

Skuteczność ćwiczeń mięśni prostowników kręgosłupa lędźwiowego – stabilizacja lokalna czy globalne wzmocnianie. Przegląd piśmiennictwa

The Effectiveness of Lumbar Extensor Training: Local Stabilization or Dynamic Strengthening Exercises. A Review of Literature

Michał Hadała^{1,2(A,B,C,D,E,F,G)}, Szymon Gryckiewicz^{1(B,C,D,E,F)}

¹ Fizjo-Sport Poland

² Fisio-Sports Spain

STRESZCZENIE

Wstęp. Słaba kondycja mięśni prostowników kręgosłupa (biodrowo-żebrowy, najdłuższy i wielodzielny) jest czynnikiem ryzyka urazu i bólu odcinka lędźwiowego (LBP- low back pain). W pracy przedstawiono różne aspekty ewidencji naukowej potwierdzające skuteczność ćwiczeń mięśni prostowników kręgosłupa lędźwiowego.

Materiał i metody. W procesie wyszukiwania artykułów korzystano z baz artykułów MedLine i PubMed. Przy wyszukiwaniu prac uwzględniono następujące słowa kluczowe: ćwiczenie na mięsień wielodzielny – część lędźwiowa (lumbar multifidus muscle exercise), ćwiczenie globalne kręgosłupa lędźwiowego (low back global exercise), ćwiczenie na kontrolę motoryczną w przewlekłych dolegliwościach kręgosłupa lędźwiowego (motor control exercise in chronic low back), ćwiczenie stabilizacyjne kręgosłupa lędźwiowego (low back stabilization exercise).

Wyniki. Liczne badania naukowe przedstawiają atrofię mięśnia wielodzielnego i zastąpienie go przez tkankę tłuszczową po przebytych epizodach bólowym. Odtworzenie tonicznej aktywności mięśnia wielodzielnego jest podstawowym warunkiem przywrócenia zdrowego i funkcjonalnie sprawnego kręgosłupa. Natomiast ćwiczenia kondycyjne i siłowe stanowią ważny element w prewencji urazów u sportowców i osób aktywnych fizycznie.

Wnioski. 1. Stabilizacja odcinka lędźwiowego kręgosłupa jest bardziej efektywna u pacjentów z przewlekłymi dolegliwościami kręgosłupa. 2. Ćwiczenia kondycyjne i siłowe stanowią ważny element w prewencji i redukcji urazów u sportowców.

Słowa kluczowe: kręgosłup, ćwiczenia prostowników, stabilizacja, mięśnie

SUMMARY

Background. Deconditioning of the lumbar extensor musculature (lumbar erector spinae and multifidus) is a risk factor for low back injury and pain. The article presents various aspects of scientific reports which confirm the effectiveness of lumbar extensor exercises.

Material and methods. The articles to be reviewed were extracted from the MedLine and PubMed databases. The following key words were used as search terms: lumbar multifidus muscle exercises, low back global exercise, motor control exercise in chronic low back pain, low back stabilization exercise.

Results. A number of prior investigations have described lumbar multifidus atrophy and replacement by fat after low back injury. Restoration of the tonic activity of the multifidus muscle is an essential condition in regaining health and spine functions. On the other hand, conditioning and strengthening exercises are considered valuable in effectively 'pre-habilitating' and reducing injury risk for athletes.

Conclusions. 1. The lumbar low load specific stabilization exercises would be more efficient than muscle strengthening in the improvement of chronic low back pain. 2. Conditioning and strengthening exercises are considered valuable in effectively 'pre-habilitating' and reducing injury risk for athletes.

Key words: spine, extensor training, stabilization, muscles

WSTĘP

Ból odcinka lędźwiowego (LBP- low back pain) jest bardzo często spotykanym problemem w społeczeństwie; od 60% do 80% populacji ludzkiej doświadcza podczas swojego życia epizodu bólowego odcinka lędźwiowego, a 60 % do 86 % ludzi ma więcej niż jeden epizod LBP [1].

Zarówno dla sportowców, jak i dla ogółu społeczeństwa, sprawność mięśni kręgosłupa lędźwiowego jest brana pod uwagę jako ważny aspekt kondycji fizycznej. Sugeruje się, że słaba kondycja mięśni prostowników kręgosłupa (biodrowo-żebrowy, najdłuższy i wielodzielny) jest czynnikiem ryzyka dla urazu oraz bólu w obrębie odcinka lędźwiowego, a nad poprawą wydolności mięśniowej można pracować poprzez stosowanie ćwiczeń, będących efektywnym narzędziem w procesie redukcji tego ryzyka.

Literatura donosi o efektywności ćwiczeń poprawiających wytrzymałość i siłę mięśniową w procesie leczenia przewlekłych niespecyficznych dolegliwości odcinka lędźwiowego (CNSLBP- chronic nonspecific low back pain), poprzez zmniejszenie bólu i poprawę funkcji w aktywnościach dnia codziennego [2]. Jednak w ostatnich latach pojawiają się pytania dotyczące metod, w których stosuje się ćwiczenia po to, aby określić parametry i mechanizmy działania tych ćwiczeń.

Wiele badań wykazało, że mięsień wielodzielny odcinka lędźwiowego (LM – lumbar multifidus) odgrywa istotną rolę w przewlekłych nawrotach niespecyficznych dolegliwości odcinka lędźwiowego (NSLBP – nonspecific low back pain) [3-7]. Liczne badania wskazują, że trening stabilizacji segmentarnej nakierowany na edukację pacjenta w zakresie aktywacji mięśnia wielodzielnego jest bardziej efektywny niż trening wzmacniający grupę mięśni powierzchownych (prosty brzucha, skośne brzucha, prostownik grzbietu), zarówno jeśli chodzi o poprawę w obrębie morfologii mięśnia wielodzielnego, jak i redukcję dolegliwości bólowych odcinka lędźwiowego [6].

Specjalną uwagę skierowano na ćwiczenia, których celem jest odruchowe utrzymanie napięcia mięśniowego podnoszącego stabilność odcinka lędźwiowego [1,4,8,9]. Pomimo że nie ma formalnej definicji, która precyzyjnie określa czym są ćwiczenia stabilizacji odcinka lędźwiowego, to jednak proces ten ma na celu poprawę kontroli nerwowo-mięśniowej, siły i wytrzymałości mięśni znajdujących się w „centrum” i odpowiedzialnych za utrzymanie stabilności dynamicznej kręgosłupa i tułowia. W ostatnich latach wyszczególniono różne grupy mięśniowe, do których sklasyfikowano głębokie i powierzchowne mięśnie kręgosłupa lędźwiowego. Klasyfikacja ta znacznie ułatwia dobór odpowiednich ćwiczeń w procesie rehabilitacji [4,9].

BACKGROUND

Low back pain (LBP) is very common in societies: approximately 60% to 80% of the population will experience an episode of LBP during their lifetime, and 60% to 86% of these people will have more than one episode of LBP [1].

