Proprioceptive neuromuscular facilitation for maximal increase in range of motion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, 24(2), 416–421.
28. **Bonnar B.P., Deivert R.G., Gould T.E.:** The relationship between isometric contraction duration during hold-relax stretching and improvement of hamstring flexibility. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2004, 44(3), 258–261.
29. **Guissard N. et al.:** Muscle stretching and motorneurone excitability. *European Journal of Applied Physiology*, 1988, 58, 47–52.

Wkład autorów:

Według kolejności

Konflikt interesu:

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów

Pracę nadesłano: 14.10.2013 r.

Zaakceptowano: 7.07.2014 r.

ADRES DO KORESPONDENCJI:

Robert Dymarek

Zakład Chorób Układu Nerwowego,

Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

ul. K. Bartla 5, 51-618 Wrocław

tel. +48 723-895-770

e-mail: r.dymarek@gmail.com