

ROZWÓJ BADAŃ NAD STABILIZACJĄ KOMPLEKSU ŁĘDŹWIOWO-MIEDNICZNEGO

PRZEMYSŁAW FILIPCZYK¹

¹Katedra Nauk o Zdrowiu i Fizjoterapii
Wydział Nauk o Zdrowiu
Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy
im. Jana Długosza w Częstochowie

Streszczenie

Rozwój badań nad technikami stabilizacyjnymi trwa już ponad 30 lat. Praktycznie od samego początku wiele spośród doniesień naukowych w tym temacie dotyczyło włączenia „stabilizacji” do programu pracy z dolegliwościami bólowymi kręgosłupa lędźwiowego. Doniesienia naukowe wielokrotnie były analizowane i modyfikowane, czego efektem stały się metody fizjoterapeutyczne jak chociażby tzw. Metoda Australijska czy Neurac. Mimo, iż fundamentem tych metod są te same badania, to sposób podejścia do pracy z pacjentem jest odmienny.

Słowa kluczowe: ból kręgosłupa, lędźwioból, stabilizacja kompleksu lędźwiowo-miednicznego, Metoda Australijska, Neurac

Wstęp

Ćwiczenia stabilizacyjne stają się coraz bardziej popularnym sposobem terapii wykorzystywanym w leczeniu zachowawczym dolegliwości bólowych dolnego odcinka kręgosłupa. Rozwój tych technik trwa już prawie 40 lat, a nieustannie prowadzone badania dotyczące ich skuteczności wciąż dostarczają nowych informacji [1, 2, 3, 4]. Celem tej pracy jest przybliżenie informacji na temat badań nad stabilizacją kompleksu lędźwiowo-miednicznego oraz zapoznanie czytelnika z głównymi założeniami tych koncepcji.

Początek idei stabilizacyjnej

Już na przełomie lat 80. i 90. pewne ćwiczenia polegające na stabilizowaniu odcinka lędźwiowego były proponowane przez Kennedy'ego [5] oraz Saal i Saal [6]. Do stabilizacji wykorzystywano te, które uwzględniały przykładowo tyłopochylenie miednicy, czego celem miało być kontrolowanie okolicy miedniczno – lędźwiowej. Nauka tej kontroli odbywała się poprzez zwiększenie ciśnienia śródbrzusznego oraz aktywną reedukację ustawienia lordozy lędźwiowej [5]. W tamtym okresie brakowało jednak odpowiednich narzędzi pomiarowych, aby dokładnie ocenić przydatność takiego sposobu działania [7]. Niemniej jednak, już w tym okresie wiadomo było, że mechanizm mięśniowego wsparcia dla odcinka lędźwiowego polega na ochronie struktur stawowych, a odpowiednia praca na tym poziomie może minimalizować niechciane ruchy (przemieszczenia) w stawach [8]. Kolejnym przełomem w badaniach nad stabilizacją była praca Bergmarka (1989) [9], w której autor zaproponował podział układu mięśniowego na dwa podsystemy: system globalny (powierzchnowy) oraz system lokalny (głęboki). Według tego podziału mięśnie globalne odpowiadają za moment obrotowy powiązany z miednicą i klatką piersiową. Ich zadaniem jest ogólna kontrola stabilności tułowia. Mięśnie te odpowiadają również za przejmowanie obciążenia zewnętrznego i pomagają minimalizować obciążenie kręgosłupa. Mięśnie lokalne natomiast pomagają przyjąć i prawidłowo rozłożyć obciążenie w odcinku lędźwiowym. Są one odpowiedzialne za stabilność i za odpowiednie utrzymanie pozycji poszczególnych segmentów ruchowych odcinka lędźwiowego [10, 11]. Model ten później był rozwijany i odnawiany m.in. przez Mottrama i Comerforda [12]. Odcinek lędźwiowy kręgosłupa jest również stabilizowany kostnie i więzadłowo. Zmiany powstające w tym obszarze spowodowane urazem lub stanem zwyrodnieniowym mogą powodować problemy z każdą z wymienionych struktur segmentu ruchowego. W konsekwencji często doprowadza to do niewłaściwej pracy oraz dysfunkcji mięśniowej. Stabilizacja segmentarna była oceniana w wielu badaniach *in vitro* [13, 14, 15, 16]. Nieco inny model zaproponował Panjabi [17, 18]. W swojej pracy wykazał, że niestabilność segmentów kręgosłupa związana jest z utratą kontroli i/lub nadmiernym ruchem w przestrzeni neutralnej na poszczególnych segmentach kręgosłupa. Może to być spowodowane urazem, stanem zwyrodnieniowym, chorobą dysku lub osłabieniem mięśniowym [17, 18]. Ponieważ mięśnie lokalne przyczepiają się od poszczególnych kręgów do następnych i odpowiedzialne są za utrzymanie odpowiedniej pozycji odcinka lędźwiowego podczas funkcjonalnego ruchu, zmiany tych struktur będą