For athletes as well as the general population alike, conditioning the muscles of the lower back could be considered an important aspect of overall fitness. It has been suggested that deconditioning of the lumbar extensor musculature (lumbar erector spinae and multifidus) is a high risk factor for low back injury and pain, and that conditioning these muscles through exercises might offer an effective means of reducing this risk.

The literature supports the effectiveness of active reconditioning exercises in the treatment of CNSLBP (chronic nonspecific low back pain), by reducing pain and improving function in activities of daily life [2]. However, a number of questions regarding the manner of their application have been raised during recent years and the parameters and mechanisms of action of such exercises still remain to be determined.

A number of studies have indicated that the lumbar multifidus (LM) muscle plays an important role in the recurrence of CNSLBP [3-7]. Several investigations suggest that segmental muscle stabilization training, that is a training directed at teaching patients to activate their LM, is superior to „superficial” strengthening of global muscle groups (rectus abdominis, obliquus abdominis, erector spinae), both in improving LM morphology and in relieving low back pain [6].

There has been a focus on exercises that aim to maintain or improve lumbar spine stability through reflex-driven maintenance of muscle tone [1,4,8,9]. Although no precise formal definition of lumbar stabilization exercises exists, this approach is aimed at improving neuromuscular control, strength, and endurance of the muscles that are central to maintaining dynamic spine and trunk stability. In the recent years, various muscle groups have been distinguished, including deep and superficial muscles of the lumbar spine. This typology makes the selection of appropriate exercises in the rehabilitation process considerably easier [4,9].

This paper sets out to present various aspects of scientific reports on the effectiveness of lumbar extensor exercises based on local and global work.

W artykule podjęto próbę przedstawienia różnych aspektów ewidencji naukowej dotyczącej skuteczności ćwiczeń mięśni prostowników kręgosłupa lędźwiowego opartych na pracy lokalnej i globalnej.

MATERIAŁ I METODY

W literaturze naukowej można znaleźć argumenty popierające poszczególne rodzaje ćwiczeń dla mięśni prostowników kręgosłupa lędźwiowego. To co zwraca uwagę, to zmienna aktywność poszczególnych mięśni podczas ćwiczeń. Ocena pracy mięśniowej w porównaniu do badań prowadzonych na pacjentach z dolegliwościami przewlekłymi sugeruje, że wiele z proponowanych ćwiczeń zwiększa wydolność prostowników stawu biodrowego, a nie poprawia wydajności mięśni prostowników kręgosłupa.

W procesie wyszukiwania artykułów wykorzystano z baz artykułów MedLine i PubMed. Przy wyszukiwaniu prac wykorzystano następujące hasła: ćwiczenia na mięsień wielodzielny – część lędźwiowa (lumbar multifidus muscle exercise), ćwiczenia globalne kręgosłupa lędźwiowego (low back global exercise), ćwiczenia na kontrolę motoryczną w przewlekłych dolegliwościach kręgosłupa lędźwiowego (motor control exercise in chronic low back), ćwiczenia stabilizacyjne kręgosłupa lędźwiowego (low back stabilization exercise). Ponadto część zacytowanych artykułów, które zostały opublikowane w latach wcześniejszych, stanowi fundament rozwoju stabilizacji i w latach późniejszych prace te były cytowane wielokrotnie przez różnych autorów, jednak starano się wybrać prace, które są oryginalne. Dlatego też przy wyborze prac wykorzystano kryterium czasowe obejmujące 70% prac z ostatnich 10 lat, z czego 40% stanowiły prace z ostatnich 5 lat. 30% prac, które wybrano do bibliografii, miały ponad 10 lat. Tutaj głównym kryterium była ilość publikacji danego autora czy też grupy badawczej w danej dziedzinie naukowej oraz dorobek naukowy z omawianego tematu.

Wyselekcjonowane prace podzielono na dwie grupy. Pierwsza opisująca zmiany funkcjonalne, gdzie zostały ujęte wyniki ćwiczeń na stabilizację lokalną zwaną również segmentarną lub stabilizacją głęboką. Drugą grupę stanowiły prace oparte na wzmacnianiu mięśni prostowników, gdzie zostały ujęte wyniki opisujące zmiany hipertroficzne osiągnane poprzez pracę globalną.

WYNIKI

Lokalna stabilizacja odcinka lędźwiowego – trening mięśnia wielodzielnego

Mięśnie wielodzielne są głównymi stabilizatorami tzw. strefy neutralnej odcinka lędźwiowego, a dys-

MATERIAL AND METHODS

The relevant literature presents arguments supporting particular types of exercise to condition the lumbar extensors. What draws research attention is the fact that the activity of particular muscles changes during exercise. Assessments of muscular work in studies of patients with chronic ailments suggest that many of the proposed exercises improve the function of the hip extensors, while they do not improve the function of the spine extensors.

Articles to be reviewed were extracted from the MedLine and PubMed databases. The following key words were used as search terms: lumbar multifidus muscle exercise, low back global exercise, motor control exercise in chronic low back pain, and low back stabilization exercise. Some of the articles which were published further into the past constitute the basis for the development of stabilization exercises and were later cited by numerous authors. We intended to select mainly original studies. Accordingly, we relied on a time criterion when choosing works to be reviewed, with 70% of the cited articles published within the last 10 years (40% within the last 5 years), and the remaining 30% published before that time. Here the main criterion was the number of relevant publications by a given author or research team and their achievements in the area of interest.

The selected articles were divided into two groups. Articles in the first group describe functional changes with reference to the results of local stabilization exercises, also called segmental or deep stabilization exercises. The second group comprises papers investigating the strengthening of extensor muscles with reference to hypertrophic changes brought about by global work.

RESULTS

Local stabilization of the lumbar spine – multifidus muscle training

The lumbar multifidus muscles are important stabilizers of this neutral zone, and dysfunction in

funkcja tych mięśni jest ściśle związana z LBP. Ponadto przyjmowanie nieprawidłowej pozycji, która wybiega poza pozycję neutralną, przyczynia się do występowania dolegliwości bólowych w obrębie odcinka lędźwiowego [10]. Ale z drugiej strony, inne doniesienia naukowe potwierdzają, że dyskopochodne dolegliwości bólowe kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego wpływają na zmianę położenia środka ciężkości ciała, zaburzając symetryczne obciążanie kończyn dolnych, tym samym zmieniają postawę [11]. Zatem w kontekście nieprawidłowej postawy i LBP ważne jest uwzględnienie pozycji neutralnej, poszczególnych segmentów stawowych i biomechaniki ruchu [12].

