

fizjoterapia polska

POLISH JOURNAL OF PHYSIOTHERAPY

OFICJALNE PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZJOTERAPII

THE OFFICIAL JOURNAL OF THE POLISH SOCIETY OF PHYSIOTHERAPY

NR 2/2016 (16) KWARTALNIK ISSN 1642-0136

**Wykorzystanie głębokiej oscylacji
i elektrostymulacji mięśni gładkich
w niwelowaniu wybranych
parametrów zmęczenia
mięśniowego**

**Application of Deep
Oscillation and Electric
Stimulation in Smooth
Muscles to Minimize the
Selected Parameters
of Muscular
Fatigue**

**Poziom wypalenia zawodowego wśród przedstawicieli zawodów medycznych
The level of burnout among representatives of medical professions**

ZAMÓW PRENUMERATE!

SUBSCRIBE!

www.redakcja-fp.pl

prenumerata@redakcja-fp.pl



Wykorzystanie głębokiej oscylacji i elektrostymulacji mięśni gładkich w niwelowaniu wybranych parametrów zmęczenia mięśniowego

Application of Deep Oscillation and Electric Stimulation in Smooth Muscles to Minimize the Selected Parameters of Muscular Fatigue

Robert Trybulski^{1,2(A,B,C,D,E,F)}, Aleksandra Żebrowska^{3(A,B,D,E,F)}, Wiesław Marcol^{4(D,F)}, Robert Rocznik^{5(B,C)}, Katarzyna Kępa^{3(B,D)}, Marek Kiljański^{6,7,8(F)}

¹Wydział Medyczny Górnośląskiej Wyższej Szkoły Handlowej im. W. Korfa w Katowicach, Polska/Faculty of Medicine of the Upper Silesia Trade School of W. Korfa in Katowice, Poland

²Centrum Rehabilitacyjno-Edukacyjne Provita, Żory, Polska/Provita Rehabilitation and Educational Center, Żory, Poland

³AWF Katowicach, Katedra Nauk Fizjologiczno-Medycznych Akademii Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach, Polska/Department of Physiology and Medical Science of the Academy of Physical Education of J. Kukuczka in Katowice, Poland

⁴Katedra i Zakład Fizjologii Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Polska/Medical University of Silesia in Katowice, Department and Unit of Physiology, Poland

⁵Katedra Teorii i Praktyki Sportu Akademii Wychowania Fizycznego im. J. Kukuczki w Katowicach, Polska/Department of Sport Theory and Practice of the Academy of Physical Education of J. Kukuczka in Katowice, Poland

⁶Pabianickie Centrum Medyczne PCM, Pabianice, Polska/SP ZOZ Rehabilitation Center in Pabianice, Poland

⁷Wyższa Szkoła Informatyki i Umiejętności w Łodzi, Polska/University of Computer Science and Skills, Lodz, Poland

⁸Uniwersytet im. Jana Kochanowskiego w Kielcach, Polska/Jan Kochanowski University, Kielce, Poland

Streszczenie

W literaturze naukowej obserwujemy wzrost zainteresowania metodami, których celem jest aktywacja pracy układu limfatycznego oraz mikrokrążenia, a co za tym idzie – wpływ różnych bodźców na układ immunologiczny. Niestety, nadal są to doniesienia nieliczne. Nie jest poznana kwestia wpływu metod stymulujących limfangiomotorykę jakimi są głęboka oscylacja oraz elektrostymulacja typu bodyflow na napięcie mięśniowe i ból mięśniowy. Medycyna fizykalna, w zakresie wpływu stymulacyjnego na procesy regeneracji tkanek, jest na uprzywilejowanej pozycji w stosunku do manualnych metod, wykorzystuje bowiem własności elektryczne i magnetyczne związków organicznych.

Bagatelizowanie fizjologicznych wskaźników przeciążenia, takich jak zmęczenie, zaburzone napięcie mięśniowe czy ból mięśniowy, zdecydowały o tym, że urazy wynikające z przeciążenia przybrały rozmiar epidemii. Metody i środki fizjoterapeutyczne, by sprostać nowym wyzwaniom stale ewoluują stając się nieodzownym elementem periodyzacji treningu i fizjoterapii pourazowej. Celem pracy była analiza wpływu innowacyjnych metod medycyny fizykalnej w postaci elektrostymulacji mięśni gładkich (Bodyflow) oraz drenażu głęboką oscylacją (Deep Oscillation) na zjawisko bólu mięśniowego i zaburzenia napięcia mięśniowego. Badaniem zostało objętych 60 mężczyzn trenujących mieszane sztuki (ang. mixed martial arts – MMA) walki w wieku 18-35 lat. Zastosowanie fizykalnych metod drenażu limfatycznego w postaci bodyflow oraz głębokiej oscylacji w procesie wyrównywania zmian w tkance mięśniowej związanych z bólem i napięciem mięśniowym poprzez stymulowanie mikrokrążenia, wydaje się być w świetle przedstawionych wyników badań skuteczną metodą.

Słowa kluczowe:

głęboka oscylacja, elektrostymulacja mięśni gładkich, mikrokrążenie, zmęczenie mięśniowe

Abstract

In the scientific literature on the subject, we observe an increased interest in the treatment techniques, which target the activation of lymphatic system and microcirculation, and hence the impact of different stimuli on the immune system. Unfortunately, the reports are still rather scarce. Not very well researched is the impact of the techniques stimulating lymphatic motoricity, such as deep oscillation and electric stimulation of the body flow type, on the muscle tension and the muscle pain. Physical medicine, in the area of stimuli impact on the processes of tissue regeneration, has an advantage over the manual techniques, as it utilizes the electrical and magnetic properties of the organic compounds.

Underestimation of physiological indicators of muscles overload, such as fatigue, impaired muscle tone or muscle pain, has caused the number of injuries resulting from muscles overload raise to quite epidemic proportions. The methods and means of physiotherapy, in order to face the new challenges, are constantly evolving and have become an indispensable part of the periodization training and post traumatic physiotherapy treatment.

The aim of this study has been to analyze the impact of the innovative methods of physical medicine, such as smooth muscles electrical stimulation (Body Flow) and deep oscillation drainage (Deep Oscillation), on the phenomena of muscle pain and abnormal muscle tone. In the study participated 60 male subjects, engaged in training of the Mixed Martial Arts (MMA), 18-35 years old.

The use of physical methods of lymphatic drainage, such as the body flow and the deep oscillation, in the process of rebalancing – through the stimulation of microcirculation – of the changes in the muscle tissue associated with pain and muscle tension, appears to be effective in light of the test results presented in the study.

Key words:

deep oscillation, smooth muscles electric stimulation, microcirculation, muscular fatigue

Wprowadzenie

W literaturze naukowej obserwujemy wzrost zainteresowania metodami, których celem jest aktywacja pracy układu limfatycznego oraz mikrokrążenia, a co za tym idzie – wpływ różnych bodźców na układ immunologiczny [1, 2]. Niestety, nadal są to doniesienia nieliczne [3]. Medycyna fizykalna, w zakresie wpływu stymulacyjnego na procesy regeneracji tkanek, jest na uprzywilejowanej pozycji w stosunku do manualnych metod, wykorzystuje bowiem własności elektryczne i magnetyczne związków organicznych. Organizm ludzki jest nie tylko układem chemicznym, sterowanym przez enzymy z towarzyszącymi zjawiskami elektrochemicznymi, jak na przykład transport jonowy, ale jest też systemem elektrodynamicznym, fotodynamicznym, akustycznodynamicznym [4].

Charakterystyka procesów życia i regeneracji organizmu jest znacznie bardziej skomplikowana i bogatsza niż sądzono opisując ją w modelach biochemicznych. Masa biologiczna może być elektrycznie aktywna na drodze niechemicznej. Białka są półprzewodnikami dzięki czemu może nastąpić uruchomienie ładunków elektrycznych bez zmian chemicznych, a więc głównie elektronów zdelokalizowanych. Ponadto, tkanka mięśniowa, białka, aminokwasy, DNA i RNA biorące udział w ruchu zdolne są do efektu elektromechanicznego – „piezoeffektu” – czyli polaryzują się elektrycznie i w zmiennych polach elektrycznych wibrują lub oscylują w częstotliwości przyłożonego pola [4]. Efekt ten obserwujemy w stymulacji głęboką oscylacją. Piezoelektryczny efekt kryształu odkryty w 1880 przez Pierre'a i Jacques'a Curie został udowodniony przez innych badaczy na kolagenie, który jest w swej naturze zbliżony do kryształu. Odształcania jego włókien powodują różnice potencjałów. Prawdopodobnie deformacja ta wytwarza mikroprąd piezoelektryczny wpływający na transport cząsteczek, w tym także markerów zmęczenia mięśni [5].

Chociaż elektryczność w medycynie jest bodaj najstarszą udokumentowaną dziedziną nauki, w zakresie medycyny fizykalnej, sięgającą czasów starożytnych, to nadal pojawiają się modyfikacje w zakresie stosowanych parametrów prądów w zależności od rodzaju tkanki, na który tenże prąd ma działać. Przełomowe w tym zakresie wydaje się odkrycie i zwrócenie uwagi świata nauki na prąd zmienny, czego dokonał N. Tesla [6].

Prąd generowany przez elektrostymulację typu body flow jest prądem niskiej częstotliwości 1,52 Hz i odtwarza informację powstałą w autonomicznym układzie nerwowym, przesyłaną do mięśni gładkich zlokalizowanych pomiędzy elektrodami, pobudzając w ten sposób naturalną perystaltykę układu żylnolimfatycznego. Jest to monofazowy prąd o przebiegu trójkątnym, czasie trwania 2 lub 5 ms i przerwie 500 ms. (Ryc. 1). Perystaltyka polega na cyklicznym kurczeniu się i rozkurczeniu mięśni gładkich, kontrolowanych przez współczulny i przywspółczulny układ nerwowy. Metodyka wykonania zabiegu elektrostymulacji BF związana jest jedynie z doбором parametrów natężenia prądu oraz odpowiednim umiejscowieniem elektrod. Elektrody zawsze ustawione są na suchej i oczyszczonej skórze w rzucie głównych naczyń żylnych

Introduction

In the scientific literature on the subject, we observe an increased interest in the treatment techniques, which target the activation of lymphatic system and microcirculation, and hence the impact of different stimuli on the immune system [1, 2]. Unfortunately, the reports are still rather scarce [3]. Physical medicine, in the area of stimuli impact on the processes of tissue regeneration, has an advantage over the manual techniques, as it utilizes the electrical and magnetic properties of the organic compounds. The human body is not only a chemical system, controlled by the enzymes and the related electrochemical phenomena, such as the ion transport, but also is a system of the electrodynamic, photodynamic and the acoustics-dynamic nature [4].

Characteristics of the life and regeneration processes in the human organism are much more complex and richer, than it had been thought when it was being described in the biochemical models. Biological mass may be electrically active also by means other than the chemical reactions. The proteins are semiconductors, and thanks to it they can activate the electric charges with no chemical changes, mainly the delocalized electrons. In addition, the muscle tissue, proteins, amino acids, DNA and RNA, involved in a movement, are prone to the electromechanical effect, the “Piezoelectric effect,” that is they polarize electrically, and in the variable electric fields they vibrate or oscillate with the frequency of the applied field [4]. This effect may be observed during the deep oscillation stimulation. The piezoelectric effect in crystal, discovered in 1880 by Pierre and Jacques Curie, has also been found, by other researches, in collagen – which in its structure is similar to crystal. The deformations of its fibers generate potential differences. Probably such deformation produces a piezoelectric micro-current, which affects the transportation of particles, including the markers of the muscular fatigue [5].

