



PRACA ORYGINALNA / ORIGINAL PAPER

Aneta Weres^{1(A,B,C,D,F,G)}, Jolanta Zwolińska^{1,2(A,B,C,D,F,G)}, Andrzej Kwolek^{1(A,F)}, Piotr Szpunar^{1,2(A,G)}

Skuteczność fototerapii i masażu klasycznego w ograniczeniu objawów zmęczenia mięśnia po treningu fizycznym

The effectiveness of phototherapy and classic massage in reducing the symptoms of muscle fatigue after physical training

¹ Instytut Fizjoterapii Wydział Medyczny Uniwersytet Rzeszowski

² Szpital Wojewódzki nr 2 w Rzeszowie

STRESZCZENIE

Wprowadzenie i cel badania: Trening fizyczny jest często przyczyną dyskomfortu, który występuje pomiędzy 12 a 48 godziną po aktywności jako opóźniona bolesność mięśni. Czynniki stosowane w celu łagodzenia zmęczenia mięśnia, redukują jedynie jeden z kilku objawów, jakimi są: ból, obrzęk, ograniczenie funkcji sztywność i tkliwość mięśni. **Celem pracy** była ocena skuteczności zabiegów fototerapii i masażu w łagodzeniu zmęczenia mięśni po wysiłku fizycznym.

Materiał i metoda: W badaniu wzięło udział 40 zdrowych ochotników, którzy zostali podzieleni na cztery grupy. W grupie I zastosowano naświetlania mięśnia brzuchatego łydki wiązką niskoenergetyczną (LLLT), w grupie II naświetlania wiązką wysokoenergetyczną (HILT), w grupie III zastosowano naświetlania placebo, a w grupie IV masaż klasyczny podudzia. Zabiegi wykonywano przez 3 kolejne dni, a następnie przeprowadzono trening fizyczny mięśnia brzuchatego łydki. Badanie mięśnia obejmowało: tradycyjne badanie elektrodiagnostyczne, ocenę progu czucia i bólu przy aplikacji prądów diadynamicznych (MF). Oceniano poziom bólu wysiłkowego w skali VAS. Badanie wykonywano 3-krotnie: przed zabiegami (badanie 1), po zabiegach (badanie 2), 48 godzin po treningu (badanie 3).

ABSTRACT

Introduction and the aim of the study: Physical training is often the cause of discomfort that occurs between 12 and 48 hours after the activity has delayed muscle soreness. The factors used to relieve muscle fatigue reduce only one of several symptoms which are pain, swelling, stiffness, functional limitation and muscle tenderness. **The aim of the study** was to evaluate the efficacy of phototherapy treatments and massage to alleviate muscle fatigue after physical exertion.

Material and Methods: The study involved 40 healthy volunteers who were divided into four groups. Group I had gastrocnemius exposed to a low level laser therapy (LLLT), group II had high intensity laser therapy (HILT), group III had placebo radiation therapy, group IV had classical massage of the lower leg. All procedures were performed for three consecutive days, followed by a physical training of gastrocnemius. The muscle tests included: traditional electrodiagnostic testing, assessment of sensory and pain threshold for application of diadynamic currents (MF). The level of exertion-induced pain was assessed in VAS. The tests were performed 3 times: before the treatment (test 1), after the treatment (test 2), 48 hours after training (test 3).

Adres do korespondencji / Mailing address: Aneta Weres, ul. Warszawska 26a, Rzeszów, budzinska2@tlen.pl

Udział współautorów / Participation of co-authors: A – przygotowanie projektu badawczego/ preparation of a research project; B – zbieranie danych / collection of data; C – analiza statystyczna / statistical analysis; D – interpretacja danych / interpretation of data; E – przygotowanie manuskryptu / preparation of a manuscript; F – opracowanie piśmiennictwa / working out the literature; G – pozyskanie funduszy / obtaining funds

Artykuł otrzymano / recived: 10.02.2015 | Zaakceptowano do publikacji / accepted: 29.04.2015

Weres A, Zwolińska J, Kwolek A, Szpunar P. *Skuteczność fototerapii i masażu klasycznego w ograniczeniu objawów zmęczenia mięśnia po treningu fizycznym*. Prz Med Uniw Rzesz Inst Leków 2015; 13 (2): 104–115. doi: 10.15584/przmed.2015.2.4

Wyniki: Po wykonaniu zabiegów (badanie 1–2) największy wzrost wartości reobazy oraz największy wzrost poziomu bólu ocenianego przy aplikacji prądu MF odnotowano w grupie masażu. W całym okresie badawczym (badanie 1–3) w grupie LLLT nastąpił istotny statystycznie wzrost wartości progowej akomodacji. W drugiej dobie po treningu (badanie 2–3) we wszystkich grupach odnotowano obniżenie wartości chronaksji z wyjątkiem grupy placebo, a różnice pomiędzy grupami były istotne statystycznie.

Wnioski: Masaż klasyczny poprzez wzrost wartości reobazy i podwyższenie progu bólu może podnosić odporność zdrowego mięśnia na działanie czynników zewnętrznych i redukować objawy opóźnionej bolesności mięśni szkieletowych. Laseroterapia niskoenerytyczna (LLLT) zastosowana przed treningiem mięśnia pozwala na utrzymanie jego odporności na czynniki zewnętrzne i może być przydatna w ograniczaniu objawów opóźnionej bolesności mięśni szkieletowych.

Słowa kluczowe: trening fizyczny, opóźniona bolesność mięśni szkieletowych (DOMS), promieniowanie laserowe, masaż, badanie elektrodiagnostyczne, pobudliwość nerwo-mięśniowa

Wprowadzenie:

Intensywny trening fizyczny może spowodować pojawienie się bólu powysiłkowego mięśnia określanego jako opóźniona bolesność mięśni szkieletowych DOMS (*delayed onset muscle soreness*) [1]. Stopniowo narastający dyskomfort pojawia się pomiędzy 12 a 48 godziną po treningu, osiągając szczyt bolesności w 2–3 dobie po wysiłku, a objawy zwykle ustępują po kilku dniach [2, 3]. DOMS może pojawić się zarówno u wytrawnych sportowców, jak i u początkujących amatorów czy osób aktywnych tylko sporadycznie. Najczęstsze występowanie zespołu obserwuje się na początku sezonu sportowego, kiedy zawodnicy wracają do treningu po okresie ograniczonej aktywności [4, 5].

Nasilenie objawów może mieć różny poziom; od niewielkiej tkliwości mięśnia aż do intensywnego bólu. Zależy to od osobniczego progu wrażliwości nocycceptorów oraz wpływu procesów zapalnych toczących się w organizmie [6]. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na podłoże zapalne zespołu DOMS. Rozwijający się w tkance mięśniowej ostry proces zapalny jest wynikiem mikrouszkodzeń powstałych na skutek intensywnego treningu [6].

Pomimo dużej częstości występowania DOMS i wielu przeprowadzonych badań dotyczących tego zespołu, jego mechanizmy, strategie leczenia i wpływ na wyniki sportowe pozostają niepewne [7, 8]. W celu łagodzenia objawów opóźnionego zmęczenia mięśnia i poprawy jego wydolności stosuje się wiele rozmaitych czynników fizykalnych [9–12]. Niekiedy wykorzystuje się też inne elementy fizjoterapii, takie jak kinezyterapia czy masaż. Łagodne ćwiczenia czynne obejmujące trenowane grupy mięśniowe bądź też inne mięśnie korzystnie wpływają na

Results: After treatment (tests 1–2) the most significant increase in the value of rheobase and the largest increase in the level of pain assessed at MF current application were reported in the group who had massage. In the entire test period (test 1–3) in the group who had LLLT there was a statistically significant increase in the threshold value of accommodation. In the second day after the training (test 2–3) all groups had a decrease in the value of chronaxie with the exception of the placebo group and the differences between the groups were statistically significant.