Badania biomechaniczne pozwoliły na dokładniejsze zrozumienie mechanizmów urazów i bólu odcinka lędźwiowego, szczególnie w zakresie stabilizacji w „strefie neutralnej” kręgosłupa lędźwiowego, dzięki tonicznej aktywacji i kontroli mięśniowej. Panjabi opisał pojęcie strefy neutralnej jako część (obszar) zakresu ruchu pomiędzy kręgami, mierzony od pozycji neutralnej, w której ruch kręgosłupa odbywa się przy jednoczesnym minimalnym oporze ze strony pasywnych struktur kręgosłupa [13]. Wilke i wsp. stwierdzili, że aktywność mięśnia wielodzielnego przyczynia się do generowania ponad dwóch trzecich sztywności mięśniowej kręgosłupa na poziomie strefy neutralnej [14]. Funkcjonalnie mięsień wielodzielny jest podzielony na włókna głębokie i powierzchowne, z których głębokie przebiegają przez 2 segmenty kręgowo i mają funkcję toniczną, natomiast włókna powierzchowne obejmują od 3 do 5 kręgów i posiadają funkcję fazową [15,16].

Dotychczas liczne badania potwierdziły atrofię mięśnia wielodzielnego i zastąpienie go przez tkankę tłuszczową po doznanym urazie. Proces ten jest ściśle skorelowany z przewlekłym niespecyficznym bólem odcinka lędźwiowego [3,17,18]. Hodges i wsp. dostarczyli kolejnych dowodów, poddając badaniom tkanki mięśniowe świni i zaobserwowali szybko następującą atrofię mięśnia wielodzielnego w przeciągu 3 dni, po wywołaniu, na potrzeby badania, urazu korzenia nerwowego [19]. Hides i wsp. zwrócili uwagę, że wzorzec atrofii mięśnia wielodzielnego jest raczej lokalny niż globalny, gdzie w badaniu porównano rozmiar tego mięśnia oraz obustronną symetrię pomiędzy grupą osób z przewlekłymi dolegliwościami bólowymi odcinka lędźwiowego a pacjentami zdrowymi, bez żadnych objawów bólowych [20]. Wallwork i wsp. uzasadnili, że atrofia mięśnia wielodzielnego jest związana z ograniczonymi możliwościami napięcia mięśnia [21].

Wpływ bólu na aktywność mięśni wielodzielnych i prostowników podczas ćwiczeń wyprostu tułowia ocenili Dickx i wsp. Zbadali skurcz mięśnia przed

these muscles is strongly associated with LBP. Moreover, assuming an incorrect posture out of bounds of the neutral posture promotes lumbar pain [10]. Yet the problem can also be considered from a different perspective, since there are reports which confirm that discopathy-related pain of the sacral and lumbar spine leads to shifts in the center of mass as well as disturbing symmetrical distribution of load on the lower extremities, which consequently affects the posture [11]. Thus, when discussing incorrect postures and LBP, it is important to account for the neutral position, individual joint segments and motion biomechanics [12].

Biomechanical research has improved our understanding of the mechanisms of low back injury and pain, specifically regarding the ability to stabilize the „neutral zone” of the lumbar spine through tonic muscle control. Panjabi described the neutral zone as the part of the range of intervertebral motion, measured from the neutral position, in which spinal motion can occur with minimal non-muscular passive resistance from the spine [13]. Wilke et al. found that the actions of the multifidus account for more than two-thirds of the stiffness of the spine within the neutral zone [14]. Functionally, the LMs are divided into deep and superficial fibers, with deep fibers spanning 2 vertebral segments and functioning tonically, and the superficial fibers spanning 3 to 5 levels and functioning phasically [15,16].

A number of prior investigations have described LM atrophy and replacement by fat after low back injury, a pathological process that is closely correlated with CNSLBP [3,17,18]. Hodges et al. demonstrated, in a porcine model, a rapid onset of LM atrophy within 3 days after an experimentally induced nerve root injury [19]. Hides et al. provided further evidence that the pattern of LM atrophy is local rather than general in a study that compared multifidus size and bilateral symmetry between chronic LBP patients and healthy asymptomatic subjects [20]. Wallwork et al. demonstrated that LM atrophy was associated with a reduction in the ability to voluntarily contract the muscle [21].

Dickx et al. assessed the effect of pain on the activity of the multifidus muscle and extensors during trunk extension exercises. They analyzed contractions of the muscle before and after exercise, both before and after inducing pain. While, in the absence of pain, the multifidus and back extensors demonstrated considerable activity, it was reduced for all the muscles on both sides and at a few levels of the spine after induction of pain by injection at the level of one segment on one side [22].

ćwiczeniami oraz po ćwiczeniach, przed i po wywołaniu bólu. O ile w sytuacji bezbólowej aktywność mięśni wielodzielnych i prostowników grzbietu była znaczna, to po iniekcyjnym wywołaniu bólu na poziomie jednego segmentu po jednej stronie, dochodziło do zmniejszenia aktywności tych mięśni po obu stronach i na kilku sąsiednich poziomach kręgosłupa [22].

Oceny skuteczności trzech różnych sposobów leczenia mięśnia wielodzielnego pod kątem zwiększenia przekroju poprzecznego tego mięśnia u pacjentów z LBP dokonał Danneels i wsp. [4,23]. W grupie 59 osób, przydzielono pacjentów w sposób losowy do jednego z trzech zaproponowanych programów: 1) trening stabilizacji, 2) trening stabilizacji połączony z dynamicznym oporem, 3) trening stabilizacji połączony z dynamiczno-statycznym oporem. Przekrój poprzeczny mięśnia wielodzielnego znacznie wzrósł na poziomie wszystkich kręgów tylko w grupie wykonującej trening stabilizacji połączony z dynamiczno-statycznym oporem. Autorzy doszli do wniosku, że utrzymywanie komponenty statycznej pomiędzy skurczem koncentrycznym i ekscentrycznym było decydujące dla odbudowy mięśnia.

Podobnie problem opisano kilka lat później, gdzie autorzy uznali, że wprawdzie trening w wyższym obciążeniu może być korzystny dla odwrócenia zaniku mięśniowego u pacjentów z przewlekłym bólem kręgosłupa i przynosić długotrwałe skutki w redukcji bólu, jednak wątpliwym jest, aby ten trening przywracał toniczną aktywację mięśnia wielodzielnego, co jest niezbędnym warunkiem przywrócenia zdrowia i funkcji kręgosłupa [24].