Even though electricity applied in medicine is probably the oldest, documented method of physical treatment, dating far back to the ancient times, it still undergoes modifications within the applied electrical current parameters, depending on the type of tissue on which the current is to operate. The real breakthrough in this area appears to have been the discovery, and the attention of the world of science, drawn to the alternating current – all done by N. Tesla [6].

The electrical current generated by the electric stimulation of the body flow type is the current of low frequency, 1.52 Hz, and recreates the information generated in the autonomous nervous system, transferred to the smooth muscles located between the electrodes, thus stimulating the natural peristalsis of the venous and lymphatic system. This is a monophasic, triangular wave current, with the duration of 2 or 5ms and the interval of 500ms (Fig. 1). Peristalsis is a cyclical contraction and expansion of smooth muscles, controlled by the sympathetic and parasympathetic nervous system. The methodology for application of the electrical BF (Body Flow) stimulation is nothing more than a selection of the electrical current parameters and the proper placement of the electrodes. The electrodes are always positioned on the skin that is dry and clean, and in the area of the main veins and lymph vessels, along the

i limfatycznych w kierunku ujścia (Ryc. 2). Wartość natężenia prądu ustalana jest do pierwszego minimalnego widocznego skurczu mięśni i obniżana od tej indywidualnej wartości o 1 mA. Jeżeli wymagają tego wskazania można stosować elektrostymulację wraz ze skurczem mięśni poprzecznie prążkowanych uzyskując w ten sposób swoisty rodzaj elektrogimnastyki mięśniówki gładkiej i poprzecznie prążkowej. Zaletą elektrostymulacji body flow jest możliwość samodzielnego wykonywania terapii przez pacjenta po wcześniejszym instruktarzu, co zwiększa efektywność terapii poprzez częstszą aplikacje (3-5 razy na dobę). Ponadto jest ona dobrze tolerowana przez pacjentów i nie wywołuje efektów pieczenia skóry.

Do podstawowych przeciwwskazań terapii Body Flow należą: wszczepione kardiowertery i inne implanty elektroniczne, ostra zakrzepica naczyniowa, malformacje naczyniowe, ciąża, rozsiew nowotworowy. Ponadto przy zastosowaniu elektrod próżniowych nie należy ich stosować w miejscu znacznych żyłaków, żył powierzchniowych, na uszkodzoną ciągłość powierzchni skóry. Wskazaniami są: obrzęki limfatyczne, żyłne, wysięki pourazowe, procesy powysiłkowej regeneracji mięśni, urazy sportowe ostre zespoły bólowe mięśni, a także DOMS (ang. Delayed Onset Muscle Soreness), zmiany zwyrodnieniowe stawów, rany przewlekłe (szczególnie w niewydolności żyłnej i stopie cukrzycowej).

direction of the flow (Fig. 2). The electrical current amperage is set to the first visible minimal contraction of the muscles, and then lowered by 1mA to the individual value. If so prescribed, the electric stimulation may be applied together with the contraction of striated muscles, thus achieving the kind of electro exercises for both, the smooth and the striated muscle tissue. The advantage of the body flow electric stimulation, is the ability of the patient to apply the treatment on his/her own, as instructed, which contributes to the therapy efficiency – through the more frequent applications (3-5 times a day). In addition, the therapy is well tolerated by patients and does not cause any skin burning sensation.

The basic contraindications for the body flow therapy include: implanted cardioverter defibrillator (ICD) and other electronic implants, vascular thrombosis, vascular malformation, pregnancy, cancer dispersion. In addition, the vacuum electrodes should not be placed in the areas with significant varicose veins, superficial veins, damaged continuity of the skin surface. The indications for the therapy application are: lymphatic and venous edemas, post-traumatic exudates, post exertional muscle regeneration processes, sports injuries, acute muscle pain syndromes, and DOMS (Delayed Onset Muscle Soreness), degenerative changes in the joints, chronic wounds (particularly in the course of venous insufficiency and diabetic foot).



Ryc. 1. Aparat do elektrostymulacji typu Body Flow
Fig. 1. Device for the body flow electric stimulation



Ryc. 2. Przykład zamocowania elektrod na kończynach dolnych
Fig. 2. Example of placement of the electrodes on the lower limbs

Deep oscylation (DO – głęboka oscylacja) jest stosunkowo „młoda” metodą terapii. Prace nad stworzeniem urządzenia do terapii DO sięgają lat osiemdziesiątych XX wieku.

W systemie głębokiej oscylacji opracowanym pod przewodnictwem Seidla i Waldera [7], poprzez wymagające odpowiedniego nacisku ruchy rąk terapeuty dochodzi do rytmicznych głęboko penetrujących odkształceń tkanki, które są odbierane jako pompowanie i wibrowanie. Cały kompleks tkanek jest przyciągany i opuszczany aż do 250 razy na sekundę. Napięcie wynosi 500 volt, moc prądu znajduje się w zakresie kilku mikroamperów. Aktualnie preferuje się pracę z nowymi urządzeniami, przy zastosowaniu głowicy, co oczywiście nie wyklucza możliwości ręcznej aplikacji. Izolacja w tym momencie stanowi bardzo słabo przewodzącą powierzchnię kondensatorową. Jednocześnie, dzięki aktywnemu rozładowaniu w urządzeniu, nie dochodzi do tzw. naelektryzowania pacjenta lub terapeuty (Ryc. 3, 4).

Terapia pod względem metodycznym wykonywana jest zgodnie z zasadami drenażu limfatycznego według dr. Asdonka. DO, to skuteczne narzędzie fizjoterapii dlatego, że jeżeli w organizmie odbywa się tak intensywne drganie, to możliwa jest interferencja tych bodźców na tkankę podskórną, a poprzez to – mechaniczne drażnienie mięśniówki naczyń limfatycznych powodujące usprawnianie przepływu chłonki. Dochodzi tu również do ruchu jonowego ze względu na zewnętrzną aplikację pola elektrycznego.

Deep oscillation (DO) is a relatively “young” method of therapy. Works on the device for the DO therapy go back to the 1980s. In the deep oscillation system, developed under the leadership of Seidel and Walder [7], through the therapist hands movements, while applying the appropriate pressure, the rhythmic and deeply penetrating tissue deformations take place, which are perceived as pumping or vibrating. The whole structure of tissues is being raised and lowered up to 250 times per second. The voltage is 500V, but the amperage remains within a few microamperes. At the present time, the treatment is usually applied with the new type of the devices, equipped with a special head, which obviously excludes the manual application. In this procedure, the insulation constitutes a very poorly conductive capacitor surface. At the same time, thanks to the active electrical discharge on the device, there is no dangers of electrifying of the patient or the therapist (Fig. 3, 4). The therapy, in terms of methodology, is performed in accordance with the principles of the lymphatic drainage, according to doctor Asdonk. The DO method is an effective physiotherapy tool, because if such intense vibrations take place within the body, then interference of these stimuli with the subcutaneous tissue is possible, and through this – mechanical stimulation of the muscle tissue of the lymphatic vessels, which causes the improvement of the lymph flow. There also occurs the ion transport, due to external application of the electric field.



Ryc. 3. Zastosowanie terapii głęboką oscylacją
Fig. 3. Application of deep oscillation therapy



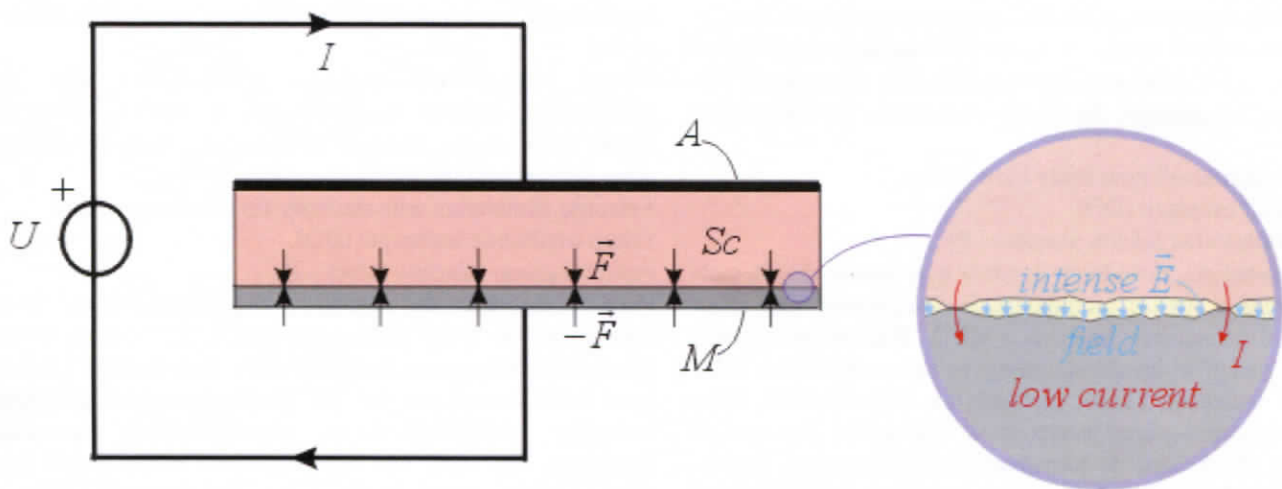
Ryc. 4. Urządzenie do terapii głęboką oscylacją
w aktualnej wersji
Fig. 4. Current version of device for deep oscillation
therapy

Zjawiska związane z elektrycznością mające zastosowanie w systemie głębokiej oscylacji, to influencja elektryczna oraz efekt Johnsona-Rahbeka. Zjawiskiem istotnym z punktu widzenia terapii głęboką oscylacją jest efekt Johnsona-Rahbeka, który opisuje tworzenie siły elektrostatycznej podczas przepływu prądu w płytce półprzewodnika (np. płytce łupkowej), a której osadzenie pomiędzy dwiema elektrodami skutkuje powstaniem pomiędzy tymi elektrodami mocnej siły przyciągającej. Jeżeli siłę tę połączy się z warstwą półprzewodzącą i słabym polem elektrostatycznym, to istnieje możliwość zastosowania tej siły w formie skompensowanej na tkance ludzkiej [8, 9].

The electricity related phenomena, used in the deep oscillation system, are the electrostatic influence and the Johnson-Rahbek effect. Crucial for the deep oscillation therapy is the Johnson-Rahbek effect, which describes the creation of an electrostatic force, when electrical current goes through a plate made of a semiconductor (e.g. slate plate), which is being placed between the electrodes and causes creation of a strong drawing force between these electrodes. If this force connects with a semiconductor layer and a weak electrostatic field, there is the possibility to apply this force, in compensated form, to human tissue [8, 9].

Model ten wyraża siły przyciągania pomiędzy stykającymi się materiałami jako działanie napięcia zastosowanego pomiędzy nimi. Uwzględnia istnienie nieregularności powierzchni i uzyskiwany jest poprzez ocenę efektu emisji pola na siły elektrostatyczne pomiędzy stykającymi się powierzchniami. Powierzchnia ciała stałego w skali submikroskopowej jest bardzo nierówna. Na skutek niskiego współczynnika faktycznej powierzchni styku do widocznej powierzchni styku, opór elektryczny strefy styku jest wysoki. Sprawia to, że na większości powierzchni półprzewodnika powstaje potencjał w postaci siły przyciągającej, którą aplikuje się na tkankę ludzką (Ryc. 5).

This model describes the drawing forces between the connected materials, as the result of electrical voltage applied between them. This takes into account the existence of surface irregularities, and is being accomplished through the assessment of the effect of field emission on the electrostatic forces between the adjoining surfaces. The surface of a solid, in a submicroscopic scale, is very uneven. Since the actual contact surface is very small, as opposed to the visible contact surface, the electrical resistance of the contact zone is high. This, on the most of the semiconductor's surface, creates the electrical charge in the form of a drawing force, which is being applied to human tissue (Fig. 5).