Conclusions: Classic massage by increasing the value of rheobase and increasing the pain threshold can raise resistance of a healthy muscle to external factors and reduce the symptoms of delayed onset muscle soreness. Low level laser therapy (LLLT) applied before muscle workout helps to keep its resistance to external factors and may be useful in reducing the symptoms of delayed onset muscle soreness.

Key words: physical training, delayed onset muscle soreness (DOMS), laser, massage, electrodiagnostic tests, neuromuscular excitability

Introduction

Intense physical training can cause exercise-induced muscle pain known as delayed onset muscle soreness (DOMS) [1]. Gradually increasing discomfort occurs between 12 and 48 hours after a workout, the peak of soreness occurs 2–3 days after exertion, and symptoms usually disappear after a few days [2, 3]. DOMS can occur both in experienced athletes, as well as in beginners or people who are only occasionally active. The syndrome is most frequently observed at the beginning of the sports season, when the players return to training after a period of limited activity [4, 5].

The symptoms can be of different intensity; from a small muscle tenderness to intense pain. It depends on the individual's threshold of nociceptors sensitivity and the impact of ongoing inflammatory processes in the body [6]. The results of the study indicate inflammatory DOMS syndrome. Acute inflammation increasing in the muscle tissue is the result of micro-injuries due to intensive training [6].

Despite the high incidence of DOMS and many studies on this syndrome, its mechanisms, treatment strategies and the impact on athletic performance remain unclear [7,8]. In order to relieve the symptoms of delayed onset soreness of a muscle and improving its efficiency, different physical factors are applied [9–12]. Sometimes other elements of physiotherapy are used such as kinesiotherapy or massage. Soft active exercises involving trained muscle groups or other muscles have a positive effect on the normalization of bioelectrical activity in the tired muscle and its regeneration [13].

Massage is a popular treatment recommended by trainers use after exercising [14–17]. It regulates the work

normalizację aktywności bioelektrycznej zmęczonego mięśnia i jego regenerację [13].

Masaż jest popularnym zabiegiem polecanym przez trenerów do zastosowania po zajęciach sportowych [14–17]. Reguluje pracę układu nerwowo-mięśniowego, poprawia ukrwienie i dotlenienie tkanki mięśniowej, jej odżywienie i oczyszczanie z toksycznych produktów przemiany materii. Masaż zwiększa zdolność mięśnia do wysiłku, działa tonizująco na włókna mięśniowe, usuwa miogelozę, wzmacnia procesy regeneracyjne i skraca czas powysiłkowej restrykcji [18, 19].

Wyniki badań potwierdziły także przydatność laseroterapii, która wpływa na obniżenie dolegliwości bólowych i zapobiega obniżeniu siły mięśniowej po treningu fizycznym [20, 21].

W wyniku pochłoniętej energii wiązki laserowej powstają związki aktywne biologicznie stymulujące procesy metaboliczne w komórce. Efekty fotobiostymulujące i fotobiomodulujące związane są z aktywacją łańcucha oddechowego, stymulacją procesu syntezy DNA, RNA i ATP, pobudzeniem pompy sodowo-potasowej i lepszym przenikaniem jonów wapnia do komórki [13, 20, 22–25]. Penetracja jonów w komórce zapewnia prawidłowy skurcz mięśnia i jego sprawniejsze funkcjonowanie [26]. Zdaniem Bonikowskiej-Zgańskiej biostymulacja laserowa „pobudza do syntezy miocyty” [13].

Celem pracy jest ocena skuteczności zabiegów fototerapii i masażu w redukcji objawów zmęczenia mięśni po wysiłku fizycznym.

Materiał i metoda

Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej przy Uniwersytecie Rzeszowskim. Badaniem objęto 40 zdrowych ochotników w wieku 20–22 lata o zbliżonym stopniu wytrenowania, nieuprawiających zawodowo żadnych dyscyplin sportowych i podejmujących jedynie rekreacyjnie wysiłki fizyczne. Wartości BMI u badanych osób mieściły się w zakresie od 21,1 do 22,3.

Z badania wyłączone zostały osoby zgłaszające dolegliwości ze strony układu krążeniowo-oddechowego i inne dolegliwości mogące mieć wpływ na przebieg i wynik badania. Wyłączono osoby po przebytym urazie w obrębie kończyn dolnych, osoby, które w okresie 24 godzin przed treningiem podejmowały intensywną aktywność fizyczną oraz stosowały używki mogące zmieniać pobudliwość nerwowo-mięśniową. Wylimitowano też osoby przyjmujące środki fotouczulające, posiadające znamiona barwnikowe na skórze w okolicy naświetlanej promieniowaniem laserowym bądź jakiejkolwiek zmiany w układzie czucia. Przed badaniem zakwalifikowane osoby zostały poinformowane o celu i przebiegu eksperymentu i wyraziły pisemną zgodę na uczestnictwo.

Badanych podzielono w sposób randomizowany na cztery grupy: grupa I (n=10) – naświetlana wiązką

of the neuromuscular system, improves blood circulation, oxygenation and nutrition of the muscle tissue, and its purification from toxic products of metabolism. Massage increases the ability of the muscle to the effort, tones up the muscle fibers, removes myogelosis, facilitates the regenerative processes and shortens the post-exercise restitution [18,19].

The results confirmed also suitability of laser therapy that reduces pain and prevents the reduction in muscle strength after physical training [20,21]. As a result of the energy absorbed from the laser beam, biologically active compounds are produced that stimulate metabolic processes in a cell. Photobiostimulating and photobiomodulating effects are associated with activation of the respiratory chain, stimulation of DNA, RNA and ATP, stimulation of sodium-potassium pump and better penetration of calcium ions into the cell [13, 20, 22–25]. Penetration of ions in the cell ensures proper muscle contraction and its smooth functioning [26]. According Bonikowska-Zgańska, laser biostimulation “stimulates the synthesis of myocytes” [13].

The aim of the paper is to evaluate the efficacy of phototherapy and massage treatments in reducing symptoms of muscle fatigue after physical exertion.

Material and methods

The study was approved by the Bioethics Committee at the University of Rzeszów. The study involved 40 healthy volunteers aged 20–22 years with a similar degree of training, not practicing any sports professionally and undertaking only recreational physical efforts. BMI of the subjects ranged from 21.1 to 22.3.

The exclusion criteria were cardio-respiratory conditions and other ailments that may have affected the course and outcome of the study. Also the subjects with the history of trauma in the lower limbs, people who had intense physical exertion 24 hours before the workout and those using stimulants that can change neuromuscular excitability were excluded. Those taking photosensitizing agents, having pigmented moles on the skin irradiated by laser or any sensory disturbances. Before the test, qualified individuals were informed about the aim and course of the experiment and gave written consent to participate.