Próbę odpowiedzi na pytanie, czy program ćwiczeń mających na celu zwiększenie zdolności skurczu mięśnia wielodzielnego poprawi stan funkcjonalny, czy też zredukuje LBP podjął Sung [25]. Autor ten opisał krótkoterminowe badanie, w którym oceniano wpływ 4-tygodniowego programu ćwiczeń stabilizujących kręgosłup w grupie pacjentów z LBP. Wyniki wskazywały na znaczącą poprawę w zakresie funkcji mięśnia wielodzielnego. Hides i wsp. opisali efekty treningu stabilizacyjnego skierowanego na poprawę przekroju poprzecznego mięśnia wielodzielnego wśród zawodowych sportowców (krykiet) z dolegliwościami odcinka lędźwiowego, stwierdzając przy tym, że atrofia mięśnia wielodzielnego może występować również u zawodowych sportowców. Autorzy wykazali, że trening stabilizacji zwiększa pole przekroju poprzecznego mięśnia wielodzielnego oraz, że specyficzny trening był związany ze zmniejszeniem symptomów bólowych na poziomie odcinka lędźwiowego. Ich wyniki wykazały, że specyficzny trening, którego celem jest aktywacja mięśnia wielo-

Danneels et al. assessed the efficacy of 3 different treatment modalities on multifidus CSA (cross-sectional area) in chronic LBP patients [4,23]. A group of 59 patients were randomly allocated to one of 3 programs: 1) stabilization training 2) stabilization training combined with dynamic resistance, and 3) stabilization training combined with dynamic-static resistance. The CSA of the LM muscle significantly increased at all vertebral levels only in the dynamic-static resistance-training group. The authors concluded that the static holding component between concentric and eccentric contraction phases was critical to induction of muscle regrowth.

The problem was similarly presented a few years later, and the authors admitted that a more severe training regime might be beneficial in order to reverse muscular loss in patients with chronic back pain and might bring long-lasting effects in pain reduction, but it is still unlikely to bring back the tonic activation of the multifidus muscle, which is an essential condition in regaining health and spine functions [24].

Sung set out to determine whether an exercise program designed to increase the ability to contract the LM improved functional status or reduced LBP [25]. He described a short-term cohort study that assessed the effect of a 4-week spinal stabilization exercise program in a group of LBP patients, reporting a significant improvement in LM function. Hides et al. described the effects of stabilization training on LM CSA among elite athletes (cricketers) with LBP, concluding that LM atrophy can exist in highly active, elite athletes. The authors demonstrated that the stabilization training increased the CSA of the LM, and that the training was associated with a reduction in LBP symptoms. Their results showed that specific training that aims at activation of the LM is associated with both an increase in functional status and a reduction in LBP [26]. In an earlier study by Hides et al., LM function recovery was not necessarily associated with the resolution of painful symptoms in LBP patients [27].

MacDonald et al. found that changes in motor control of the LM were seen in patients who primarily demonstrated impairment of the shorter fibers, and that these changes were greater on the previously painful side of the low back. These findings support the use of a specifically designed stabilization exercise specifically targeting the deeper shorter fibers that serve to stabilize the spine [28].

In a multicenter randomized controlled trial, Ferreira et al. compared general exercises and lumbar stabilization exercises in patients with chronic LBP. The lumbar stabilization exercise groups showed

dzielnego jest związany zarówno z poprawą stanu funkcjonalnego, jak i z redukcją dolegliwości bólowych kręgosłupa lędźwiowego [26]. We wcześniejszych badaniach Hides i wsp. stwierdzili, że odzyskanie funkcji mięśnia wielodzielnego nie musi być powiązane z rozwiązaniem dolegliwości bólowych kręgosłupa lędźwiowego [27].

MacDonald i wsp. zaobserwowali, że do zmian w kontroli motorycznej mięśnia wielodzielnego dochodziło wśród pacjentów, u których przede wszystkim praca włókien krótkich mięśnia wielodzielnego była zaburzona, i te zmiany były większe po tej stronie kręgosłupa, po której pierwotnie występował ból. Te wyniki potwierdzają stosowanie specjalnie zaprogramowanych specyficznych ćwiczeń stabilizujących, w których aktywne są włókna krótsze leżące głębiej [28].

Ferreira i wsp. w badaniu randomizowanym porównali ogólne ćwiczenia i ćwiczenia stabilizujące kręgosłup u pacjentów z przewlekłym bólem kręgosłupa lędźwiowego. Grupa wykonująca ćwiczenia stabilizujące odcinek lędźwiowy, uzyskała nieznacznie lepsze wyniki niż grupa realizująca ćwiczenia ogólne po upływie 8 tygodni – w zakresie skali VAS i w wynikach kwestionariusza Roland Morris Disability Questionnaire (RMDQ). Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy obiema grupami [29].

Van i wsp. zwrócili uwagę, iż u niektórych pacjentów wzrokowy feedback w czasie rzeczywistym, wykorzystujący USG do optymalizacji wydajności skurczu izometrycznego mięśnia wielodzielnego, może być kluczowym bodźcem w prawidłowej aktywacji. Autorzy zastosowali re-edukację motoryczną podczas treningu napięcia mięśnia wielodzielnego; w jednej grupie zastosowano feedback słowny, natomiast w drugiej grupie słowny i wzrokowy. Okazało się, że osoby, które korzystały z wizualnego sprzężenia zwrotnego uzyskały lepszą wydolność jeśli chodzi o jakość napięcia mięśnia wielodzielnego, jak również miały lepszą pamięć w zakresie aktywacji tego mięśnia podczas wykonywania ponownego pomiaru tydzień później [30].

Globalne ćwiczenia wzmacniające prostowniki kręgosłupa lędźwiowego

Ćwiczenia wzmacniające mięśnie kręgosłupa lędźwiowego uważa się za wartościowe i skuteczne w prewencji urazów sportowych [31]. Stelle i wsp. dokonali przeglądu specyficznych ćwiczeń mających na celu poprawić wydolność mięśni prostowników kręgosłupa lędźwiowego. Zaproponowano różne ćwiczenia, które poprawiają wydolność prostowników kręgosłupa lędźwiowego, wliczając w to: wyciskania na ławeczce, na krześle rzymskim z ograniczoną pracą prostowników stawu biodrowego, cwi-

marginally better outcomes than the general exercise group after 8 weeks in VAS and the Roland Morris Disability Questionnaire score, but there was no significant difference between the two groups [29].

Van et al. used real-time US-aided visual feedback to improve the isometric contraction capability of the LM in healthy subjects. The authors applied motor learning principles to train the subjects in voluntary contraction of the multifidus and gave verbal feedback to one group, and verbal and visual feedback to the other. They found that providing the subjects with visual feedback of their performance resulted in better quality muscle contraction of the LM as well as better memory of how to contract the multifidus after reassessment a week later [30].