Ryc. 5. Schemat efektu Johnsona-Rahbeka. Powierzchnie (A i M) przywierają do siebie z ogromną siłą, ponieważ płytki stykają się w niewielu punktach, w związku z czym przez owe „styki” płynie tylko słaby prąd. Pomiedzy elektrodami pojawia się mikroskopijna szczelina powietrza i silne pole tworzy ogromną siłę przyciągającą

Fig. 5. Diagram of the Johnson-Rahbek effect. The surfaces (A and M) stick to each other with immense force, because the plates are joint in a few points, so through those “connecting points” only a very weak electrical current goes. Between the electrodes, there occurs a microscopic air gap, and the strong electrical field creates an enormous drawing force

DEEP OSCILATION® powoduje [10, 11]: zwalczanie bólu wynikającego z urazu, usprawnienie immunologicznych regulacji w obszarze zapalnym (udział monocytów, limfocytów T), usprawnienie funkcji naczyń limfatycznych odprowadzających, aktywację powstawania fibroblastów przez wytworzone za pomocą DO zmienne ciśnienie, rozciąganie i elektrostatyczną siłę pola, wzrost szybkości odtransportowywania poprzez system limfatyczny wysięku hamującego zainicjowanie rany w związku z obecnością w nim cytokin, które niszczą macierz zewnątrzkomórkową, regulację aktywności proteolitycznej komórek – zniszczenie macierzy zewnątrzkomórkowej poprzez niekontrolowane uwalnianie proteaz jest głównym czynnikiem uniemożliwiającym gojenie się ran powikłanych, przyspieszenie procesu przejścia fazy gojenia rany z zapalnej do przebudowy, ponowne uzyskanie prawidłowego zaopatrzenia rany, z immunologiczną konsekwencją (usprawnienie fagocytozy), rozluźnienie międzysegmentowego i między mięśniowego zespolenia powięzi – działanie antyadhezyjne, transport płynów przestrzeni międzykomórkowej wraz z zawartymi w nich składnikami (białkiem,

DEEP OSCILATION® causes [10, 11]: eradication of the pain resulting from an injury, improvement of immunological regulations in the inflammation area (ratio of monocytes, lymphocytes T), improvement of the lymphatic drainage vessels, activation of fibroblasts through the – created by the DO treatment – variable pressure, stretching and the electrostatic field force, quicker movement through the lymphatic system of the exudate, which tends to inhibit the wound granulation because of its cytokines – destroying the extracellular matrix, regulation of the cells' proteases activity – destruction of the extracellular matrix by the uncontrolled release of proteases is the main factor that prevents complicated wounds from healing, acceleration of the transition of the wound healing process from the inflammation to the recreation phase, subsequent proper dressing of the wound, with the immunological consequence (improving the phagocytosis), relaxation of the inter-section and intramuscular connective fascia anastomosis – anti adhesion function, transfer of the intracellular space fluids, including their components (protein,

składnikami rozkładu komórek, neurotransmiterów, itd.), bezbólową mobilizację tkanek poprzez zmienne podciąganie ich warstw. Zastosowanie systemu DO: terapia obrzękowa, terapia bólowa narządów ruchu, terapia ran także otwartych, terapia chorób układu oddechowego, odnowa biologiczna. Przeciwwskazania do zastosowania DO to [10]: ostra choroba zakrzepowa naczyń, elektroniczne implanty, np. rozrusznik.

Cel pracy

Celem pracy była analiza wpływu elektrostymulacji mięśni gładkich (Body Flow) oraz drenażu limfatycznego głęboką oscylacją (Deep Oscillation) na zjawisko bólu mięśniowego i napięcie mięśniowe.

Material i metodyka

Badaniem zostało objętych 60 mężczyzn trenujących mieszane sztuki walki w wieku 18-35 lat. W badaniach uczestniczyli zawodnicy kwalifikowani losowo z klubów sportowych Województwa Śląskiego. Badanych podzielono na następujące grupy:

- elektrostymulacji typu Body Flow (BF),
- głębokiej oscylacji (DO),
- grupa kontrolna (efektu placebo – P).

Przed badaniem zawodnicy poddani byli ocenie składu ciała w oparciu o analizę bioimpedancji elektrycznej (ang. Bioelectrical Impedance Analysis – BIA). Badania oraz próby przeprowadził wykwalifikowany personel medyczny, w skład którego wchodził: lekarz, pielęgniarka, fizjoterapeuci, лаборantki. Badania przeprowadzono w okresie od stycznia do czerwca 2014 roku w przychodni rehabilitacyjnej Provita w Żorach. Na realizację projektu uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach. Analizowane grupy, ze względu na określone zmienne, scharakteryzowano w oparciu o wiek oraz parametry budowy somatycznej. Wykonano też test istotności różnic w postaci jednoczynnikowej analizy wariancji ze względu na parametry budowy somatycznej. Nie stwierdzono istotnych różnic dla wartości średniej pomiędzy grupą kontrolną (placebo – P) i eksperymentalnymi (ang. Deep Oscillation, Body Flow – BF). Kryteria wyłączenia obejmowały: osoby nieaktywne fizycznie, z uszkodzeniami ciągłości skóry w miejscu aplikacji FMD, z aktywną chorobą zapalną o różnej etiologii, z aktualną kontuzją narządu ruchu lub inną chorobą wykluczającą w czasie badań z treningów (stany zerwania, naciągnięcia, stłuczenia przebiegającego z wylewem krwawym aparatu mięśniowo-ścięgnistego, stany złamań i pęknięć układu kostnego, niewydolność układu krążenia, oddechowego, narządów wewnętrznych), przyjmujące leki i niedozwolone środki wspomagające wydolność organizmu oraz mogące mieć wpływ na analizowane zmienne w badaniach. Przed przystąpieniem do badań oceniono wpływ fizykalnych metod drenażu limfatycznego na reakcję mikrokrążenia i krążenia żylnego w układzie powierzchownym przedramion. Wykorzystując laserową przepływometrię dopplerowską rejestrowano falę odbitą od erytrocytów na objętości tkanki 1 mm³ i głębokości 2,5 mm w obszarze skóry przedramienia. Metoda przepływometrii laserowej ze względu na powtarzalność,

cell decomposition products, neurotransmitters, etc.), painless tissues mobilization, through the variable raising of their layers. Application of the DO system: treatment of edema, pain therapy, healing of wounds (including open ones), treatment of respiratory diseases, biological renewal treatment. Contraindications for the DO therapy application [10]: acute venous thromboembolism, electronic implants, like pacemaker for example.

Aim of the Study

The aim of this study has been to analyze the impact of the electric stimulation of smooth muscles (Body Flow) and of the lymphatic drainage with the deep oscillation (Deep Oscillation), on the muscles pain and muscle tension.

Materials and Methods

In the study participated 60 male subjects, engaged in training of the

Mixed Martial Arts (MMA), 18-35 years old. The participating athletes were qualified at random, from the sports clubs of the Silesian Voivodeship. Study participants were divided into the following groups:

- electric stimulation with the body flow technique (BF),
- deep oscillation technique (DO),
- control group (placebo effect – P).

Prior to the tests, the sportsmen had been subjected to an assessment of their body composition, by means of the Bioelectrical Impedance Analysis – BIA. Examinations and tests have been carried out by the qualified medical personnel, including: physician, nurse, physiotherapists, laboratory specialists. The study had been conducted in the period from January to June 2014, in the Provita Rehabilitation Clinic, in Żory. For the implementation of the study, proper consent has been obtained from the Bioethics Commission of the Academy of Physical Education, in Katowice. The studied groups, due to the specific variables, have been described on the basis of age and their somatic features. We have also performed a significance of differences test, in the form of one-way analysis of variance, based on the somatic build parameters. No significant differences have been found for the mean value, between the control group (placebo-P) and the test groups DO (Deep Oscillation) and BF (Body Flow). Exclusion criteria included: persons not physically active, with damages of the skin continuity at the place of the PMD (Physical Method of Drainage) application, with active inflammatory disease of various etiology, with the current injury of the musculoskeletal system or another condition, which precluded training during research (ruptures, strains, bruises with hemorrhage within the muscle-tendon structures, fractures and cracks within the skeletal system, insufficiency in the circulatory, respiratory and internal organs), taking of medications or illegal substances improving the physical performance, which could affect the variables, analyzed in the tests. Prior to our research, we have assessed the effect of the physical methods of lymphatic drainage on the microcirculation and venous circulation, in the superficial system of the forearms. Using the laser Doppler velocimetry, we have recorded the wave reflected from red corpuscles, in the forearm skin tissue volume of 1mm³ and depth of 2.5mm. The

znaczącą czułość, a także nieinwazyjność, pozwala na precyzyjną ocenę reakcji mikrokrążenia w związku z zadaniem bodźcem fizykalnym. Należy jednak podkreślić, że posługujemy się w tym przypadku jednostką względną jaką jest wskaźnik perfuzji (ang. Perfusion Unit – PU). Wykazano korzystny wpływ fizykalnych metod drenażu limfatycznego na prędkość przepływu w obszarze powierzchownego odpływu żylnego jak i perfuzji przezskórnej. Zaobserwowano wzrost prędkości przepływu w żyłę odpromieniowej i wzrost wskaźnika perfuzji (PU) w stosunku do wartości spoczynkowych. Szczególnie istotny wydaje się niemal 900 procentowy wzrost perfuzji podczas stymulacji głęboką oscylacją (tab. 1.) a ocena może mieć jedynie charakter porównawczy i nie posiada wartości referencyjnych [12].

laser velocimetry method, due to its repeatability, significant sensitivity and non-invasive character, allows the precise assessment of the reaction of microcirculation in response to the specified physical stimulus. It should however be stressed, that we employ in this case the relative unit, that is the Perfusion Unit (PU). We have established the beneficial effects of the physical methods of the lymphatic drainage, in the area of the superficial venous outflow as well as the transcutaneous perfusion. We have also observed the increase of the flow velocity in the cephalic vein and the increased perfusion unit (PU), in relation to the rest flow values. Particularly important seems the increased, by almost 900 percent, perfusion – during the deep oscillation stimulation (Table 1.) the assessment is comparative only, and does not have reference values [12].