The subjects were randomly divided into four groups: group I (n = 10) - exposed to low level laser therapy (LLLT), - group II (n = 10) - exposed to high intensity laser therapy (HILT), Group III (n = 10) had placebo radiation therapy, and group IV (n = 10) subjected to the classical massage of the leg. In group I, low-energy radiation emitted by a semiconductor laser (CTL 1106M) was used with a maximum power of 500 mW generating continuous and pulse radiation. Irradiations were carried out with a power of 250 mW in a continuous mode at a power density of 0.15 mW / cm² (for the irradiated surface

laserową niskoenergetyczną (LLLT), - grupa II (n=10) – naświetlana wiązką laserową wysokoenergetyczną (HILT), grupa III (n=10), w której zastosowano naświetlanie placebo oraz grupa IV (n=10) poddana masażowi klasycznemu podudzia. W grupie I wykorzystano promieniowanie niskoenergetyczne emitowane przez laser półprzewodnikowy (CTL 1106M) o mocy maksymalnej 500 mW generujący promieniowanie ciągłe i impulsowe. Naświetlania wykonywane były z mocą 250 mW w trybie ciągłym, przy gęstości mocy 0,15 mW/cm² (dla powierzchni naświetlanej 1600 cm²), aplikowana gęstość energii wynosiła 0,2 J/cm², a całkowita energia zabiegu w zależności od obszaru naświetlanej powierzchni wyniosła maksymalnie 300 J. W naświetlaniach wysokoenergetycznych wykorzystano promieniowanie laserowe emitowane przez laser HIRO 1.0 z ośrodkiem czynnym Nd:YAG o mocy szczytowej pojedynczego impulsu 1 kW, o czasie trwania impulsu 120-150 mikrosekund oraz częstotliwości pracy do 40 Hz. Naświetlania wykonywane były z mocą średnią 6 W, przy gęstości mocy 4 mW/cm² (dla powierzchni naświetlanej 1600 cm²), przy aplikowanej gęstości energii 2 J/cm², a całkowita energia zabiegu w zależności od obszaru naświetlanej powierzchni wyniosła 3000 J. Podstawą do wyliczenia zastosowanej energii była wielkość naświetlanej powierzchni obliczona indywidualnie dla każdego badanego z uwzględnieniem długości bezwzględnej podudzia i jego obwodu. Ze wstępnych pomiarów orientacyjnych wynikało, że powierzchnia naświetlanego obszaru w tej grupie wiekowej mieści się w przedziale 1500–1600 cm². Naświetlania w obydwu grupach wykonywane były techniką przemiatania zgodnie z metodologią laseroterapii.

W celu wyeliminowania czynników mogących mieć wpływ na wyniki pomiarów badania prowadzono o stałej – przedpołudniowej – porze. Oceny stanu mięśnia dokonywano trzykrotnie:

- przed aplikacją zabiegów fizykalnych (badanie 1),
- po serii trzech zabiegów - przed treningiem (badanie 2),
- 48 godz. po treningu (badanie 3).

Badanie obejmowało:

- tradycyjne badanie elektrodiagnostyczne (reobaza, wartość progowa akomodacji, czas chronaksji),
- ocenę pobudliwości bólowej przy aplikacji prądu diadynamicznego MF,
- subiektywną ocenę bólu wysiłkowego po treningu z wykorzystaniem skali VAS (badanie 3).

Do przeprowadzenia badania elektrodiagnostycznego wykorzystano aparat do elektroterapii Duoter.

Po wykonaniu trzech zabiegów badani poddawani byli dozowanemu treningowi mięśnia brzuchatego łydki polegającemu na wspinaniu się na palce w trzech seriach po 60 powtórzeń każda (30-sekundowa przerwa pomiędzy seriami).

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w postaci statystyk opisowych. Do analizy zebranych

1600 cm²), applied energy density was 0.2 J / cm² and the total energy of treatment depending on the irradiated area was up to 300 J. The radiation therapy uses high-energy laser radiation emitted by the laser HIRO 1.0 with an active medium Nd: YAG single pulse peak power of 1 kW, with a duration of 120-150 microseconds and pulse frequency up to 40 Hz. Irradiations were performed with an average power of 6 W and the power density of 4 mW / cm² (for the irradiated surface 1600 cm²) at the applied energy density of 2 J / cm² and the total energy of treatment depending on the irradiated area was 3000 J. The basis for the calculation of energy used was the size of the irradiated area calculated individually for each test, taking into account the absolute length of the lower leg and its circumference. According to preliminary measurements, the surface of the treated area in this age group ranged 1500–1600 cm². Irradiation in both groups was performed by means of sweep technique in accordance to the methodology laser.

In order to eliminate the factors that may affect the results of measurements, the study was conducted at fixed time – before the noon. Assessments of the muscle were performed three times:

- before the treatment (test 1),
- after the treatment (test 2),
- 48 hours after training (test 3)

The test included:

- Traditional electrodiagnostic testing (rheobase, the threshold value of accommodation, time of chronaxie),
 - Assessment of the pain excitability at MF diadynamic current application,
 - Assessment of exertion-induced pain in VAS (test 3),
- Electrodiagnostic testing was performed by means of Duoter electrotherapy device.

After three treatments the examined were subjected to dosed gastrocnemius muscle training which consists of climbing up on the toes in three series of 60 repetitions (30-second pause between sets).

The results of the study were presented in the form of descriptive statistics. Collected data was statistically analyzed by means of Wilcoxon test to assess the relevance of changes in neuromuscular excitability in the whole test group. Kruskal-Wallis test was used to evaluate the significance of differences between the assessed groups in the changes in the level of excitability.

Results

Part 1. Effect of physical treatments and massage on the excitability of healthy muscle.

Before applying the treatment there was no statistically significant differences between the value of rheobase between the tested groups. In the test 2. difference between the groups was statistically significant ($p = 0.0248^*$) and the

danych wykorzystano statystyczny test Wilcozona, przy pomocy którego oceniano istotność zmian pobudliwości nerwowo-mięśniowej w całej badanej grupie. Za pomocą testu Kruskala-Wallisa oceniano istotność różnic pomiędzy ocenianymi grupami w zakresie zmian poziomu pobudliwości.

Wyniki

Część 1. Wpływ zabiegów fizykalnych i masażu na pobudliwość zdrowego mięśnia.

Przed zastosowaniem zabiegów nie było istotnych statystycznie różnic w zakresie wartości reobazy pomiędzy wyodrębnionymi grupami. W badaniu 2. różnica pomiędzy grupami była istotna statystycznie ($p=0,0248^*$), a najwyższą wartość reobazy odnotowano w grupie masażu (14,4 mA).

Zmiana pomiędzy badaniem 1. i 2. (przed treningiem) była odmienna w grupach określonych przez rodzaj zastosowanej terapii (wartość prawdopodobieństwa testowego p testu Kruskala-Wallisa zbliżone do 0,05) (Tab. 1).

Przy zastosowaniu testu Wilcozona porównano zmiany wartości pomiędzy poszczególnymi badaniami w obrębie grup, w których zastosowano poszczególne rodzaje terapii. Porównanie wyników badania 1. i 2. wykazało zbliżoną do znamiennej statystycznie zmianę w poziomie reobazy w grupie osób po masażu ($p = 0,0663$).

Wartość progowa akomodacji ulegała wyraźnym zmianom pomiędzy poszczególnymi badaniami (Tab. 2).

W całej grupie zmiany wartości progowej akomodacji pomiędzy badaniami 1. i 2. nie były istotne.

Nie było istotnych różnic pomiędzy analizowanymi grupami w zakresie zmian wartości progowej akomodacji, jednak w grupie LLLT i masażu odnotowano wzrost średniej wartości progowej akomodacji, zaś w grupie HILT i Placebo jej obniżenie (Tab.3).