Global exercises strengthening the lumbar extensors

Conditioning and strengthening exercises are considered valuable in effectively ‘pre-habilitating’ and reducing injury risk for athletes [31]. Stelle et al. reviewed specific exercises designed to condition the lumbar extensor musculature. A variety of exercises have been proposed to effectively condition the lumbar extensors including benches and roman chair (free weights exercises, deadlifts, squats, good-mornings, etc.), floor and stability ball exercise (bridging, four-point kneeling, etc.) and resistance machines

czenia z hantlami (martwy ciąg, przysiady, opady tułowia), ćwiczenia na podłodze, ćwiczenia stabilizacyjne z piłką (mosty, ćw. w kłęku podpartym) i ćwiczenia na maszynach (z oporem i bez oporu dla miednicy). Jeżeli podczas ćwiczeń prostowników kręgosłupa, oprócz samego odcinka lędźwiowego, do pracy włącza się ruch miednicy na kości udowej (ruch w stawie biodrowym), wtedy wyniki pod kątem nabytej siły mogą nie być do końca obiektywne jeśli chodzi o siłę mięśni prostowników kręgosłupa [32]. Clark i wsp. ponadto zasugerowali, że nieprawidłowa aktywacja prostowników kręgosłupa lędźwiowego i większa aktywacja prostowników biodra sugeruje, że mamy do czynienia z kompensacją ze strony prostowników biodra [33,34]. W porównaniu do badań prowadzonych na pacjentach z dolegliwościami przewlekłymi sugeruje się, że większość z tych proponowanych ćwiczeń zwiększa wydolność prostowników stawu biodrowego, a nie poprawia wydajności mięśni prostowników kręgosłupa lędźwiowego.

Ćwiczenia, w których wykorzystuje się opór dla miednicy wyłączając ruch bioder, wydają się być najbardziej efektywne w zakresie wydolności prostowników kręgosłupa i mają największą wartość w rehabilitacji, której celem jest przede wszystkim prewencja urazów. Ograniczenie związane jest z zapewnieniem izolowanego ruchu wyprostu w odcinku lędźwiowym w stosunku do bioder, a więc zróżnicowanie mięśni odpowiedzialnych za każdy z tych ruchów. Należy zauważyć, że w większości systemów gdzie są unieruchomione biodra, ruch jest generowany przez aktywność prostowników kręgosłupa lędźwiowego (prostownik grzbietu i wielodzielny powierzchowny), jak również przez część piersiową prostowników i dodatkowo przez obustronne napięcie mięśnia czworobocznego lędźwi. Stopień aktywacji, który zauważono wśród prostowników kręgosłupa lędźwiowego w tych badaniach, stanowi jedynie wskazówkę co do skuteczności wykonywania ćwiczeń poprawiających siłę i wydolność tych mięśni.

Aktualnie istnieją dowody na poparcie ćwiczeń wyłączających ruch bioder jako efektywnych ćwiczeń siłowych dla prostowników kręgosłupa lędźwiowego w prewencji urazów. Niemniej jednak większość długoterminowych badań, w których wykorzystano testy siłowe z wyłączeniem ruchu bioder w treningu u osób z dolegliwościami przewlekłymi kręgosłupa lędźwiowego, sugeruje, że takie podejście wpływa nieskutecznie na poprawę aktywacji prostowników kręgosłupa. Na przykład jest znaczna różnica pomiędzy poziomem aktywacji mięśni w niektórych badaniach podczas ćwiczenia martwego ciągu, które nie wydaje się przenosić siły na prostowniki kręgosłupa po zakończeniu 10-tygodniowe-

(those with and without pelvic restraints) [32]. If the pelvis is able to move, then measurements of strength obtained may not be valid reflections of the strength of the lumbar extensor musculature. Clark et. al further quantified this, suggesting that derecruitment of the lumbar extensors and further recruitment of the hip extensors indicates they are 'taking over' the load [33,34]. Compared to studies of patients with chronic ailments, it is suggested that most of the proposed exercises improve the function of the hip extensors, while not improving the function of the lumbar extensors.

Exercises using pelvic restraints appear potentially most effective at conditioning the lumbar extensors and may be of the greatest value in rehabilitation aiming primarily to prevent injury. This restraint ensures isolation of lumbar extension movement from hip extension movement and thus differentiation of the muscles producing each respectively. However, it should be noted that, in most systems, the movement produced by the low back is a product of the action of the lumbar extensor musculature (lumbar erector spinae and multifidus) as well as the thoracic portions of the extensor musculature in addition to bilateral contraction of the quadratus lumborum. The degree of activation seen in the lumbar extensors in these studies provides only an indication as to the effectiveness of the exercise for effective strength and endurance adaptations.

There is evidence to support exercises based on systems that restrain hip movement as effective strength exercises for the lumbar extensors in preventing injuries. At the same time, the majority of chronic training studies which have utilized pelvic restraint strength testing in order to examine adaptation in the lumbar extensors suggest that these approaches do not effectively condition the lumbar extensors. For example, there is a drastic contrast between the activation levels shown in some studies for the deadlift, which does not appear to transfer to improved lumbar extensor strength after completion of a 10-week training program utilizing deadlifts [35,36,37]. However, health and fitness providers and facilities, strength and conditioning coaches, athletes and the general population should consider the specificity of exercises if they have the goal of optimally conditioning the lumbar extensors, specifically perhaps as a prehabilitation method for addressing low back pain risk.

go treningu [35,36,37]. Dlatego osoby propagujące zdrowie: trenerzy, sportowcy i cała populacja, powinny uwzględnić zróżnicowaną specyfikę ćwiczeń jeśli mają na celu optymalizację kondycji prostowników kręgosłupa lędźwiowego skierowaną na zmniejszenie ryzyka bólu w odcinku lędźwiowym.

DYSKUSJA

W badaniach klinicznych u pacjentów z ostrym bólem kręgosłupa wykazano skuteczność ćwiczeń stabilizacyjnych opartych o niewielkie obciążenia w zakresie przywrócenia kontroli motorycznej i selektywnej zmiany w obrębie mięśnia wielodzielnego [38]. Jednak w niektórych przypadkach, ćwiczenia oparte o wysokie obciążenia mogą być konieczne, aby przywrócić zmiany strukturalne u pacjentów z przewlekłym bólem kręgosłupa lędźwiowego, zwłaszcza w populacji sportowców. Danneels i wsp. wykazali, że u niektórych pacjentów z przewlekłym bólem kręgosłupa lędźwiowego, aktywacja w niskim obciążeniu nie jest wystarczająca, aby odwrócić atrofię mięśnia wielodzielnego; tylko program treningu stabilizacyjnego w połączeniu z programem wzmacniającym był skuteczny, w zakresie przywrócenia odpowiedniego rozmiaru tego mięśnia [4]. Również na podstawie długości trwania bólu i zaburzenia sprawności, rozpatrywano połączenie ćwiczeń stabilizacyjnych i intensywnego treningu oporowego dla odcinka lędźwiowego [4,23]. Dlatego też progresywny trening z rosnącym obciążeniem może być pomocny do przywrócenia prawidłowej funkcji i struktury mięśnia. Co ważne, typ, rodzaj obciążenia i częstotliwość ćwiczeń powinny być dostosowane indywidualnie do pacjenta.