Tab. 1. Porównanie reakcji krążenia i mikrokrążenia

Table 1. Comparison of reactions of circulation and microcirculation

Rodzaj metody Type of method	Prędkość przepływu w żyłę odpromieniowej (cm/s)	Cephalic vein flow velocity (cm/s) Wskaźnik perfuzji (PU)
Spoczynek Rest flow	15.57	11.8
Głęboka oscylacja Deep oscillation	26.89	108
Elektrostymulacja Body Flow Body flow electric stimulation	23.60	25.6

Wszyscy badani analizowani byli w ciągu kolejnych trzech dni, natomiast próbie zmęczenia poddani byli tylko w pierwszym dniu badania. Badania przeprowadzone były po okresie nocnego wypoczynku, 2 godziny po ostatnim posiłku i nie wcześniej niż 48 godzin po treningu fizycznym. Przed przystąpieniem do testów badani nie przyjmowali żadnych substancji, leków i używek, które mogłyby wpłynąć na wyniki badań. Po wykonaniu próby zmęczenia i dokonaniu określonych pomiarów zawodnicy podawani byli właściwemu zabiegowi z zastosowaniem przez 20 minut fizykalnych metod drenażu limfatycznego zgodnie z podziałem na grupy. W grupie placebo włączano światło skanera laserowego bez aplikacji dawek z dźwiękowym stymulatorem tak by byli oni przekonani, że są poddawani terapii a w rzeczywistości na ich tkanki nie był aplikowany żaden bodziec. Dla wyznaczenia właściwej próby zmęczenia wykorzystano zmodyfikowany test opisany przez Vigouroux & Quaine [13] polegający na 5-sekundowym utrzymaniu napięcia o wartości odpowiadającej 60% kG ($\pm 10\%$) siły maksymalnej i następowej 2-sekundowej przerwie, aż do odmowy wykonania zadania. Badani wykonali próbę zmęczenia w pozycji siedzącej z kończyną górną zgiętą w stawie ramiennym do kąta $90^\circ (\pm 10^\circ)$ i wyprostowaną w stawie łokciowym, opartą o kozetkę w celu wyeliminowania zmęczenia synergistycznej mięśni obręczy ramienia. Do pomiarów zastosowano

All the study participants had been examined over the three subsequent days, while the fatigue test had been performed only on the first day of the research. The examinations have been carried out after a period of a night rest, 2 hours after the last meal and not earlier than 48 hours after a physical workout. Before proceeding with the examinations, the tested men had not taken any substances, medications or drugs, which could have had an impact on the results of the examinations. After the fatigue test and taking the particular measurements, the athletes had undergone actual treatment, with application for 20 minutes of the physical methods for lymphatic drainage, in accordance with the sportsmen division into the groups. For the placebo group we had been switching on the light of a laser scanner, without applying any doses of the acoustic stimulant, so the subjects had been convinced, that they were undergoing a therapy, while in fact no stimuli had been applied to their tissue. To run the actual fatigue test, we have used the modified test described by Vigouroux & Quaine [13], based on maintaining the 5-seconds hand grip valued at the maximum strength at 60% kG ($\pm 10\%$), with the 2-seconds breaks in between, until the refusal to perform the task. The subjects have done the fatigue test in a sitting position, with the upper limb flexed in the shoulder joint at an angle of $90^\circ (\pm 10^\circ)$ and extended in the elbow joint, supported on the medical couch to eliminate the synergistic

ręczny dynamometr hydrauliczny Baseline® Evolution Instruments (USA 1993). Przed każdym badanym ustawione zostało lustro dla uzyskania efektu biofeedback. Każdemu badanemu towarzyszył asystent kontrolujący czas testu oraz korygujący wielkość utrzymywanej siły ścisku. Badani powtarzali niniejszą próbę zmęczeniową 4 krotnie tylko w pierwszym dniu badania. U wszystkich badanych przeprowadzono analizę określonych zmiennych w następujących okresach przyjmując czasy pomiaru:

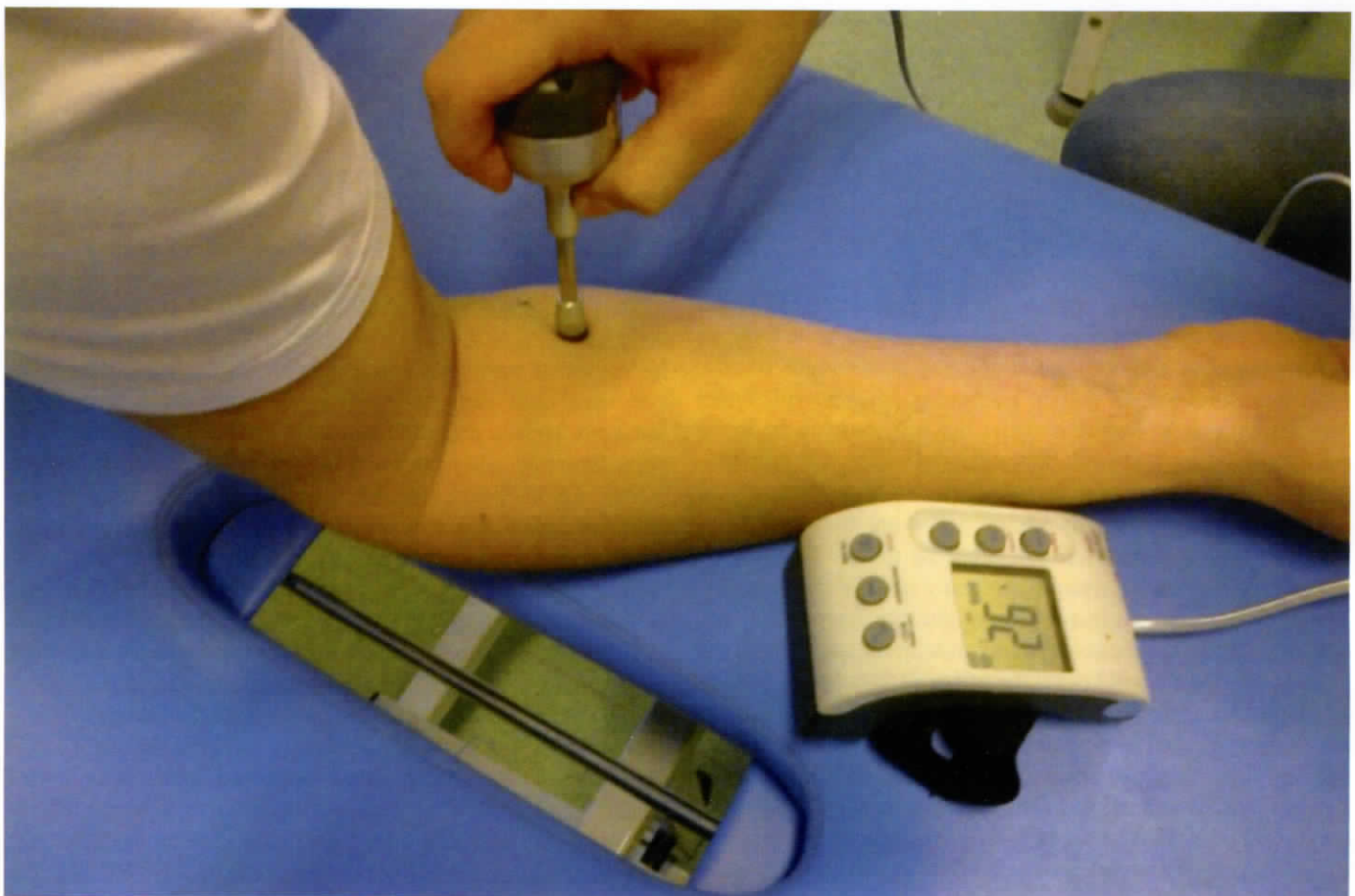
- wartość spoczynkowa (ang. Rest),
- wartość po teście wysiłkowym (ang. Post Exercise – Post-ex.),
- wartość po wykonaniu metody, czyli po 20 minutach (ang. Recovery – Rec; Rec20min),
- wartość po 24 godzinach (Rec24h),
- wartość po 48 godzinach (Rec48h).

Analiza napięcia polegała na 8-krotnym zagłębieniu głowicy sondy o ciężarze od 0,25 do 2 kG w wyznaczone miejsce i na określoną w milimetrach głębokość, i programowego wyliczenia, tzw. obszaru pod krzywą (AUC). jest to umowna jednostka będąca w praktyce zintegrowaną wartością krzywej odkształcenia tkanek, siły zaaplikowanej przez miotonometr razy wielkość przemieszczenia tkanki (Ryc. 6).

fatigue of the shoulder girdle muscles. For the measurements, a manual hydraulic dynamometer made by Baseline® Evolution Instruments (USA, 1993) had been used. In front of every examined man, a mirror had been placed, to achieve the biofeedback effect. Each of the participants was accompanied by an assistant, who controlled the time of the test and the value of the grip strength. The examined men had repeated the fatigue test 4 times only on the first day of our research. For all the participants we have analyzed the particular variables, in the following periods, while adopting the times of the measurement:

- rest value,
- post exercise (Post-ex.) value ,
- value after procedure, after 20min rec20min,
- after 24 hours – rec24h
- after 48 hours – rec48h

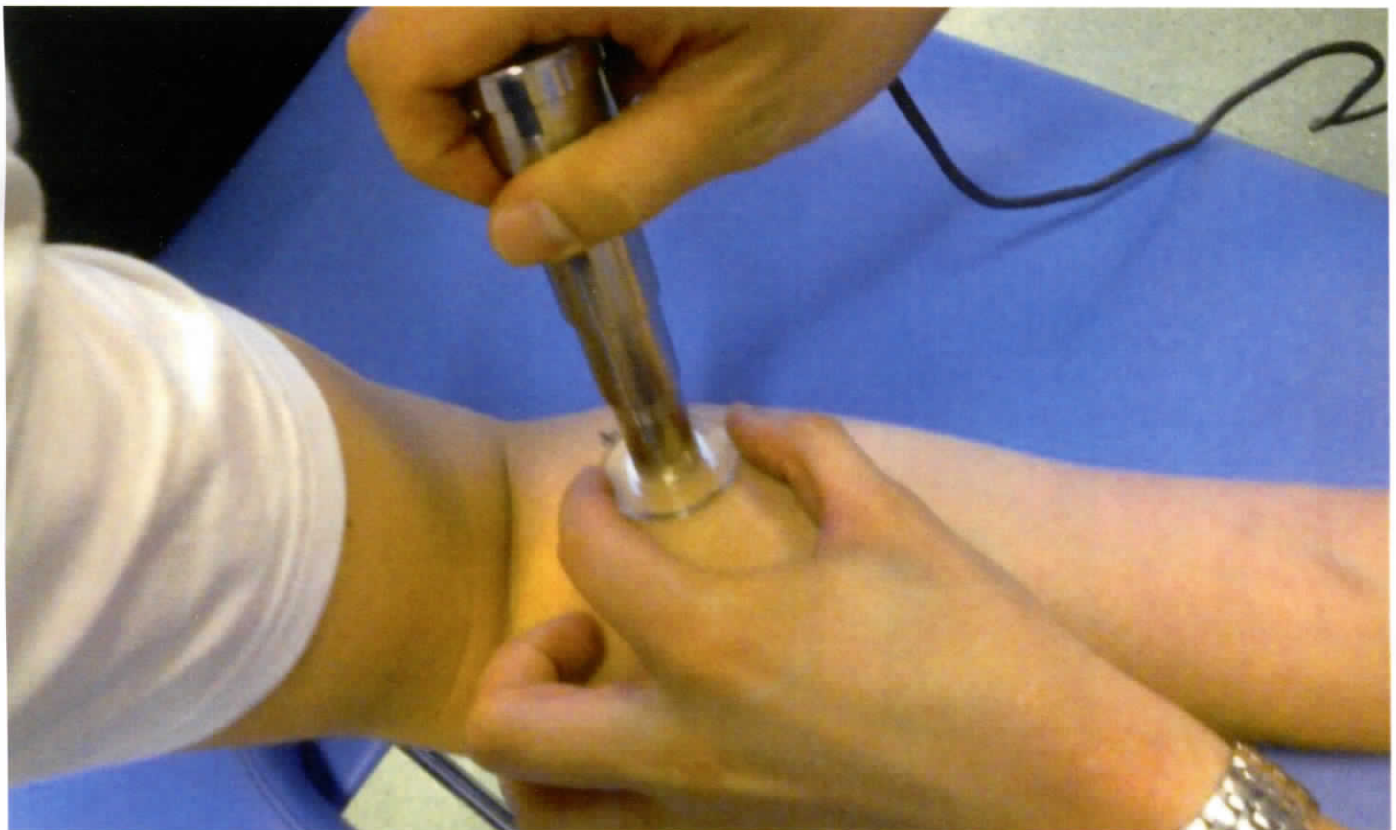
Analysis of the tension was based on the 8 thruts of the probe, weighing from 0.25 to 2kG, on the designated spot and for the specified in millimeters depth, and then programmatically calculating the so-called area under the curve (AUC), which is a conventional unit, being in fact the integrated value of tissues deformation curve, force applied by myotonometer times size of the displaced tissue (Fig. 6).