Przed zastosowaniem zabiegów nie było istotnych statystycznie różnic pomiędzy wyodrębnionymi grupami dotyczących wartości chronaksji. Pomiedzy badaniem 1. a 2. średnia wartość chronaksji uległa podwyższeniu we wszystkich badanych grupach z wyjątkiem grupy placebo. Różnice pomiędzy grupami dotyczące wartości chronaksji w badaniu 2. były istotne statystycznie ($p=0,0298^*$) (Tab.4)

W okresie pomiędzy badaniem 1. a 2. w całej badanej grupie uzyskano zbliżoną do poziomu istotności zmianę wartości progu bólu przy aplikacji prądu MF, jednak w grupie masażu odnotowano największą zmianę wartości progu bólu i w tej grupie różnica pomiędzy badaniem 1. a 2. była istotna statystycznie ($p=0,0251$).

Część 2. Zmiany pobudliwości mięśnia zachodzące pod wpływem treningu fizycznego

W całym okresie badawczym (1-3) u wszystkich badanych wykazano istotną statystycznie różnicę w zakresie zmian wartości reobazy ($p = 0,0177^*$). Zbliżony do

highest value of rheobase was recorded in the group with massage (14.4 mA). The change between the test of 1 and 2 (before training) was different in the categories determined by the type of applied therapy (value of Kruskal-Wallis test probability p approximates 0.05) (Tab. 1).

Changes in the test values within each study group with various types of treatment were compared by means of Wilcoxon test. The comparison of the results of test 1 and 2 showed the change in the level of rheobase in the group of people after massage ($p = 0.0663$) which was close to statistically significant.

The threshold accommodation value underwent marked changes between the tests (Table 2).

In the whole group changes of the threshold accommodation value between test 1 and 2 were not significant. There were no significant differences between the groups analyzed for threshold accommodation value but an increase in the average threshold accommodation value was observed in LLLT and massage groups, and reduction was noticed in HILT and placebo groups (Tab. 3).

Before applying treatments there were no statistically significant differences between the groups regarding the value of chronaxie. Between test 1 and 2 the average value of chronaxie increased in all groups except for the placebo group. The differences between the groups regarding the chronaxie in test 2 were statistically significant ($p = 0.0298^*$) (Tab. 4).

Between test 1 and 2 change in pain threshold values at MF current application was close to the level of significance in the whole test group, but the greatest change in the pain threshold value was in the massage group and the difference in this group between test 1 and 2 was significant ($p = 0.0251$).

Part 2. Changes in muscle excitability that occur due to physical training.

In the entire study period (1–3) all subjects showed statistically significant difference in the rheobase changes ($p = 0.0177^*$). An increase similar to statistically significant was observed between test 2 and 3 ($p = 0.0577$) (Tab.5).

Similarly, a highly statistically significant difference was found in the whole group in terms of changes in the threshold accommodation value between test 1 and 3 ($p = 0.0010^{**}$) (Tab. 6).

In the entire study period (1-3), the mean reduction in rheobase value was recorded only in HILT group, while in all other groups the opposite tendency of changes was observed. (Tab. 7)

A similar distribution of changes concerns threshold changes in each group during tests 1–3 (Tab.8).

In the period between test 1 and 3 the most statistically significant ($p = 0.0166$) increase in the threshold accommodation value was recorded in LLLT group, and the smallest in HILT group ($p = 0.1731$).

Tab. 1. Wartości reobazy i jej zmiany w poszczególnych grupach

Tab. 1. The value of rheobase and its changes in the tested groups

Reobaza [mA] Rheobase [mA]	Zastosowana terapia / Treatment applied												p
	LLLT			HILT			placebo			masaż / massage			
	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	
badanie / test 1	10,9	11,0	2,5	12,0	10,8	3,6	12,9	12,5	2,9	12,0	11,8	3,3	0,5905
badanie / test 2	12,2	11,5	2,4	10,6	10,8	1,1	12,5	11,0	3,6	14,4	14,3	2,8	0,0248*
badanie / test 3	12,9	13,0	1,9	11,5	11,8	1,5	14,2	14,0	4,0	14,0	14,3	2,2	0,0556
1 vs. 2	1,5	1,5	2,3	-1,3	-0,5	3,4	-0,3	-0,5	2,9	2,4	2,3	4,0	0,0564
2 vs. 3	0,4	1,5	2,6	0,9	0,3	1,3	1,7	2,1	1,9	-0,4	-0,5	2,4	0,1356
1 vs. 3	2,1	2,3	2,6	-0,5	-0,3	3,0	1,3	1,6	3,5	2,0	2,5	4,6	0,2327

Tab. 2. Wartości progowe akomodacji i zmiany tych wartości w kolejnych badaniach

Tab. 2. The threshold accommodation value and changes of these values in subsequent tests

Wartość progowa akomodacji [mA] Threshold accommodation value [mA]	\bar{x}	Me	s	min	max
badanie / test 1	30,6	29,0	8,1	16,0	55,0
badanie / test 2	31,9	31,3	8,0	11,0	54,0
badanie / test 3	36,1	34,8	10,1	15,0	72,0
badanie / test 1 vs. badanie / test 2 ($p = 0,2554$)	1,3	1,0	9,4	-29,5	19,0
badanie / test 2 vs. badanie / test 3 ($p = 0,0131^*$)	4,2	3,8	9,9	-16,0	27,0
badanie / test 1 vs. badanie / test 3 ($p = 0,0010^{**}$)	5,5	6,0	9,6	-21,0	27,5

p – wartość prawdopodobieństwa testowego obliczona za pomocą testu Wilcoxon

p – probability value calculated by Wilcoxon test

Tab. 3. Wartości progowe akomodacji i jej zmiany w poszczególnych grupach

Tab. 3. Threshold accommodation value and its changes in the groups

Wartość progowa akomodacji [mA] Threshold accommodation value [mA]	Zastosowana terapia / Treatment applied												p
	LLLT			HILT			placebo			masaż / massage			
	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	
badanie / test 1	32,5	30,0	10,5	28,9	27,0	5,5	33,2	34,8	8,4	27,9	24,3	7,3	0,2767
badanie / test 2	36,8	35,5	8,0	28,0	27,5	5,8	31,3	31,8	9,7	31,5	31,5	6,4	0,0734
badanie / test 3	39,3	39,6	10,6	32,7	35,5	7,9	39,6	34,5	13,9	32,8	32,5	4,8	0,4496
1 vs. 2	4,3	5,3	8,4	-0,9	-2,0	4,7	-2,0	-1,8	13,3	3,5	4,3	9,1	0,2264
2 vs. 3	2,5	2,8	10,3	4,7	2,8	8,0	8,4	4,3	11,7	1,3	4,5	9,1	0,6797
1 vs. 3	6,8	6,0	7,0	3,8	4,8	8,2	6,4	7,0	11,9	4,8	8,0	11,4	0,8851

p – wartość prawdopodobieństwa testowego obliczona za pomocą testu Manna-Whitneya