Jednak nie wszystkie doniesienia naukowe potwierdzają skuteczność treningu nakierowanego na poprawę strukturalną mięśnia. Willemink i wsp. wykazali, że 24-tygodniowy wyizolowany trening prostowników kręgosłupa z wykorzystaniem dynamicznego oporu, doprowadził do poprawy stanu funkcjonalnego w grupie pacjentów płci męskiej z przewlekłymi niespecyficznymi dolegliwościami bólowymi odcinka lędźwiowego, bez znaczących zmian w morfologii mięśnia wielodzielnego. Nie było istotnych zmian w zawartości tłuszczu w przekroju poprzecznym mięśnia wielodzielnego (1,8%-2,2%) podczas leczenia [39]. Wyniki te są zgodne z badaniami przeprowadzonymi przez Danneels i wsp., którzy również nie odnotowali istotnych zmian w zakresie tkanki tłuszczowej w przekroju poprzecznym mięśnia wielodzielnego po 10-tygodniowym treningu stabilizacji połączonym z progresywnym treningiem oporowym dla mięśni tułowia i kończyn dolnych [4]. Pomimo braku poprawy morfologii mię-

DISCUSSION

The efficacy of low load stabilization exercises on restoring motor control and inducing selective changes in the multifidus muscle has been demonstrated in clinical trials with acute LBP patients [38]. However, in some cases high load exercises may be necessary to reverse the structural changes in chronic LBP patients, especially in the population of athletes. Danneels et al. demonstrated that, in some chronic LBP patients, low level activation is not sufficient to reverse multifidus atrophy; only a stabilization training program in combination with a strengthening program was efficient to restore its size [4]. Also, on the basis of the duration of pain and disability level, the combination of stabilization exercises and intensive lumbar resistance training was advised [4,23]. Therefore, progressive exercise training with increasing load may be advised to restore normal muscle function and structure. Importantly, the type, load, and frequency of the exercises should be tailored towards the individual patient.

Still, not all reports confirm the efficacy of training focused on improving the structure of muscles. Willemink et al. show that 24 weeks of dynamic resistance training of the isolated lumbar extensors led to improved functional status in a group of male patients with CNSLBP without significant changes in LM morphology. There were no significant changes in LM FCSA (1.8%–2.2%) during treatment [39]. These findings are in line with a study by Danneels et al., who also reported no significant changes in FCSA after 10 weeks of a combined stabilization and progressive resistance-training regime for the trunk and lower leg muscles [4]. Despite the lack of improvement of multifidus morphology, patients may benefit from enhanced and restored functional status associated with better CNS-mediated activation of the muscle. These conclusions suggest that improvement in LM morphology is not a critical success factor in restoring function of patients with CNSLBP (in the short term of 6 months).

Kader et al. analyzed the effect of various forms of therapy in LBP, which employed educating patients, exercises on balls, and injecting methylprednisolone into the multifidus muscle. After 10 weeks, the most effective analgesic effect was seen in those

śnia wielodzielnego, można poprawić i przywrócić pacjentom stan funkcjonalny związany z lepszą aktywnością mięśnia przez OUN. Zatem poprawa morfologii tego mięśnia u pacjentów z przewlekłym niespecyficznym bólem kręgosłupa nie stanowi kluczowego elementu w terapii (w krótkim okresie 6 miesięcy).

Kader i wsp. zbadali wpływ różnych form terapii w leczeniu LBP, gdzie wykorzystano element edukacji pacjenta, ćwiczenia na piłkach oraz podanie do mięśnia wielodzielnego w sposób iniekcyjny metyloprednisolonu. Okazało się, że najkorzystniejszy efekt przeciwbólowy po 10 tyg. przyniosło zastosowanie leku przeciwzapalnego, a efekty w poszczególnych grupach zostały zweryfikowane za pomocą kwestionariuszy. Jednak na żadnym z etapów badań nie oceniono tkanki mięśniowej i pracy mięśni [40].

Comerford i wsp. zwrócili uwagę, że niektóre ćwiczenia terapeutyczne mają na celu wzmocnienie słabych mięśni tułowia, a inne poprawę kontroli translacji w stawie [41,42]. Autorzy wskazują na różnice treningowe związane z progiem aktywacji mięśni w każdym rodzaju ćwiczeń. Ćwiczenia wzmacniające aktywują szybkie jednostki motoryczne, przez co mięśnie ulegają szybszemu zmęczeniu, natomiast trening kontroli motorycznej aktywuje wolne jednostki motoryczne przy mniejszych obciążeniach, ułatwiając w ten sposób utrzymywanie funkcjonalnych postaw. Problemem klinicznym jest zapewnienie oceny ćwiczenia i wyeliminowania błędów tak, aby uzyskać prawidłowy próg aktywacji mięśni podczas konkretnego ćwiczenia.

Hodges argumentuje, że wzmacnianie mięśni i potencjału siły jest innym procesem, niż trening głębszych, wyraźnie odrębnych mięśni odpowiadających za kontrolę motoryczną [43,44]. Oba procesy są wymagane do osiągnięcia wysokiego poziomu aktywności, która jest niezbędna w zawodowym sporcie. Analogią jaką można przywołać, jest myślenie o układzie mięśniowo-szkieletowym jak o „komputerze”. Trening w wysokim obciążeniu, gdzie dominuje aktywacja mięśni pomiędzy 30-75% MVC (maximum voluntary contraction), dotyczy zmian struktury mięśni i możemy go porównać do modernizacji „sprzętu komputerowego”. Komputer pracuje szybciej, uruchamia bardziej skomplikowane aplikacje i programy po procesie modernizacji. Niskoprogowy trening kontroli motorycznej (15–25% MVC) nie zmienia struktury mięśnia w wielkim zakresie, lecz przede wszystkim poprawia zdolność ośrodkowego układu nerwowego do koordynacji napięć mięśni, przez co poprawia organizację i efektywność ruchu. Można to odnieść do uaktualnienia oprogramowania, aby komputer wykonywał swoje zadania bardziej efektywnie oraz by mógł uzyskać jak najwięcej ze sprzętu już istniejącego.

receiving the anti-inflammatory medicine. The effect in individual groups was verified with a questionnaire, while muscle tissue and muscle work were not assessed at any stage of the study [40].

Comerford et al. note that some therapeutic exercises are aimed at strengthening weak trunk muscles, while others improve translational control in joints [41,42]. The authors refer to differences in training related to muscle activation threshold in each type of exercise. Strengthening exercises activate fast motor units, and because of that muscles get tired faster. Motor control training, on the other hand, activates slow motor units at lower loads, which facilitates maintaining functional postures. It is a clinical problem to assess an exercise and eliminate errors so that the correct muscle activation threshold is found for a particular exercise.

Hodges argues that strengthening muscles and increasing strength potential is a process different than training deeper-lying, clearly separate muscles, which are responsible for motor control [43,44]. Both processes are required to achieve a high level of activity, which is indispensable in every professional sport. By analogy, the human musculo-skeletal system can be compared to a computer. High load training with dominant muscle activation at 30-75% of the MVC (maximum voluntary contraction) causes structural changes in muscles and can be compared to modernizing computer hardware. A computer works faster and launches more complex applications and programs when it has been modernized. Low threshold motor control training (15-20% of MVC) does not change muscle structure to a large extent; instead, it improves the ability of the central nervous system to coordinate the tone of muscles, which improves organization and effectiveness of movement. It is like updating software in order for the computer to perform its tasks more effectively and to use the existing hardware to the largest extent possible.