Ryc. 6. Pomiar progu bólu (PT) algometryem
Fig. 6. Measurement of pain threshold (PT) with algometer

Wyniki badań wykazały brak istotnych statystycznie różnic wykorzystywania metody miotonometrycznej w porównaniu z analizą powierzchniową elektromiografii. Do badań wykorzystano miotonometr Neurogenic Technologies (USA 2010). W wyniku znacznej korelacji z zapisem EMG i bezinwazyjności, metoda miotonometryczna jest z powodzeniem stosowana do oceny napięcia mięśni i tkanki podskórnej. Urządzeniem służącym do oceny doznań bólowych jest algometryr Medical Industries (USA 2011). Wyznaczanie uciskowego progu bólu (ang: Pain Threshold – PT) wydaje się być próbą obiektywnej kontroli tzw. spoczynkowego progu bólu i jego zmian po zastosowanych środkach terapeutycznych, w tym przypadku fizykalnych metod drenażu limfatycznego. Badany poddawany był trzykrotnej próbie uciskowej sondą (parametry wynosiły: $r = 4 \text{ mm}$) w określony obszar tkanki (w rzucie mięśnia dłoniowego długiego) wywołującej siły kompresyjne. Wartość siły (kG lub N) na wyświetlaczu podawana była w sposób cyfrowy z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku i wyliczana jako średnia z 3 pomiarów (Ryc. 7). W przypadku zbyt dużego odchylenia w mierzonej wartości, urządzenie sygnalizowało konieczność powtórzenia próby. Siła nacisku wywierana była do momentu zasygnalizowania przez badanego bodźca jako nieprzyjemnego. Im wyższe były wartości PT tym mniejsze doznania bólowe odczuwał badany. Wszystkich pomiarów (PT, AUC) dokonywano zgodnie ze schematem.

Research results have proven no statistically significant differences between the use of the myotonometric measurement method and the use of the surface electromyography method. For our study the myotonometer made by Neurogenic Technologies (USA 2010) had been used. Being significantly in correlation with the EMG results, and the non-invasive technique, the myotonometric method has been successfully adopted for the assessment of the muscle and subcutaneous tissue tension. The device used to assess the pain sensation has been the algometer, manufactured by the Medical Industries (USA 2011). Determination of the pressure pain threshold (PT) seems to be an objective attempt to assess the so-called rest pain threshold and its changes after the application of the therapeutic techniques, in this case the physical methods of the lymphatic drainage. An examined man had been subjected three times to the pressure test with the probe (the parameter was: $r = 4 \text{ mm}$) on the particular area of the tissue (in the plane of the palmaris longus muscle), which generated the compressive strength. The value of the strength (In kG or N) was digitally shown on the display with two decimal place accuracy, and calculated as the average of the 3 measurements (Fig. 7). In the case of too great deviations in the measured value, the device signaled the need to repeat the test. The pressure had been applied until the the examined man described the sensation caused by the stimulus as unpleasant. The higher the PT values the less pain experienced the tested person. All the measurements (PT, AUC) had been performed in accordance with the diagram.



Ryc. 7. Pomiar napięcia mięśniowego miotonometrem
Fig. 7. Measurement of muscle tension with myotonometer

Analiza statystyczna

W celu dokonania analizy badanych zmiennych obliczono podstawowe statystyki opisowe w postaci miar położenia oraz zmienności, zweryfikowano również normalność rozkładów badanych zmiennych testem Shapiro-Wilka. Dla określenia istotności różnic dla wartości średnich zastosowano analizę wariancji jednoczynnikową i analizę wariancji dla powtarzanych pomiarów. Ponieważ analiza wariancji nie wskazuje na to, pomiędzy którymi grupami czy próbami wystąpiły istotne różnice, w celu sprawdzenia, pomiędzy którymi z nich wystąpiły istotne różnice zastosowano testy wielokrotnych porównań post-hoc Tukeya. Poziom istotności przyjęto: $\alpha=0,05$. Materiał badawczy został opracowany za pomocą pakietu statystycznego Statistica ver. 10 firmy StatSoft. Do opracowania graficznego wyników posłużyły aplikacje komputerowe Excel pakietu Office ver. 2010 firmy Microsoft

Wyniki

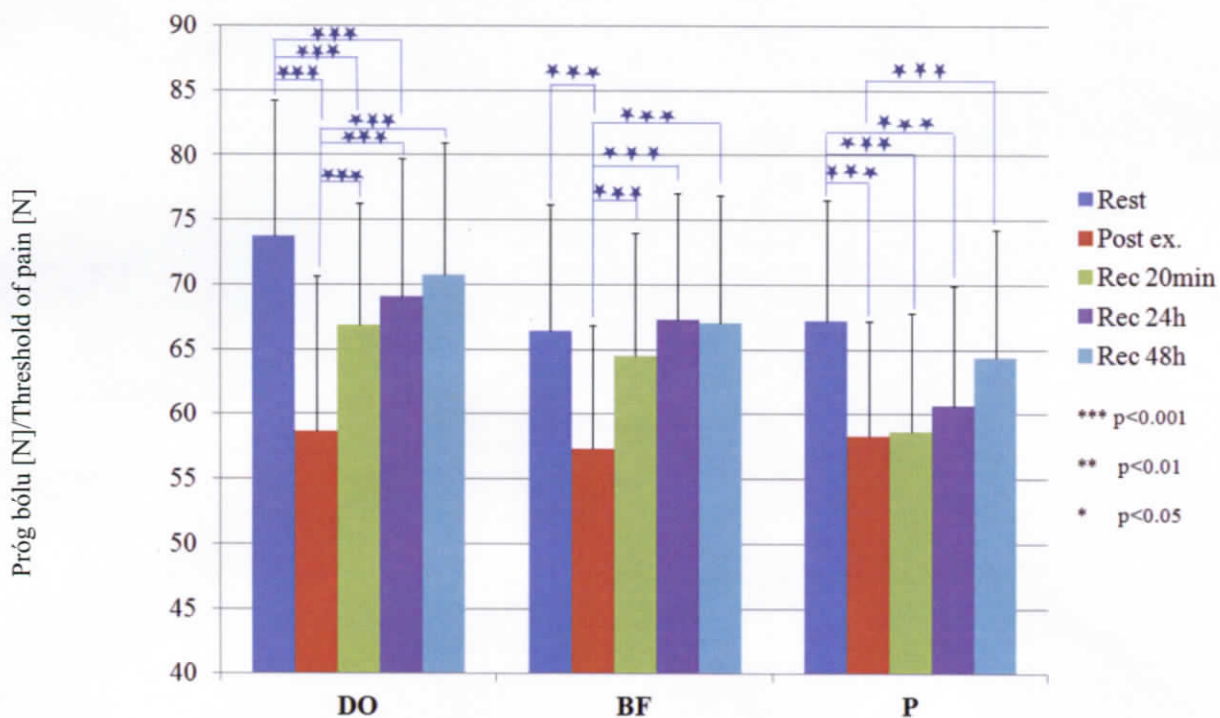
Wpływ DO i BF na próg bólu (PT). Ból mięśniowy jest istotnym czynnikiem wpływającym zarówno na jakość postępowania fizjoterapeutycznego jak i warunkującym podejmowanie kolejnych wysiłków fizycznych.

Statistical Analysis

In order to analyze the variables tested, the basic descriptive statistics have been calculated in the form of position and variability measurements, also verified has been the normality in frequentist statistics, with the Shapiro-Wilk test. To determine the significance of the differences for the mean values, the one-way analysis of variance and the variance analysis have been applied for the repeated measurements. Since the variance analysis yielded no indication, between which groups or tests there have been significant differences, in order to determine between which of them there were the actual significant differences, we have used the post-hoc, multiple comparisons Tukey's range test. The level of statistical significance has been set at: $\alpha=0.05$. The research data have been processed using the statistical software package of Statistica ver. 10 by StatSoft company. To present the study results in the form graphic diagrams, we have used the Excel application of the Microsoft Office ver. 2010.

Results

Impact of the DO and BF methods on the pain threshold (PT). Muscle pain is an important factor affecting both, the nature of the physiotherapy treatment and the future physical performance of the patient.

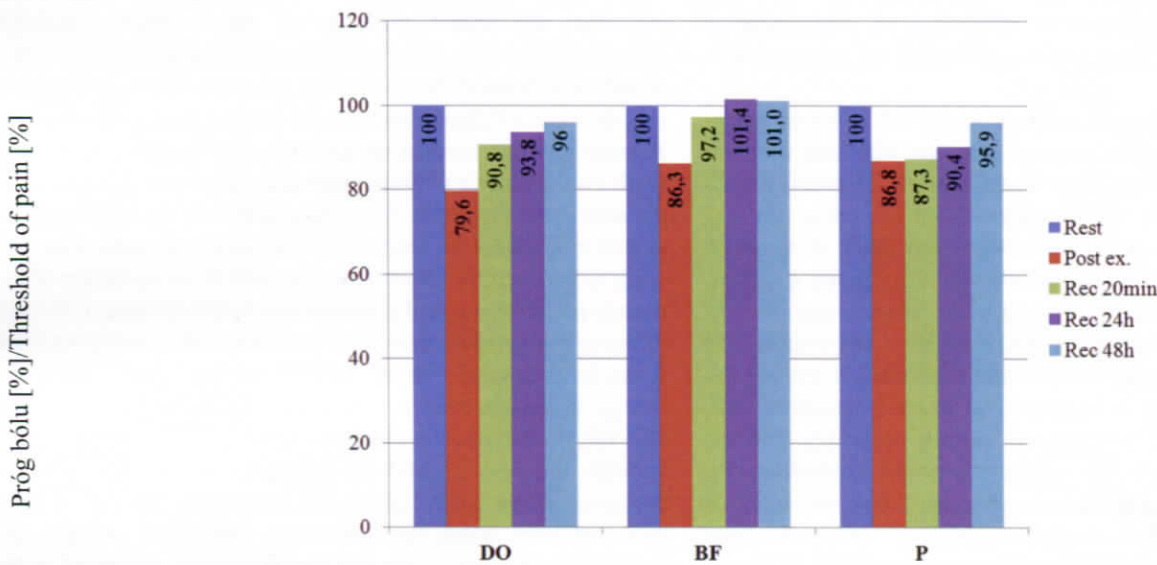


Ryc. 8. Zmiany PT w zależności od czasu pomiaru. Różnice istotne gdy: * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$