p – probability value calculated by Mann-Whitney test

Tab. 4. Wartości chronaksji i jej zmiany w poszczególnych grupach

Tab. 4. The value of chronaxie and its changes in the groups

Chronaksja [ms] Chronaxie [ms]	Zastosowana terapia / Treatment applied												p
	LLLT			HILT			placebo			masaż / massage			
	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	
badanie / test 1	0,25	0,20	0,07	0,23	0,20	0,05	0,19	0,20	0,03	0,24	0,20	0,10	0,1144
badanie / test 2	0,29	0,30	0,09	0,31	0,30	0,13	0,18	0,20	0,08	0,25	0,20	0,14	0,0298*
badanie / test 3	0,21	0,20	0,07	0,26	0,20	0,12	0,23	0,20	0,07	0,24	0,20	0,10	0,8229
1 vs. 2	0,05	0,05	0,12	0,08	0,00	0,15	-0,01	0,00	0,10	0,01	0,00	0,19	0,3742
2 vs. 3	-0,08	-0,10	0,08	-0,05	-0,05	0,14	0,05	0,00	0,07	-0,01	0,00	0,19	0,0359*
1 vs. 3	-0,04	0,00	0,13	0,03	0,00	0,09	0,04	0,00	0,08	-0,00	0,00	0,14	0,6603

p – wartość prawdopodobieństwa testowego obliczona za pomocą testu Manna-Whitneya

p – probability value calculated by Mann-Whitney test

Tab. 5. Wartości reobazy i zmiany tych wartości w kolejnych badaniach

Tab. 5. The value of rheobase and changes of these values in subsequent tests

Reobaza [mA] Rheobase [mA]	\bar{x}	Me	s	min	max
badanie / test 1	11,9	11,5	3,1	6,0	20,0
badanie / test 2	12,4	11,0	2,9	8,5	20,5
badanie / test 3	13,2	12,8	2,7	8,5	23,5
badanie / test 1 vs. badanie / test 2 ($p = 0,2224$)	0,5	1,0	3,4	-7,5	7,7
badanie / test 2 vs. badanie / test 3 ($p = 0,0577$)	0,6	0,0	2,2	-4,5	4,5
badanie / test 1 vs. badanie / test 3 ($p = 0,0177^*$)	1,2	1,0	3,5	-9,0	8,7

Tab. 6. Zmiany wartości progu akomodacji w kolejnych badaniach

Tab. 6. Changes in the threshold accommodation value in subsequent tests

Wartość progowa akomodacji [mA] Threshold accommodation value [mA]	x	Me	s	min	max
badanie / test 1 vs. badanie / test 2 ($p = 0,2554$)	1,3	1,0	9,4	-29,5	19,0
badanie / test 2 vs. badanie / test 3 ($p = 0,0131^*$)	4,2	3,8	9,9	-16,0	27,0
badanie / test 1 vs. badanie / test 3 ($p = 0,0010^{**}$)	5,5	6,0	9,6	-21,0	27,5

Tab. 7. Wartości reobazy i jej zmiany w poszczególnych grupach

Tab. 7. Rheobase value and its changes in the groups

Reobaza [mA] Rheobase [mA]	Zastosowana terapia / Treatment applied												p
	LLLT			HILT			placebo			masaż / massage			
	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	
badanie / test 1	10,9	11,0	2,5	12,0	10,8	3,6	12,9	12,5	2,9	12,0	11,8	3,3	0,5905
badanie / test 2	12,2	11,5	2,4	10,6	10,8	1,1	12,5	11,0	3,6	14,4	14,3	2,8	0,0248*
badanie / test 3	12,9	13,0	1,9	11,5	11,8	1,5	14,2	14,0	4,0	14,0	14,3	2,2	0,0556
1 vs. 2	1,5	1,5	2,3	-1,3	-0,5	3,4	-0,3	-0,5	2,9	2,4	2,3	4,0	0,0564
2 vs. 3	0,4	1,5	2,6	0,9	0,3	1,3	1,7	2,1	1,9	-0,4	-0,5	2,4	0,1356
1 vs. 3	2,1	2,3	2,6	-0,5	-0,3	3,0	1,3	1,6	3,5	2,0	2,5	4,6	0,2327

Tab. 8. Wartości progowe akomodacji i jej zmiany w poszczególnych grupach

Tab. 8. Threshold accommodation value and its changes in the groups

Wartość progowa akomodacji [mA] Threshold accommodation value [mA]	Zastosowana terapia / Treatment applied												p
	LLLT			HILT			placebo			masaż / massage			
	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	
badanie / test 1	32,5	30,0	10,5	28,9	27,0	5,5	33,2	34,8	8,4	27,9	24,3	7,3	0,2767
badanie / test 2	36,8	35,5	8,0	28,0	27,5	5,8	31,3	31,8	9,7	31,5	31,5	6,4	0,0734
badanie / test 3	39,3	39,6	10,6	32,7	35,5	7,9	39,6	34,5	13,9	32,8	32,5	4,8	0,4496
1 vs. 2	4,3	5,3	8,4	-0,9	-2,0	4,7	-2,0	-1,8	13,3	3,5	4,3	9,1	0,2264
2 vs. 3	2,5	2,8	10,3	4,7	2,8	8,0	8,4	4,3	11,7	1,3	4,5	9,1	0,6797
1 vs. 3	6,8	6,0	7,0	3,8	4,8	8,2	6,4	7,0	11,9	4,8	8,0	11,4	0,8851

znamiennego statystycznie wzrost zanotowano pomiędzy badaniem 2. i 3. ($p = 0,0577$) (Tab. 5).

Podobnie wysoce istotną statystycznie różnicę stwierdzono w całej grupie w zakresie zmian wartości progowej akomodacji pomiędzy badaniem 1 a 3 ($p = 0,0010^{**}$) (Tab. 6).

W całym okresie badawczym (1–3) średnie obniżenie wartości reobazy odnotowano tylko w grupie HILT, podczas gdy we wszystkich pozostałych grupach odnotowano

Between test 2 and 3 the average value of chronaxie decreased with the exception of the placebo group and the differences between the groups were statistically significant ($p = 0,0359^*$) (Tab. 9).

The pain threshold for application of MF current increased in the subsequent studies. In 60% of the subjects the pain threshold increased between the test 1 and 3 (Tab. 10).

The cumulative effect of the increase in pain threshold was highly statistically significant ($p = 0,0091^{**}$) (Tab. 11).

Tab. 9. Wartości chronaksji i jej zmiany w poszczególnych grupach

Tab. 9. The value of chronaxie and its changes in the groups

Chronaksja [ms] Chronaxie [ms]	Zastosowana terapia / Treatment applied												p
	LLLT			HILT			placebo			masaż / massage			
	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	
badanie / test 1	0,25	0,20	0,07	0,23	0,20	0,05	0,19	0,20	0,03	0,24	0,20	0,10	0,1144
badanie / test 2	0,29	0,30	0,09	0,31	0,30	0,13	0,18	0,20	0,08	0,25	0,20	0,14	0,0298*
badanie / test 3	0,21	0,20	0,07	0,26	0,20	0,12	0,23	0,20	0,07	0,24	0,20	0,10	0,8229
1 vs. 2	0,05	0,05	0,12	0,08	0,00	0,15	-0,01	0,00	0,10	0,01	0,00	0,19	0,3742
2 vs. 3	-0,08	-0,10	0,08	-0,05	-0,05	0,14	0,05	0,00	0,07	-0,01	0,00	0,19	0,0359*
1 vs. 3	-0,04	0,00	0,13	0,03	0,00	0,09	0,04	0,00	0,08	-0,00	0,00	0,14	0,6603

Tab. 10. Zmiany wartości progu bólu w poszczególnych badaniach

Tab. 10. Changes in the value of pain threshold in subsequent tests

Próg bólu MF (kierunek zmian) MF pain threshold (direction of changes)	badanie 1 vs. badanie 2 test 1 vs. test 2		badanie 2 vs. badanie 3 test 2 vs. test 3		badanie 1 vs. badanie 3 test 1 vs. test 3	
	Liczność Number	Procent	Liczność Number	Procent	Liczność Number	Procent
spadek / decrease	13	32,5%	16	40,0%	15	37,5%
bez zmian / constant	2	5,0%	0	0,0%	1	2,5%
wzrost / increase	25	62,5%	24	60,0%	24	60,0%