Atrophy seen in the multifidus muscle in people with low back dysfunction is construed as a form of impaired motor control rather than simple disuse weakness. Thus, traditional strengthening exercises will often fail to correct this fault, just as daily physical activities fail to maintain a normal segmental CSA at the pathological level. Certainly, the historical lack of success of the rehabilitation and medical professions in treating low back pain using the wide variety of strength based clinical models used over the last 50 years should serve as sufficient motivation to refer to more evidence-based models as an explanation for the condition.

The model embraced by the University of Queensland shows that deep fibers of the multifidus muscle

Przykładem, który potwierdza ewidencja naukowa jest atrofia mięśnia wielodzielnego, którą można zaobserwować u osób z dysfunkcją odcinka lędźwiowego. Atrofia przedstawiana jest w postaci zaburzeń kontroli motorycznej tego mięśnia, a nie po prostu jego słabości. Stosowanie tradycyjnych ćwiczeń wzmacniających będzie często nieskuteczne w poprawie tego zaburzenia, skoro codzienna aktywność nie utrzymuje prawidłowych poziomów przekroju poprzecznego mięśnia w segmencie, z którego generowane są dolegliwości bólowe. Oczywiście historyczny brak sukcesu w zakresie rehabilitacji i leczenia bólów kręgosłupa oparty był przez ostatnie 50 lat na modelu siły i powinien służyć jako wystarczająca motywacja do spojrzenia na więcej dowodów naukowych opartych o model, który stara się wyjaśnić taki stan.

Przyjęty model przez Uniwersytet Queensland udowadnia, że głębokie włókna mięśnia wielodzielnego pracują głównie jako kontroler ruchu translacji w stawie (bez antagonisty), natomiast włókna powierzchniowe nie są wyłącznie rotatorem czy prostownikiem aktywującym się tonicznie w czasie ćwiczeń statycznych. Włókna głębokie są więc ważnym elementem zintegrowanej muskulatury ciała. Z drugiej jednak strony postrzeganie, iż mięsień wielodzielny jest ważniejszy niż prostowniki powierzchniowe nie zawsze ma swoje przełożenie na rezultaty terapii. Z klinicznego punktu widzenia najtrudniejsza wydaje się być tutaj integracja tych struktur w jeden sprawnie funkcjonujący mechanizm.

WNIOSKI

1. Zarówno stabilizacja odcinka lędźwiowego (niski próg aktywacji – praca toniczna), jak i konwencjonalne dynamiczne ćwiczenia wzmacniające (wysoki próg aktywacji – praca fazowa) poprawiają parametry fizjologiczne mięśni prostowników kręgosłupa. m.in. aktywację, wytrzymałość, siłę, dzięki czemu zmniejszają ból odcinka lędźwiowego i poprawiają funkcję ruchową pacjenta.
2. W porównaniu do dynamicznych ćwiczeń wzmacniających, ćwiczenia stabilizujące korygują odpowiedź CUN poprawiając relację napięcia prostowników przy małym kącie zgięcia odcinka lędźwiowego.
3. Stabilizacja odcinka lędźwiowego kręgosłupa (praca na mięśniu wielodzielnym) jest bardziej efektywna niż poprawa siły u pacjentów, gdzie występują przewlekłe dolegliwości bólowe kręgosłupa lędźwiowego.
4. Ćwiczenia kondycyjne i siłowe stanowią ważny element w prewencji oraz redukcji ryzyka urazu u sportowców.

work mainly as a controller of translation in a joint (without an antagonist), while superficial fibers are not only a rotator or an extensor activated tonically during static exercises. Deep fibers are thus an important element of the integrated body musculature. On the other hand, perceiving the multifidus muscle as more important than the superficial extensors is not always reflected in the therapeutic results. From the clinical point of view, it seems most difficult to integrate both structures in one functioning mechanism.

CONCLUSIONS

1. Both lumbar spine stabilization (low activation threshold – tonic work) as well as conventional dynamic strengthening exercises (high activation threshold – phasic work) improve physiological parameters of the spine extensors, such as activation, endurance, or strength. As a result lumbar pain is relieved and the patient's motor functions improve.
2. In comparison with dynamic strengthening exercises, stabilizing exercises correct the CNS response, improving the relation of extensor tone at a small flexion angle in the lumbar spine.
3. Stabilization of the lumbar spine (multifidus muscle exercises) is more effective than improving strength in patients with chronic lumbar spine dysfunction.
4. Both conditioning and strengthening exercises constitute important elements in preventing and reducing the risk of injury in athletes.