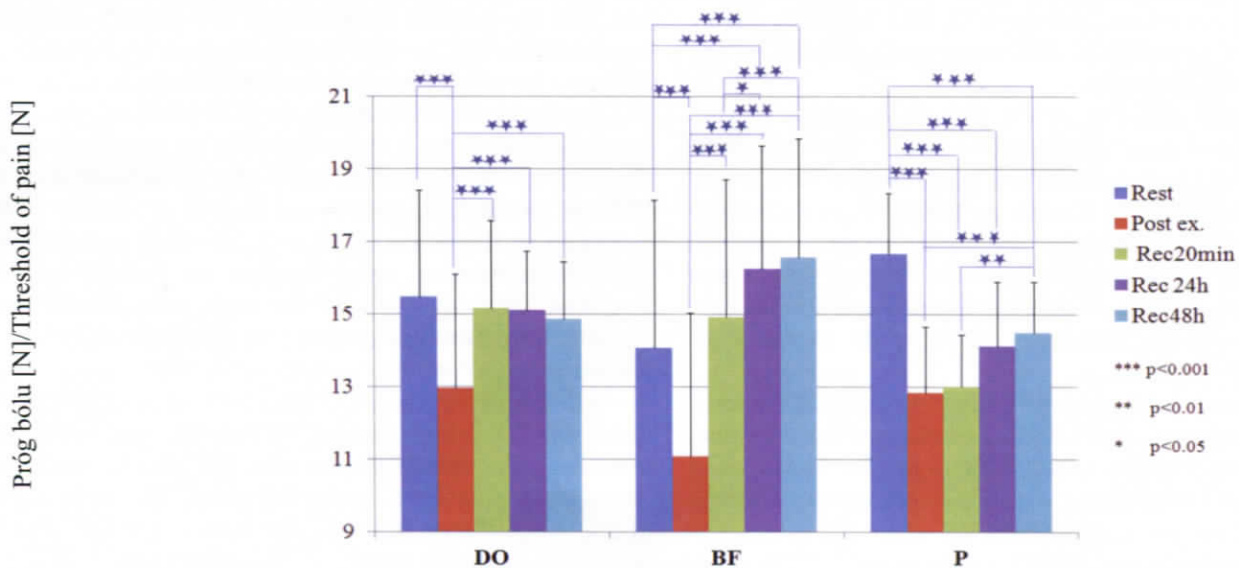
Fig. 8. PT changes, depending on the time of measurement. Differences are significant when: * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$

Prezentowane wyniki progu bólu (PT) (Ryc.8, 9, 10) pozwalają na stwierdzenie, że zastosowany w niniejszych badaniach wysiłek fizyczny wpłynął na wystąpienie bólu zmęczenia mięśni. We wszystkich badanych grupach (DO, BF, P) nastąpiło obniżenie progu bólu (PT) po wysiłku siłowym ($p < 0,001$). Istotne różnice w zakresie wzrostu progu bólu (PT) wystąpiły w przypadku fizykalnych metod drenażu limfatycznego (FMD: DO, BF) w czasie Rec20min ($p < 0,001$) oraz pomiędzy wynikiem po zastosowaniu FMD w Rec24h i Rec48h ($p < 0,001$). W grupie placebo (P) istotne różnice ze względu na próg bólu zanotowano jedynie pomiędzy wynikiem w spoczynku (Rest) a wynikami po teście (Post-ex.) ($p < 0,001$), po zastosowaniu metody w 2 dniu (Rec24h) i po zastosowaniu metody w 3 dniu (Rec48h) $p < 0,001$.

The presented results of the threshold of pain (PT) (Fig. 8, 9, 10) allow to conclude, that the physical exercise effort, performed for the purpose of this study, has had an effect in the occurrence of the muscle fatigue pain. In all the studied groups (DO, BF, P) there has been a decrease in the threshold of pain (PT), after the strength exercise ($p < 0.001$). Significant differences in the increase of the threshold of pain (PT), have occurred in the case of the physical methods of the lymphatic drainage (PMD: DO, BF) in the time of Rec20min ($p < 0.001$), and between the result after the application of the PMD in the time of Rec24h and Rec48h ($p < 0.001$). In the placebo group (P), the significant differences in the pain threshold have been noted only between the result at rest and the results after the exercise (Post-ex.) ($p < 0.001$), on the 2nd day (Rec24h) and on the 3rd day (Rec48h), after the application of the method - $p < 0.001$.



Ryc. 9. Procentowe zmiany PT w zależności od czasu pomiaru
Fig. 9. PT changes in percentages, depending on the time of measurement



Ryc. 10. Zmiany PT pomiędzy metodami w poszczególnych czasach pomiaru. Różnice istotne gdy: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$
Fig. 10. PT changes, between the methods, in the individual times of measurements. Differences are significant when: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Podsumowując analizę progu bólu (PT) można stwierdzić, że po zastosowaniu głębokiej oscylacji oraz elektrostymulacji bodyflow zaobserwowano efekt przeciwbólowy i wzrost progu bólu – tak znaczącej różnicy nie obserwowano w grupie P. W grupie DO nastąpił wzrost progu bólu po terapii w 1 dniu o 11,2 %, dla grupy BF – o 10,9%, dla grupy P – o 0,5%. Analizując dane z drugiego i trzeciego dnia, na uwagę zasługuje wzrost progu bólu ponad wartości wyjściowe dla grupy BF (o 1,4% w 2 dniu i 1% w 3 dniu badania) (Ryc. 9). W grupie DO i P, w kolejnych dniach badania wykazano wzrost progu bólu, jednak wartości nie przekroczyły wartości wyjściowej z 1 dnia i wyniosły: dla DO 4% poniżej wartości wyjściowej i 4,1% poniżej wartości wyjściowej dla grupy P (Ryc. 9). Mając powyższe na uwadze można stwierdzić, że badane metody drenażu limfatycznego wykazują efekt przeciwbólowy w zakresie działania bezpośrednio po wysiłku (istotne statystycznie różnice) i są skuteczniejsze w zwalczaniu bólu zmęczenia mięśni od biernego wypoczynku.

Kolejną analizą dotyczyła wpływ metod BF i DO na napięcie mięśniowe wyrażone poprzez umowną jednostkę – obszar pod krzywą AUC (ang: Area Under Curve). Mięsień, o podwyższonym napięciu w czasie spoczynku powoduje nieefektywną (nadmierną odpowiedź skurczową) pracę w wysiłku. Prowadzić to może do obniżenia wydolności pracy a w konsekwencji do zwiększenia ryzyka urazu sportowego. W wyniku przeprowadzonych badań można stwierdzić, że zastosowane obciążenia testowe doprowadziły do zmiany napięcia mięśniowego w badanych grupach (metodach: DO, BF, P), szczególnie wyrażone w okresie pomiędzy Post-ex. a Rec20min ($p < 0,001$) z wyjątkiem grupy kontrolnej (P), gdzie w tym okresie nie zanotowano istotnych statystycznie zmian ($p > 0,05$). Pod względem analizy spoczynkowego (Rest) napięcia mięśniowego wyrażonego poprzez AUC poszczególne grupy (DO, BF, P) nie wykazywały istotnych statystycznie różnic ($p > 0,05$). Prezentowane wyniki zmian napięcia mięśniowego (Ryc. 11, 12, 13) pozwalają na stwierdzenie, że analizowane metody (DO, BF,) wywołały istotny wzrost AUC ($p < 0,001$) po ich zastosowaniu (różnica pomiędzy Post-ex a Rec20min).

W przypadku BF, DO istotne różnice występują w AUC w spoczynku (Rest) a wynikiem po teście wysiłkowym (Post-ex.) ($p < 0,001$) oraz wynikiem po zastosowaniu FMD w dalszych dniach Rec24h i Rec48h ($p < 0,001$). W grupie kontrolnej (P-efektu placebo) nie odnotowano istotnych statystycznie różnic pomiędzy okresem Post-ex. a Rec20min ($p > 0,05$). W pozostałych okresach (Rec24h oraz Rec48h) obserwowano istotne różnice w stosunku do okresu Post-ex. ($p < 0,001$) (Ryc. 11).

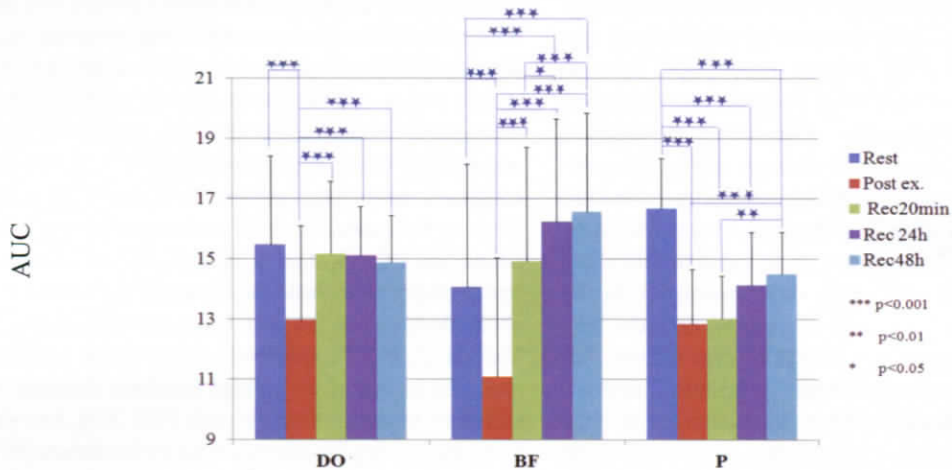
Podsumowując analizę napięcia mięśniowego należy zauważyć, że największy spadek AUC, a co za tym idzie wzrost napięcia mięśniowego po teście wysiłkowym (Post-ex.), nastąpił w grupie BF i wyniósł 21,2% natomiast najmniejszy w grupie DO 16,3% (ta grupa wykazywała też najwyższe spoczynkowe napięcie mięśniowe) (Ryc.12). Obserwując różnice w niwelowaniu powysiłkowego wzmożonego napięcia mięśniowego należy podkreślić, że największy procentowy wzrost AUC w 1 dniu (Rec20min) (obniżenie napięcia) ob-

In conclusion of the analysis of the pain threshold (PT) it can be said, that after the application of the deep oscillation and the body flow electric stimulation, there have been observed the pain relief effect and the increase in the pain threshold - such a significant difference has not been noted in the P group. In the DO group, the pain threshold after the therapy has been increased on the 1st day by 11.2 %, in the BF group - by 10.9%, in the P group - by 0.5%. When analyzing the data from the second and the third day, one should note the pain threshold increase above the initial values for the BF group (by 1.4% on the 2nd day, and by 1% on the 3rd day of the study) (Fig. 9). In the groups DO and P, in the following days of the study, there has been demonstrated the increase in the pain threshold, but the values have not exceeded the initial values of the 1st day, and have been as follows: for the DO group 4% below the initial value, and 4.1% below the initial value for the group P (Fig. 9). Considering the above, it can be stated, that the tested methods of the lymphatic drainage demonstrate the pain relief effect directly after the exercise (statistically significant differences), and are more effective in combating the muscle fatigue pain, than the passive forms of recreation. Another analysis focused on the impact of the BF and DO methods on the muscle tension, expressed in the conventional unit - the area under the curve AUC. A muscle with the increased tension at rest, causes the inefficient (excessive contractile response) work in the exercise effort. This may lead to the reduction of the muscle performance, and consequently to the increase of the risk of injury during sports activities. In effect of the carried out tests, it can be concluded, that the applied test loads have led to the change in muscle tension, in the participating groups (methods: DO, BF, P), in particular those which have occurred in the period between the Post-Ex. and the Rec20min ($p < 0,001$), with the exception of the control group (P), wherein in this period there have not been noted any statistically significant changes ($p > 0,05$). In the analysis of the rest muscle tension, expressed in the AUC, the particular groups (DO, BF, P) have not shown statistically significant differences ($p > 0,05$). The presented results of the muscle tension measurements (Fig. 11, 12, 13) allow the conclusion, that the analyzed methods (DO, BF) caused a significant increase in the AUC ($p < 0,001$), after they have been applied (the difference between Post-ex and Rec20min). In the case of BF and DO, the significant differences in the AUC have been shown between the result at rest and the result after the exercise stress test (Post-ex.) ($p < 0,001$), and the result after the application of the PMD in further days, Rec24h and Rec48h ($p < 0,001$). In the control group (P-placebo effect) there have been no statistically significant differences noted between the Post-ex. and the Rec20min times ($p > 0,05$). In the other times (Rec24h and Rec48h), there have been observed the significant differences in relation to the Post-ex. time ($P < 0,001$) (Fig. 11).