Tab. 11. Wartości progu bólu przy aplikacji prądu MF i jej zmiany w poszczególnych badaniach

Tab. 11. The value of pain threshold on MF current application and its changes in subsequent tests

Próg bólu MF MF pain threshold	\bar{x}	Me	s	min	max
badanie / test 1	18,0	15,3	9,7	2,8	43,0
badanie / test 2	20,7	19,3	9,9	4,6	40,0
badanie / test 3	22,1	22,0	10,0	7,0	40,0
badanie / test 1 vs. badanie / test 2 ($p = 0,0688$)	2,7	2,0	8,6	-14,0	22,4
badanie / test 2 vs. badanie / test 3 ($p = 0,2532$)	1,4	2,0	7,1	-10,9	23,6
badanie / test 1 vs. badanie / test 3 ($p = 0,0091^{**}$)	4,1	4,2	9,3	-18,0	30,2

p – wartość prawdopodobieństwa testowego obliczona za pomocą testu Wilcoxon

p – probability value calculated by Wilcoxon test

Tab. 12. Wartości progu bólu przy aplikacji prądu MF i jej zmiany w poszczególnych grupach

Tab. 12. The pain threshold value on MF current application and its changes in the groups

Próg bólu MF MF pain threshold	Zastosowana terapia / Treatment applied												p
	LLLT			HILT			placebo			masaż / massage			
	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	\bar{x}	Me	s	
badanie / test 1	17,9	15,3	12,4	17,9	14,1	10,8	20,0	17,0	9,8	16,1	14,3	6,0	0,8237
badanie / test 2	19,4	16,3	12,8	20,2	21,5	9,0	22,6	22,0	10,0	20,7	18,3	8,7	0,8400
badanie / test 3	21,4	22,5	7,7	19,8	19,0	9,2	26,2	30,5	11,9	21,2	21,5	10,9	0,5285
1 vs. 2	1,5	2,0	10,3	2,3	2,1	8,9	2,5	1,0	10,0	4,6	3,5	5,8	0,7277
2 vs. 3	2,0	3,5	9,7	-0,4	-1,2	5,2	3,6	4,3	5,5	0,4	1,0	7,6	0,3133
1 vs. 3	3,5	3,8	7,9	1,9	4,2	8,6	6,2	4,0	12,9	5,0	4,5	7,6	0,9433

p – wartość prawdopodobieństwa testowego obliczona za pomocą testu Manna-Whitneya

p – probability value calculated by Mann-Whitney test

przeciwny kierunek zmian (Tab. 7). Podobny rozkład zmian dotyczy wartości progowej w poszczególnych grupach w okresie 1–3 (Tab. 8).

W okresie pomiędzy badaniem 1. i 3. największe, istotne statystycznie ($p = 0,0166$) podwyższenie wartości progowej akomodacji odnotowano w grupie LLLT, zaś najmniejsze w grupie HILT ($p = 0,1731$).

Pomiędzy badaniem 2–3 średnia wartość chronaksji uległa obniżeniu z wyjątkiem grupy placebo, a różnice pomiędzy grupami były istotne statystycznie ($p = 0,0359^*$) (Tab. 9).

Próg bólu przy aplikacji prądu MF wzrastał w kolejnych badaniach. U 60% osób odnotowano podwyższenie progu bólu pomiędzy badaniem 1. i 3. (Tab. 10).

Skumulowany efekt wzrostu progu bólu był wysoce istotny statystycznie ($p = 0,0091^{**}$) (Tab. 11).

Analiza wyników czterech porównywanych grup wykazała, że tylko w grupie HILT skutek przeprowadzonego treningu wystąpiło obniżenie progu bólu przy aplikacji prądu MF (zmiana pomiędzy badaniem 2. i 3.) (Tab. 12).

Dyskusja

Wieloznaczne wyniki badań dotyczących redukcji objawów DOMS nasuwają potrzebę realizacji badań w celu oceny skuteczności dostępnych metod fizjoterapeutycznych.

Istotne są ujednolicona metodologia zabiegów fizjoterapeutycznych, przeprowadzanie treningu fizycznego, jak też metody pomiarów służących ocenie stanu mięśnia [20].

Dobra znajomość czynników fizycznych nie idzie w parze z wiedzą na temat ich wpływu na procesy fizjologiczne i patofizjologiczne. Taka wiedza jest niezbędna dla poprawy jakości praktyki klinicznej [27]. Niektóre metody fizjoterapeutyczne są powszechnie stosowane pomimo braku naukowego potwierdzenia ich skuteczności [28]. Stąd rodzi się potrzeba kontynuacji badań nad stosowaniem bodźców fizykalnych, które dzięki temu mogą być uwzględniane w algorytmach postępowania i zalecane do wykorzystywania w medycynie sportowej [29].

Fototerapia to metoda często stosowana w leczeniu dysfunkcji narządu ruchu, jednak efekty jej zastosowania ograniczają się niekiedy do redukcji jednego tylko objawu zespołu DOMS [29, 30].

Opinie badaczy dotyczące przydatności naświetlań wiązką laserową nie są jednoznaczne, a perspektywa rozwoju tej metody wiąże się z nowoczesnymi rozwiązaniami technicznymi aparatury laserowej i łatwością jej wykorzystywania [22].

Masaż klasyczny jest powszechnie zalecanym środkiem terapeutycznym w regeneracji powysiłkowej mięśnia, jednak jego zastosowanie nie zawsze daje zadowalające efekty. W badaniach Bąkowskiego i wsp. wykazano mniejszą

Analiza of the results of four compared groups showed that only in HILT group the pain threshold was lowered on MF current application as a result of conducted training (change between test 2 and 3) (Tab. 12).

Discussion

Ambiguous results of research on the reduction of the symptoms of DOMS raise the need for the studies to evaluate the effectiveness of available physiotherapy methods. What is essential is uniform methodology of physiotherapy, physical training, as well as measurement methods for assessing the state of the muscle [20].

Good knowledge of physical factors does not go together with the knowledge of their effects on physiological and pathophysiological processes. Such knowledge is essential for improving the quality of clinical practice [27]. Some physiotherapy methods are widely used despite the lack of scientific confirmation of their efficacy [28]. Hence there is a need for further research into the use of physical stimuli, which can thus be included in the formulas of conduct and recommended for use in sports medicine [29].

Phototherapy is a method often used in the treatment of musculoskeletal dysfunctions, but the effects of its application are sometimes limited to a reduction of only one symptom of DOMS syndrome [29, 30]. The opinions of researchers regarding the usefulness of a laser irradiation are not clear, and the prospect of the development of this method is associated with modern technical solutions and easy application [22].

Classic massage is generally recommended therapy in post-exercise muscle recovery, but its application does not always guarantee satisfactory results. According to the study by Bąkowski et al., it was demonstrated that the lower limb soreness subjected to a massage after training was lesser, although this difference was not statistically significant [1]. Lewis and Johnson presented a systematic literature review to assess the effectiveness of therapeutic massage. According to these authors, the analysis does not allow for a clear inference. Small test groups, low methodological quality of carried out tests and not harmonized dosage of therapeutic massage have an impact on the variance in the results [31].