PIŚMIENNICTWO / REFERENCES

1. Freeman MD, Woodham MA, Woodham AW. The role of the lumbar multifidus in chronic low back pain: a review. *Phys Med Rehabil* 2010; 2: 142–6.
2. Van Middelkoop M, Rubinstein SM, Kuijpers T, et al. A systematic review on the effectiveness of physical and rehabilitation interventions for chronic non-specific low back pain. *Eur Spine J* 2011; 20: 19–39.
3. Kader D, Wardlaw D, Smith F. Correlation between the MRI changes in the lumbar multifidus muscles and leg pain. *Clin Radiol* 2000; 55: 145–9.
4. Danneels LA, Vanderstraeten GG, Cambier DC, et al. Effects of three different training modalities on the cross sectional area of the lumbar multifidus muscle in patients with chronic low back pain. *Br J Sports Med* 2001; 35: 186–91.
5. Kamaz M, Kiresi D, Oguz H, Emlik D, Levendoglu F. CT measurement of trunk muscle areas in patients with chronic low back pain. *Diagn Interv Radiol* 2007; 13: 144–8.
6. Franca FR, Burke TN, Hanada ES, Marques AP. Segmental stabilization and muscular strengthening in chronic low back pain: a comparative study. *Clinics (Sao Paulo)* 2010; 65: 1013–7.
7. Kalichman L, Hodges P, Li L, Guermazi A, Hunter DJ. Changes in paraspinal muscles and their association with low back pain and spinal degeneration: CT study. *Eur Spine J* 2010; 19: 1136–44.
8. O'Sullivan PB, Phytty GD, Twomey LT, Allison GT. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1997; 22: 2959–67.
9. Standaert CJ, Weinstein SM, Rumpeltes J. Evidence-informed management of chronic low back pain with lumbar stabilization exercises. *Spine J* 2008; 8: 114–20.
10. Nowotny J, Nowotny-Czupryna O, Brzęk A, Kowalczyk A, Czupryna K. Postawa a syndrom bólowego kręgosłupa. *Ortop Traumatol Rehabil* 2011; 13 (1): 59–71.
11. Derewiecki T, Duda M, Majcher P. Wpływ dyskopatycznego bólu kręgosłupa lędźwiowego na postawę. *Ortop Traumatol Rehabil* 2013; 15 (1): 31–9.
12. Drężewska M, Śliwiński Z. Ból kręgosłupa lędźwiowego wśród uczniów szkoły baletu. *Ortop Traumatol Rehabil* 2013; 15 (2): 149–58.
13. Panjabi M. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord* 1992; 5: 390–7.
14. Wilke H, Wolf S, Claes L, Arand M, Wiesend A. Stability of the lumbar spine with different muscle groups. *Spine* 1995; 20: 192–8.
15. MacDonald D, Moseley G, Hodges P. The lumbar multifidus muscle: does the evidence support the clinical beliefs. *Man Ther* 2006; 11: 254–63.
16. Dickx N, Cagnie B, Achten E, Vandemaele P, Parlevliet T, Danneels L. Differentiation between deep and superficial fibers of the lumbar multifidus by magnetic resonance imaging. *Eur Spine J* 2010; 19: 122–8.
17. Hides J, Stokes M, Saide M, Jull G, Cooper D. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine* 1994; 19: 165–72.
18. Kjaer P, Bendix T, Sorensen J, Korsholm L, Leboeuf-Yde C. Are MRI-defined fat infiltrations in the multifidus muscles associated with low back pain? *BMC Medicine* 2007; 5: 2.
19. Hodges P, Holm A, Hansson T, Holm S. Rapid atrophy of the lumbar multifidus follows experimental disc or nerve root injury. *Spine* 2006; 31: 2926–33.
20. Hides J, Gilmore C, Stanton W, Bohlscheid E. Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects. *Man Ther* 2008; 13: 43–9.
21. Wallwork TL, Stanton WR, Freke M, Hides JA. The effect of chronic low back pain on size and contraction of the lumbar multifidus muscle. *Man Ther* 2009; 14: 496–500.
22. Dickx N, Cagnie B, Achten E, Vandemaele P, Parlevliet T, Danneels L. Changes in lumbar muscle activity because of induced muscle pain evaluated by muscle functional magnetic resonance imaging. *Spine* 2008; 33 (26): 983–9.
23. Danneels L. Stabilisation exercises with and without trunk muscle reconditioning: a five years follow-up. In proceedings IFOMT 2008a Rotterdam, abstract 0061A.
24. Danneels L, Dickx N, Cagnie B. The lumbar multifidus: from anatomy to rehabilitation. *Low Back and Pelvic Pain, 7th Interdisciplinary world congress, Proceedings. 2010*; 186–95.
25. Sung P. Multifidus muscle median frequency before and after spinal stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 1313–8.
26. Hides J, Stanton W, McMahon S, Sims K, Richardson C. Effect of stabilization training on multifidus muscle cross-sectional area among young elite-cricketers with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2008; 38: 101–8.
27. Hides J, Richardson C, Jull G. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine* 1996; 21: 2763–9.
28. MacDonald D, Moseley G, Hodges P. Why do some patients keep hurting their back? Evidence of ongoing back muscle dysfunction during remission from recurrent back pain. *Pain* 2009; 142: 183–8.
29. Ferreira ML, Ferreira PH, Latimer J, et al. Comparison of general exercise, motor control exercise and spinal manipulative therapy for chronic low back pain: a randomized trial. *Pain* 2007; 131: 31–7.
30. Van K, Hides J, Richardson C. The use of real-time ultrasound imaging of lumbar multifidus muscle contraction in healthy subjects. *J Orthop Sports Ther* 2006; 36: 920–5.
31. Stone MH. Muscle conditioning and muscle injuries. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22: 457–62.

32. Steele J, Bruce-Low S, Smith D. A review of the specificity of exercises designed for conditioning the lumbar extensors. *Br J Sports Med.* 2013 Oct 3.
33. Clark BC, Manini TM, Mayer JM, Ploutz-Snyder LL, Graves JE. Electromyographic activity of the lumbar and hip extensors during dynamic trunk extension exercise. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 1547–52.
34. Clark BC, Manini TM, Ploutz-Snyder LL. Derecruitment of the lumbar musculature with fatiguing trunk extension exercise. *Spine* 2003; 28: 282–7.
35. Hamlyn N, Behm DG, Young WB. Trunk muscle activation during dynamic weight training exercises and isometric instability activities. *J Strength Cond Res* 2007; 21: 1108–12.
36. Colado JC, Pablos C, Chulvi-Medrano I, Garcia-Masso X, Fladez J, Behm DG. The progression of paraspinal muscle recruitment intensity in localised and global strength training exercises is not based on instability alone. *Arch Phys Med Rehabil* 2011; 92: 1875–83.
37. Fisher J, Bruce-Low S, Smith D. A randomized trial to consider the effect of Romanian deadlift exercise on the development of lumbar extension strength. *Phys Ther Sport* 2012; 14: 139–45.
38. Hides JA, Stanton WR, Wilson SJ, Freke M, McMahon S, Sims K. Retraining motor control of abdominal muscles among elite cricketers with low back pain. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20 (6): 834–42.
39. Willeminck MJ, van Es HW, Helmhout PH, Diederik AL, Kelder JC, van Heesewijk JP. The effects of dynamic isolated lumbar extensor training on lumbar multifidus functional cross-section area and functional status of patients with chronic non-specific low back pain. *Spine* 2012; 37 (26): 1651–8.
40. Kader D, Radha S, Smith F, et al. Evaluation of perifacet injections and paraspinal muscle rehabilitation in treatment of low back pain. A randomised controlled trial. *Ortop Traumatol Rehabil* 2012; 14 (3): 251–9.
41. Comerford MJ, Mottram S. Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Man Ther* 2001; 6 (1): 3–14.
42. Comerford MJ, Mottram SL. Movement and stability dysfunction—contemporary developments. *Man Ther* 2001; 6 (1): 15–26.
43. Hodges PW. Core stability exercise in chronic low back pain. *Orthop Clin North Am* 2003; 34 (2): 245–54.
44. Hye Jin Moon, Kyoung Hyo Choi, Dae Ha Kim, et al. Effect of Lumbar Stabilization and Dynamic Lumbar Strengthening Exercises in Patients With Chronic Low Back Pain. *Ann Rehabil Med* 2013; 37 (1): 110–7.

Liczba słów/Word count: 7506

Tabele/Tables: 0

Ryciny/Figures: 0

Piśmiennictwo/References: 44

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr Michał Hadala

*Fizjo-Sport Nauki Stosowane w Sporcie Oddział Polska
ul. Stokrotek 10, 35-604 Rzeszów, e-mail: michalhadala@wp.pl*

*Otrzymano / Received 27.03.2014 r.
Zaakceptowano / Accepted 31.07.2014 r.*