In conclusion of the analysis of the muscle tension, it should be noted, that the greatest decrease of the AUC, and thereby the increase in the muscle tension after the exercise stress test (Post-ex.), has occurred in the BF group, and amounted to 21.2%, while the smallest one has been in the DO group - 16.3% (this group has also shown the greatest muscle tension at rest) (Fig. 12). While observing the differences in reduction of the post exercise muscle tension, it should be stressed, that the largest percentage increase of the AUC on the 1st day

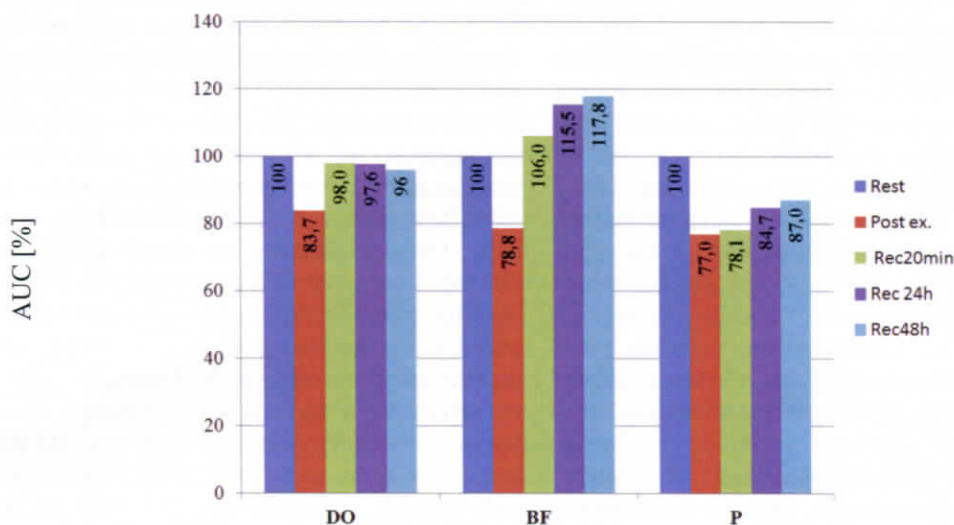
serwowano w grupie BF – wyniósł on 27,2% i, co ciekawe, przekroczył w 1 dniu (Rec20min) wartość spoczynkową (Rest), w grupie DO – o 14,3% oraz w grupie P – o 1,1%. Bardzo ważną obserwacją jest stały i istotny statystycznie wzrost AUC w kolejnych dniach badania w grupie BF (15,5% w 2 dniu (Rec24h) i 17,8% w 3 dniu (Rec48h) – powyżej wartości wyjściowej). Biorąc pod uwagę średnie wartości procentowe dla tych grup, pomiędzy napięciem mięśniowym po wysiłku (Post-ex.) a ostatnim dniem badania (Rec48h), w grupie BF pojawia się różnica 39% w AUC, co świadczy o wybitnie silnym efekcie przeciwnapięciowym zastosowanej metody. Różnica ta dla pozostałych grup wyniosła odpowiednio: DO 12,3%, P – 10% (Ryc.12). Wynika z powyższego, że analizowane metody fizykalne drenażu limfatycznego wykazują tzw. natychmiastowy efekt przeciwnapięciowy, jednak między sobą ze względu na małą grupę nie wykazują istotnych statystycznie różnic (z wyłączeniem grupy P). Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że metoda BF powoduje dalszą redukcję napięcia mięśniowego, co potwierdza hipotezę badawczą w kolejnych dniach (Rec24h i Rec48h) (Ryc. 13).

(Rec20min) has been noted in the BF group - it amounted to 27.2%, and interestingly, it has exceeded on the 1st day (Rec20min) the rest value in the group DO - by 14.3% and in the group P - by 1.1%. A very important observation is the constant and statistically significant increase of the AUC during the following days of the study in the BF group (15.5% on day 2nd (Rec24h) and 17.8% on day 3rd (Rec48h) - above the initial value). Taking into account the average percentage values for those groups, between the muscle tension after the exercise (Post-ex.) and on the last day of the study (Rec48h) in the group BF, there has occurred the difference of 39% in AUC, which has confirmed a very strong anti-tension effect of the method used. This difference for the other groups was, accordingly: DO 12.3%, P – 10% (Fig. 12). The above data demonstrate, that the analyzed physical methods of the lymphatic drainage have had the immediate anti-tension effect, but due to the small size of the groups, there have not been shown statistically significant differences between them (the P group excluded). Particularly noteworthy is the fact, that the BF method has further reduced muscle tension, which has confirmed the research hypothesis in the following days (Rec24h and Rec48h) (Fig. 13).



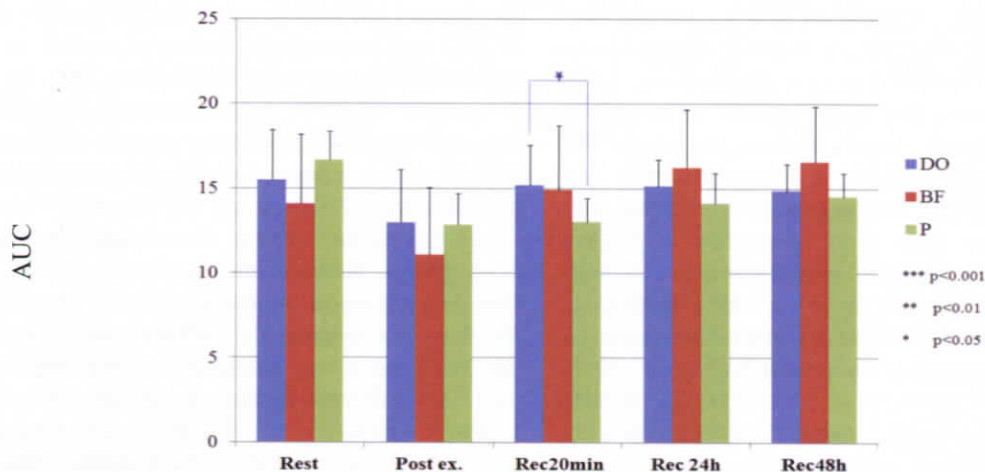
Ryc. 11. Zmiany AUC w zależności od czasu pomiaru. Różnice istotne gdy: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Fig. 11. AUC changes, depending on the time of measurement. Differences are significant when: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001



Ryc. 12. Procentowe zmiany AUC w zależności od czasu pomiaru

Fig. 12. AUC changes in percentages, depending on the time of measurement



Ryc.13. Zmiany AUC pomiędzy metodami w poszczególnych czasach pomiaru. Różnice istotne gdy: * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$

Fig. 13. AUC changes, between the methods, in the individual times of measurements. Differences are significant when: * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$

Dyskusja

Nadal w literaturze naukowej nie jest poznana kwestia wpływu metod stymulujących limfangiomotorykę jakimi są głęboka oscylacja oraz elektrostymulacja typu body flow na napięcie mięśniowe i ból mięśniowy. Ponadto, nie dokonano wcześniej analizy porównawczej wszystkich dostępnych i wykorzystywanych aktualnie w fizjoterapii metod drenażowych. [14, 3, 2]. Tezę tę zdają się także potwierdzać inni autorzy. Schillinger [14] w swojej rozprawie magisterskiej na temat różnych form masażu leczniczego w zakresie niwelacji zmęczenia i DOMS podkreśla brak wystarczającej liczby wyników oceniających wpływ różnych metod drenażu limfatycznego na procesy regeneracji powysiłkowej mięśni. Vario i wsp. dokonując systematycznego przeglądu literatury (100 opracowań) w zakresie wpływu manualnego drenażu limfatycznego w rehabilitacji i medycynie sportowej z lat 1998 – 2008, udokumentowali zaledwie 9 artykułów spełniających ustalone przez autorów kryteria [3].

Wybór metod poddanych analizie w niniejszych badaniach podyktowany był także chęcią wieloaspektowego bodźcowania układu limfatycznego. Różne rodzaje energii zastosowane w badaniach pozwoliły także na dokonanie oceny skuteczności danego rodzaju bodźca. Dodatkowo zawodnicy, którzy poddani zostali analizie wpływu tych metod, uprawiali mieszane sztuki walki (MMA) – dyscyplinę sportową, jak na polskie warunki, stosunkowo młodą. W analizowanej literaturze nie odnaleziono licznych opisów elektrostymulacji mięśni gładkich, być może ze względu na fakt, że weryfikowana przez autora niniejszych badań metoda elektrosymulacji typu body flow jest nowoatorska. Chociaż sama metoda elektrostymulacji należy do bardzo rozwiniętych oraz przebadanych w medycynie fizykalnej [15, 16, 17, 18], to jednak prąd o takim parametrze nie był dotychczas szerzej analizowany. Interesujące wyniki niwelacji markerów zmęczenia uzyskał Sostaric i wsp. [19]. Istnieją doniesienia, co do popularnych metod elektroterapeutycznych, szczególnie stosowania elektrostymulacji typu TENS oraz najpopularniejszej

Discussion

In the scientific literature on the subject, still not very well researched is the impact of the techniques stimulating lymphatic motoricity, such as deep oscillation and electric stimulation of the body flow type, on the muscle tension and the muscle pain. In addition, there have not been comparative analysis made of all the methods of drainage available, and currently in use, in physiotherapy. [14, 3, 2]. The thesis seems to be confirmed also by other authors. Schillinger [14], in his master degree thesis on the various forms of the therapeutic massage for reduction of fatigue and DOMS, stresses the lack of a sufficient number of the research results to evaluate the impact of the various methods of lymphatic drainage, on the post-workout muscle regeneration processes. Vario et al., in their systematic review of the literature (100 studies) about the impact of the manual lymphatic drainage on rehabilitation and sports medicine, from the years 1998-2008, have documented only 9 articles, meeting the criteria set out by the authors [3].

The choice of methods to be analyzed in this study, has also been dictated by our aim of the multifaceted stimulation of the lymphatic system. Different types of energy used in the study also made it possible to assess the effectiveness of the particular type of stimulus. In addition, the athletes who have been subjected to the analysis of the impact of the above methods, practice the Mixed Martial Arts (MMA) - a sport discipline relatively "young" by Polish standards. The author of this study, while researching the literature, has not found many descriptions of the smooth muscles electric stimulation, perhaps due to the fact, that the verified here method of the body flow electric simulation is a novelty. Although generally, the electric stimulation itself is well developed and very well researched [15, 16, 17, 18], still the electrical current with such parameters has not been widely examined so far. Interesting results in the reduction of the fatigue markers have been achieved by Sostaric et al. [19]. There are some reports about the popular electrotherapy methods, especially the electric stimulation of the TENS type, and the most popular these days in the area of the microcirculation stimulation - the high voltage electrotherapy [15, 20]. In this area some satisfactory analgesic results have been observed, however la-

obecnie w zakresie stymulacji mikrokrążenia – elektroterapii wysokowoltażowej (ang. High Voltage – HV) [15, 20]. W tym zakresie obserwowano zadawalające wyniki analgezyczne, jednaze nie utrzymujące się dłużej niż kilka godzin [21]. Powstały także rozbieżności, co do samej metodyki zabiegów [22]. Piller i wsp. [17] uzyskali w randomizowanych badaniach interesujące wyniki w zakresie stosowania elektrostymulacji typu bodyflow wśród pacjentek z obrzękiem limfatycznym po mastektomii.