According to some authors, recovery of muscles after training, irrespective of local blood flow and local changes after application of light or mechanical energy, depends to a great extent on the central nervous system and the functional status of the entire system [32].

In our study, classical massage and LLLT irradiation applied on healthy muscle before training caused an increase in the value of rheobase. Such a change in case of muscle showing signs of degenerative reaction and would be interpreted as a deterioration in symptoms of denervation. In the case of healthy muscle, higher values observed in the study may indicate, according to

bolesność kończyny poddanej masażowi po treningu, choć różnica ta nie była istotna statystycznie [1]. Lewis i Johnson dokonali systematycznego przeglądu literatury w celu oceny skuteczności masażu leczniczego. Zdaniem autorów przeprowadzona analiza nie uprawnia do jednoznacznego wnioskowania. Mało liczne badane grupy, niska jakość metodologiczna przeprowadzonych prób badawczych i nieujednolicone dawkowanie masażu terapeutycznego mają wpływ na niezgodność wyników [31].

Według niektórych autorów regeneracja mięśnia po treningu, niezależnie od miejscowego przepływu krwi i zmian lokalnych zachodzących po aplikacji energii świetlnej czy mechanicznej, uzależniona jest w dużym stopniu od działania ośrodkowego układu nerwowego i stanu funkcjonalnego całego ustroju [32].

W badaniach własnych masaż klasyczny i naświetlania LLLT zaaplikowane na zdrowy mięsień przed treningiem spowodowały wzrost wartości reobazy. Taka zmiana w przypadku mięśnia wykazującego odczyn zwyrodnienia interpretowana byłaby jako nasilenie objawów odnerwienia. W przypadku mięśnia zdrowego zaobserwowane w badaniach wyższe wartości mogą wskazywać, zdaniem niektórych autorów, na mniejszą tkliwość mięśnia, czyli poprawę jego odporności na aplikowane bodźce zewnętrzne [33, 34]. Wzrost wartości reobazy zbliżony do poziomu istotności odnotowano w grupie masażu. Zastosowane w badaniach własnych czynniki terapeutyczne spowodowały też wydłużenie czasu trwania impulsu elektrycznego, na który wykazuje reakcję zdrowy mięsień bez objawów zmęczenia. Wyjaśnienie takich zmian czasu chronaksji można interpretować podobnie jak wartości reobazy [33]. Zmiany wartości chronaksji uzyskane pomiędzy badaniem 2. a 3. pozwalają przypuszczać, że czynniki fizykalne zastosowane przed treningiem spowodowały mniejszą tkliwość i większą odporność mięśnia na czynniki zewnętrzne, dzięki czemu efekty przeprowadzonego treningu mogły wyrażać się naturalnym obniżeniem wartości chronaksji, czyli większą wrażliwością zmęczonego mięśnia. Analiza zmian odnotowanych w okresie 1–3 wskazuje, że pomimo treningu fizycznego nadal utrzymywała się zwiększona odporność mięśnia na bodźce (istotny wzrost wartości reobazy pomiędzy badaniem 1. a 3.). Podobne zmiany (1–3) zaobserwowano też w odniesieniu do wartości progowej akomodacji jako natężenia szczytowego prądu w impulsie trójkątnym przeznaczonym do stymulacji mięśnia z zaburzoną pobudliwością. Istotny wzrost tego parametru odnotowano w okresie 1–3 w grupie LLLT.

Podwyższenie średniej wartości progowej odczuwania bólu przy aplikacji prądu MF o 0,4 mA w okresie 1–3 odnotowane w całej badanej grupie pozwala przypuszczać, że pomimo przeprowadzonego treningu, wzmożona zdolność mięśnia do regeneracji pozwoliła utrzymać w okresie 1–3 jego odporność na bodźce bólowe odczuwane przy aplikacji prądu MF. Taki efekt jest zgodny z wynikami

some authors, a smaller muscle tenderness or improved resistance to external stimuli [33, 34]. The increase in the value of rheobase close to the level of significance was observed in the group of massage. Therapeutic agents used in our study led also to an increase the duration of the electrical impulse, which is a reaction showed by a healthy muscle with no evidence of muscle fatigue. Explanation of such changes in chronaxie time can be interpreted similar to rheobase [33]. Changes in the value of chronaxie between test 2 and 3 suggest that physical factors applied before training resulted in less tenderness and increased muscle resistance to external factors, so that the effects of the training conducted could express a natural reduction in the chronaxie or greater sensitivity of the fatigued muscle. Analysis of changes recorded in the test 1–3 suggests that, despite the physical training, increased muscle resistance to stimuli was still present (a significant increase in the value of rheobase between test 1 and 3). Similar changes (1–3) were also observed in relation to the threshold value of accommodation as the peak current in the triangular impulse designed to stimulate muscle with impaired excitability. A significant increase in this parameter was observed during tests 1–3 in LLLT group. The increase in the average value of pain threshold at the application of MF current of 0.4 mA during the tests 1–3 recorded in the whole study group suggests that despite the conducted training, increased ability of muscle to regenerate allowed to keep during the tests 1–3 its resistance to pain stimuli experienced on MF current application. This effect is consistent with the results of Lariviere et al., who demonstrated that 15-minute relaxation of muscles after intense exercise is sufficient for the muscle to return to pre-training efficiency [35].

Evaluation of the effectiveness of physical methods in supporting post-workout regeneration and the desirability of their use is very important for the development of modern sport medicine [36]. These methods as harmless to the body, accessible and easy to apply can be useful as emergency assistance in combating troublesome symptoms occurring after an intense workout. Their positive impact on trophics of the tissue and, consequently, the condition of the locomotor system and physical condition of the athlete are worth to highlight. Optimal effect can be achieved by means of correct methodology of treatments and compliance with applicable safety rules of their application. The study did not allow to clearly assess the benefits of using laser therapy and classic massage of the muscle after intense exercise, however, the methods included in the study are useful.

Conclusions

1. Classical massage by increasing the value of rheobase and the pain threshold can raise the resistance of healthy muscle to external factors and reduce the symptoms of DOMS.

badan Lariviere i wsp., którzy wykazali, że 15-minutowa relaksacja mięśni po intensywnym wysiłku fizycznym jest wystarczająca dla powrotu mięśnia do sprawności przedwysiłkowej [35].

Ocena skuteczności metod fizykalnych we wspomaganiu regeneracji powysiłkowej i celowość ich zastosowania jest bardzo ważna dla rozwoju nowoczesnej medycyny sportowej [36].

Metody te jako nieszkodliwe dla ustroju, dostępne i łatwe w zastosowaniu mogą być przydatne jako doraźna pomoc w zwalczaniu uciążliwych dolegliwości występujących po intensywnym treningu.

Warto też podkreślić ich pozytywny wpływ na trofikę tkanki, a w konsekwencji na stan narządu ruchu i kondycję fizyczną sportowca. Uzyskanie optymalnych efektów zapewnia prawidłowa metodologia zabiegów i przestrzeganie obowiązujących zasad bezpiecznej ich aplikacji. Przeprowadzone badania nie pozwoliły jednoznacznie ocenić korzyści płynących z zastosowania energii światła laserowego i masażu klasycznego mięśnia po intensywnym wysiłku fizycznym, jednak wskazują na przydatność uwzględnionych w badaniu metod.

Wnioski:

1. Masaż klasyczny poprzez wzrost wartości reobazy i podwyższenie progu bólu może podnosić odporność zdrowego mięśnia na działanie czynników zewnętrznych i redukować objawy DOMS.
2. Laseroterapia niskoenergetyczna (LLLT) zastosowana przed treningiem mięśnia pozwala na utrzymanie jego odporności na czynniki zewnętrzne i może być przydatna w ograniczaniu objawów DOMS.

Bibliografia / Bibliography

1. Bąkowski P, Musielak B, Sip P, Biegański G. Wpływ masażu na powysiłkową bolesność mięśni. *Chir Narz Ruchu* 2008;73: 261-265.
2. Barnett A. Using recovery Modalities between Training Sessions in Elite Athletes. Does it help? *Sports Med* 2006; 36: 781-796.
3. Coudreuse JM1, Dupont P, Nicol C. [Delayed post effort muscle soreness]. *Ann Readapt Med Phys* 2004; 47:290-8.
4. Hilbert JE, Sworzo GA, Swensen T. The effect of massage on delayed onset muscle soreness. *Br J Sports Med* 2003;37:72-75. doi: 10.1136/bjism.37.1.72
5. Nosaka K, Newton M, Sacco P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric-exercise-induced muscle damage. *Scand J Med Sci Sports* 2002;12:337-346.
6. Nosaka K. Muscle Soreness and Damage and the Repeated-Bout Effect. W: Tiidus PM (red.). *Skeletal muscle damage and repair. Human Kinetics, USA* 2008; 59-76.
7. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports Med* 2003;33:145-64. doi: 10.2165/00007256-200333020-00005
8. Connolly DA, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res* 2003;17:197-208. doi: 10.1519/00124278-200302000-00030
9. Stanek A, Cieślak G, Sieroń A. Zastosowanie krioterapii w medycynie sportowej, *Rehabil Prakt* 2008; 2: 34-35.
10. Trojnacka A. Sauna jako element odnowy biologicznej i treningu sportowego. *Rehabil Prakt* 2008; 2: 49-50.
11. Taradaj J, Franek A, Smoliński R, Błaszczak E. Elektrostimulacja mięśni u sportowców - opis przypadku. *Rehabil Prakt* 2008; 2: 32-33.
12. Ward AR, Shkuratova N. Russian Electrical Stimulation: The Early Experiments, *Phys Ther* 2002; 82, 10, 1019-1030.
13. Bonikowska-Zgainska M. Laseroterapia w rehabilitacji. *Rehabil Prakt* 2008; 2: 38-40.
14. Tiidus PM. Manual massage and recovery of muscle function following exercise: a literature review. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;25:107-112. doi: 10.2519/jospt.1997.25.2.107
15. Ernst E. Does post-exercise massage treatment reduce delayed-onset muscle soreness? A systematic review. *Br J Sports Med* 1998;32: 212-214. doi: 10.1136/bjism.32.3.212

16. Błaszczak E, Taradaj J. Przerwany masaż uciskowy w medycynie i sporcie. 6-letnie doświadczenia własne. *Rehabil Prakt* 2007; 1: 34-35.
17. Kowacka B, Ciejka E. Tajemnica dotyku. *Rehabil Prakt* 2008; 2: 43-45.
18. Gatterer H, Schenk K, Wille M, Murnig P, Burtscher M. Effects of massage under hypoxic conditions on exercise-induced muscle damage and physical strain indices in professional soccer players. *Biol Sport* 2013; 30:81-3.
19. Ćwirlej A, Ćwirlej A, Maciejczak A. Efekty masażu leczniczego w terapii bólów kręgosłupa, *Prz Med Uniw Rzesz* 2007; 3: 253-257.
20. Zwolińska J, Weres A, Kwolek A, Furgał W. Ocena skuteczności naświetlań nisko (LLLT)- i wysokoenergetycznym (HILT) promieniowaniem laserowym na zmniejszanie objawów zmęczenia mięśnia – analiza porównawcza. *Med Sport* 2014;30:157-167.
21. Łukowicz M, Ciechanowska-Mendyk K, Weber-Rajek M, Milewska M. Ocena porównawcza wpływu terapii laserem o promieniowaniu ciągłym i impulsowym na przewodnictwo w nerwie pośrodkowym. *Acta Bio-Opt Inform Med* 2010; 16: 323-327.
22. Kwolek A, Zwolińska J, Weres A. Wpływ dawki terapeutycznej na skuteczność laseroterapii nisko- i wysokoenergetycznej (HILT). *Acta Bio-Opt Inform Med*. 2011; 17: 171-178.
23. Sieroń A, Pasek J, Mucha R. Lasery w medycynie i rehabilitacji. *Rehabil Prakt* 2006;2:38-40.
24. Zainuddin Z, Newton M, Sacco P, Nosaka K. Effects of Massage on Delayed-Onset Muscle Soreness, Swelling, and Recovery of Muscle Function. *J Athl Train* 2005;40: 174–180.
25. Ferraresi C, de Brito Oliveira T, de Oliveira Zafalon L. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength workout in humans. *Lasers Med Sci* 2011;26: 349-58.
26. Rokita E, Spójrzmy inaczej na skurcz mięśnia. *Rehabil Prakt* 2008; 2: 58-60.
27. Spodaryk K, Bromboszcz J. Fizykoterapia – potrzeba badań naukowych. *Rehabil Med* 2004;8: 8-14.
28. Płaszewski M. Praktyka oparta na dowodach: zasady i kierunki rozwoju Evidence Based Practice w fizjoterapii. *Rehabil Med* 2006; 10: 9-14.
29. Zwolińska J, Weres A, Magoń G, Skalska-Izdebska R. Wykorzystanie biostymulacji laserowej i światła VIP w leczeniu chorób narządu ruchu. *Prz Med Uniw Rzesz* 2007; 3: 275-288.
30. Vieira WH, Ferraresi C, Perez SE, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-level laser therapy 808 nm on isokinetic muscle performance of young woman submitted to endurance workout: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci* 2012; 27: 497-504.
31. Lewis M, Johnson MI. The clinical effectiveness of therapeutic massage for musculoskeletal pain: a systematic review, *Physiotherapy* 2006; 92: 146-158. doi: 10.1016/j.physio.2006.02.008
32. Jaskólski A, Jaskólska A. Podstawy fizjologii pracy wysiłku fizycznego z zarysem fizjologii człowieka. AWF, Wrocław 2005.
33. Weres A, Zwolińska J, Kwolek A. Wpływ naświetlań promieniowaniem laserowym nisko (LLLT) i wysokoenergetycznym (HILT) na pobudliwość czuciową i ruchową zdrowego mięśnia po treningu fizycznym. W: Pop T. (red.). *Wartość rehabilitacji w świadomości współczesnego człowieka*. Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów 2013; 283-294.
34. Pisula A, Jackowska E, Trojańska A, Łazowski J. Wpływ jednorazowej magnetostymulacji na elektryczną pobudliwość mięśni. *Acta Bio-Opt Inform Med* 2004; 10: 119-122.
35. Lariviere C, Gravel D, Arsenault AB, Gagon D, Loisel P. Muscle recovery from a short fatigue test and consequence on the reliability of EMG indices of fatigue. *Eur J Appl Physiol* 2003; 89: 171-76. doi: 10.1007/s00421-002-0769-z
36. Mika A, Oleksy Ł, Mikołajczyk E, Marchewka A. Ocena skuteczności różnych metod wspomagających powysiłkową relaksację mięśni za pomocą elektromiografii powierzchniowej (sEMG). *Prz Med Uniw Rzesz Inst Leków* 2011;9: 25-39.