Doniesienia naukowe dotyczące wpływu głębokiej oscylacji (DO) na zmniejszanie skutków zmęczenia mięśniowego i przetrenowania nie są znane. Najobszerniej w literaturze opisane są analizy wolumetryczne u pacjentek po mastektomii. W wielu różnych ośrodkach obserwowano zadawalające wyniki redukcji obrzęku limfatycznego oraz poprawę ruchomości stawowej wraz z poprawą subiektywnej skali bólu [23, 24, 10]. Interesujące badanie nad aktywnością enzymów proteolitycznych oraz nad przeciwzapalnym i przeciw wysiękowym efektem u zwierząt doświadczalnych dostarczył zespół pod kierownictwem Mikhalkich i wsp. [25] z Centralnego Szpitala Klinicznego w Moskwie, gdzie oceniano procesy leczenia ran wypręparowanych na skórze szczurów. Pomimo że fizyczne metody drenażu limfatycznego mają już swoją historię i szereg badań w zakresie limfologii, to jednak nie ma to odzwierciedlenia w zakresie zastosowania tych metod w odnowie biologicznej u sportowców wyczynowych. Należy jednocześnie pamiętać, że zastosowanie jakichkolwiek metod odnawiających będzie optymalne w sytuacji, gdy poznamy dokładnie zmiany zachodzące w wyniku wysiłku fizycznego w MMA. Dopiero połączenie obu kierunków badań przynieść powinno pożądane rezultaty, a w konsekwencji dalszą minimalizację kontuzji i przetrenowania w tym wyczerpującym energetycznie i kontaktowym sporcie.

Podsumowanie

W procesie wyrównywania zmian w tkance mięśniowej związanych z bólem i napięciem mięśniowym istotne znaczenie ma stymulowanie mikrokrążenia. Zaangażowanie mięśni szkieletowych zwłaszcza w wysiłek statyczny wpływa na zwiększenie obwodowego oporu przepływu, stymulację dosercowych włókien adrenergicznych a w konsekwencji zaburzeń w mikrokrążeniu i zmniejszeniu powrotu żylnego. Zastosowanie metod drenażu bodyflow oraz głębokiej oscylacji we wspomaganie procesów niwelacji bólu i napięcia powysiłkowego mięśni szkieletowych wydaje się być w świetle przedstawionych wyników badań skuteczną metodą.

Wnioski

1. Fizyczne metody drenażu limfatycznego (BF, DO) zastosowane w niniejszych badaniach wpłynęły na obniżenie napięcia mięśniowego w pierwotnej fazie restytucji powysiłkowej (Rec20min), co potwierdza korzystny wpływ na zdolność do podejmowania powtarzalnych wysiłków niwelując ryzyko urazu.

sting no longer than a few hours [21]. There have also occurred discrepancies regarding the methodology of the treatments [22]. Piller et al. [17] obtained in their studies interesting results in application of the body flow electric stimulation in patients with the lymphedema after the mastectomy.

Scientific reports on the impact of the deep oscillation (DO) on the reduction of the muscle fatigue and overtraining symptoms. In literature, most widely described are the volumetric analyses of women after mastectomy. In many different centers, there have been observed satisfactory results of the lymphedema reductions, and the improvement of the joints mobility together with the improvement of the subjective pain sensation [23, 24, 10]. An interesting study on the activity of proteolytic enzymes and their anti-inflammatory and anti-exudate effect in experimental animals has contributed the team led by Mikhalkich et al. [25] from the Central Clinical Hospital in Moscow, where they have evaluated healing processes in wounds prepared on the skin of rats. Although the physical methods for lymphatic drainage already have their history, and a number of studies in the field of lymphology, it is not reflected in the application of these methods in the biological regeneration of the professional sportsmen. At the same time, we should remember, that any regeneration methods will be optimal in the situation, when we will learn exactly what changes occur renewal will be optimally when we learn exactly changes due to physical training of the MMA. Only the combination of both directions of the research will bring the expected results and, in consequence, further decrease in the number of injuries and overtraining in this exhaustive contact sport.

Summary

In the process of repairing the changes in the muscle tissue, associated with pain and muscle tension, the key issue is to stimulate the microcirculation. The engagement of the skeletal muscles, in particular in the static effort, increases the peripheral resistance to blood flow, stimulates the cardiac adrenergic fibers and, in consequence, causes disturbances in the microcirculation and reduced venous return. The application of the bodyflow and the deep oscillation drainage methods to improve the processes of reducing the pain and the post exercise skeletal muscles tension, seems to be effective, in light of the presented research results.

Conclusions

1. Physical methods for lymphatic drainage (BF, DO), applied in this study, have had an impact on the reduction of the muscle tension in the initial phase of the post exercise recovery (Rec20min), which confirms the positive impact on the ability to perform repeated efforts, while reducing the risk of injury.

2. Application of the treatment employing the DO and BF drainage methods, significantly reduces the subjective pain sensation immediately after the treatment (Rec20min) and 24h after the recovery (Rec24h),

3. The observed changes in the muscle tension and pain threshold, after application of the physical methods of lymphatic drainage, when compared to the persons in which the methods have not been applied, have been the most significant in the

2. Wykonanie zabiegu z wykorzystaniem metod drenażu DO i BF istotnie zmniejsza subiektywne odczucie bólu bezpośrednio po zabiegu (Rec20min) oraz 24h po restytucji (Rec24h).
3. Obserwowane zmiany napięcia mięśniowego, progu bólu po zastosowaniu fizykalnych metod drenażu limfatycznego w porównaniu do osób u których nie zastosowano wymienionych metod były największe w pierwotnej fazie restytucji tj. w pierwszym dniu po zastosowaniu analizowanych metod. Wynika z tego istotne wskazanie do szybkiego włączenia tych metod w celu poprawy zdolności sportowców do podejmowania powtarzalnych wysiłków siłowych.
4. W związku z tym, że metoda BF nie wymaga znacznego zaangażowania terapeuty i może być aplikowana na zmęczoną tkankę podczas wykonywania przez zawodnika innych czynności np.: udział w konferencji prasowej po zawodach – znacznie skraca czas niezbędny na odnowę biologiczną.

initial stages of recovery, i.e. on the first day after the analyzed methods have been applied. The important conclusion is, that these methods should be quickly implemented to improve the ability of athletes to perform the repeatable strength efforts.

4. Since the BF method does not require a significant engagement of a therapist and can be applied on the fatigued tissue when an athlete does other things, such as: participating in a press conference after the event – significantly reduces the time required for the biological recovery.

Adres do korespondencji / Corresponding author



dr n. kf Robert Trybulski

e-mail: rtrybulski@o2.pl,
tel. 502591428

Piśmiennictwo/ References

1. Fairey A. S., Courneya K. S., Field C. J. & Mackey J. R.: Physical exercise and immune system function in cancer survivors, *Cancer*, 2002, nr 94(2), s. 539 – 551.
2. Ochalek K., Szygula. Z.: Manualny drenaż limfatyczny w medycynie i sporcie, *Medicina Sportiva Practica*, 2010, t. 11, nr 2, s. 25 – 30.
3. Giampietro L. Vario, Sayers J. Miller, Nicole M. McBrier, William E. Buckley, Systematic Review of Efficacy for Manual Lymphatic Drainage Techniques in Sports Medicine and Rehabilitation: An Evidence-Based Practice Approach Therapy, *Journal of Manual & Manipulative*, 2009, nr 17, s. 80 – 89.
4. Sedlak W. Mała encyklopedia bioelektroniki, Wydawnictwo PAX, 2000
5. Datubo-Brown. D.D.: Keloids: a review of the literature, *British Journal of Plastic Surgery*, 1990, nr 43, s 70 – 7.
6. Mould R. F., Aronowitz J.: Development of knowledge about electricity and electrotherapy with a particular focus X-rays and cancer treatment, *Journal of Oncology*, 2006, nr 6, s. 711 – 720.
7. Bringezu G., Schreiner O., pod red. Ślusarczyk K. Kiszki A., Biały S.: Kompleksowa terapia przeciwzastoinowa, *Polskie Towarzystwo Limfologiczne, Chorzów* 2009.
8. Praca zbiorowa pod red. Kociński J.: *Encyklopedia Fizyki*, PWN, Warszawa 1972, t. 1.
9. Atkinson R.: A simple theory of the Johansen – Rahbek effect, *British Journal of Applied Physics*, 1996, nr 2, s. 325 – 332.
10. Tápanes, S. H. I inni, Value of deep oscillation therapy in the healing of AB burns. , *Cuban Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 2010.
11. Trybulski R.: Terapia fizykalna głęboką oscylacją i elektrostymulacja Body Flow w uzupełnieniu leczenia obrzęków, *Rehabilitacja w praktyce*, 2011, nr 6, s. 49 – 55.
12. Liana R., Chudański M., Ponikowska I.: Badania nad standaryzacją laserowej przepływowymetrii dopplerowskiej – normy własne, *Diabetologia Praktyczna*, 2009, t. 10, s. 2, 58 – 64.
13. Vigouroux L., Quaine F.: Fingertip force and electromyography of finger flexor muscles during a prolonged intermittent exercise in elite climbers and sedentary individuals, *European Journal of Sports Sciences*, 2006, nr 24, s. 174 – 180.
14. Schillinger A.: *Hat Massagetherapie einen Einfluss auf die Regeneration und vor allem auf die Reduktion der Symptome von delayed onset muscle soreness (DOMS)?* Masterthesis. Erlangung des Master of Advanced Studies am Fachbereich für Sport und Bewegungswissenschaftender Universität, Salzburg 2007.
15. Bettany J.A., Fish D. R., Mendel F. C.: Influence of high voltage pulsed direct current on edema formation following impact injury, *Physical Therapy*, 1990, nr 70, s. 219 – 224.
16. Mendel F. C., Fish D. R.: New perspectives in edema control via electrical stimulation, *Journal of Athletic Training*, 1993, nr 1, s. 62.
17. Piller N., Douglass J., Heidenreich J. B., Moseley A.: Placebo controlled trial of mild electrical stimulation, *Journal of Lymphoedema*, 2005, nr 1, s. 15 – 25.
18. Belmonte R., Tejero M., Ferrer M., Muniesa J.M., Duarte E., Cunillera O., Escalada F.: Efficacy of low-frequency low-intensity electrotherapy in the treatment of breast cancer-related lymphoedema a cross-over randomized, *Clinical Rehabilitation*, 2011, nr 26(7), s. 607 – 618.
19. Sostaric S., Pearce A., Gatt B., McKenna M. J., Stathis Ch., Craig Goodman C.: Effects of mild electro-stimulation (Bodyflow) treatment on healthy humans following exercise induced muscle damage, *Centre for Ageing, Rehabilitation, Exercise & Sport*, Victoria University, 2007.
20. Cook H. A., Morales M., La Rosa E. M., Abby O., Wright K. S., Kula T., Dean J. J., Donnelly M. K., McHugh P., Tepper S. H.: Effects of electrical stimulation on lymphatic flow and limb volume in the rat, *Physical Therapy*, 1994, nr 74, s. 1040 – 1046.
21. Denegar C. R, Huff C. B.: High and low frequency TENS in the treatment of induced musculoskeletal pain: a comparison study, *Journal Athletic Training*, 1988, nr 23(3), s. 235 – 237, 258.
22. Allen J.D., Mattacola C.G., Perrin D.H.: Effect of microcurrent stimulation on delayed onset muscle soreness: A double blind comparison, *Journal Athletic Training*, 1999; nr 34(4), s. 334 – 337.
23. Aliyev R.: Hochsignifikante Therapieerfolge mit Deep Oscillation in der orthopädischen, *Rehabilitation. Orthopädische Praxis*, 2008.
24. Jahr S. Schoppe B., Reihauer A.: Effect of treatment with low-intensity and extremely low-frequency electrostatic fields (Deep Oscillation) on breast tissue and pain in patients with secondary breast lymphoedema. *Rehabilitation Medicine*, 2008, nr 40, s. 645 – 650.
25. Mikhalechik E., Titkova S., Anurov M., Suprun M., Ivanova A., Trakhtman I., Reinhold J.: Wound Healing Effects of Deep Oscillation, 1st. International Conference on Skin and Environment, Moscow – St. Petersburg 2005.