opowiadały za zmiany prawidłowego funkcjonowania mięśni. Zostało to udowodnione przez McGilla [19, 20] w pracy nad stabilizacyjną rolą mięśnia wielodzielnego.

Dalsze badania, prowadzone m.in. przez Richardson, Jull i Hodges'a dały bardziej konkretne dowody istotnej roli i wpływu mięśni lokalnych (głównie mięśnia poprzecznego brzucha) na kontrolę motoryczną związaną ze stabilizacją lędźwiową. Osłabienie tych mięśni może być spowodowane niewystarczającym ich używaniem [10] oraz bólowym i odruchowym zahamowaniem wywołanym dolegliwościami odcinka lędźwiowego lub urazem [21]. U osób z lędźwiobólem dysfunkcja działania mięśnia poprzecznego jest bardzo widoczna [22]. Czas aktywacji tego mięśnia w trakcie wykonywania ruchu jest opóźniony u osób z chronicznymi dolegliwościami bólowymi dolnej części pleców w porównaniu z osobami, które nigdy nie uskarżały się na dolegliwości bólowe tej części ciała. Badania, w których oceniany był czas aktywacji poszczególnych mięśni przy poruszaniu kończyną górną, dały istotną i znaczącą wiedzę na temat funkcji stabilizacyjnej mięśnia poprzecznego. Wiele analiz wskazuje na fakt, że poprzez różnego rodzaju dolegliwości bólowe dochodzi do obniżenia lub nawet zahamowania zdolności do kontroli motorycznej mięśni głębokich [23, 24, 25, 26, 27]. Badania wskazują również na fakt, że mięśnie powierzchowne podczas dolegliwości bólowych mogą być jeszcze bardziej aktywne [28]. Inne, późniejsze prowadzą do podobnego wniosku mówiącego o tym, że u osób z dolegliwościami bólowymi dolnej części pleców obserwuje się większą aktywność mięśni powierzchownych niż mięśni głębokich w porównaniu z pacjentami bez dolegliwości bólowych [29]. Głęboki system mięśniowy jest niezbędny do osiągnięcia prawidłowej stabilizacji. Bazując na mechanizmie aktywacji wyprzedzającej, system ten w warunkach prawidłowych jest aktywowany przed napięciem mięśni globalnych [30]. Ten wyszukany, neurofizjologiczny mechanizm może być zakłócony przez nagły, albo chroniczny ból [23, 26] lub przez delikatne i krótko trwające pobudzenie nocyceptorów [31, 32]. Istotnego odkrycia dokonali Hides i wsp. [25] udowadniając, że problemy ze stabilizacją nie ustępują samoistnie u osób, które cierpią na dolegliwości bólowe. Co więcej, zmiany występujące po zaistnieniu epizodu bólowego są widoczne nie tylko w mięśniu poprzecznym brzucha, ale i w mięśniu wielodzielnym. Diagnozowanie zmian w tych mięśniach polegające na obserwacji ich zmniejszonej aktywności mogłyby stanowić swoisty marker dla osób, u których może nastąpić nawrót dolegliwości bólowych dolnej części pleców [26]. Mimo iż ostre epizody bólowe odcinka lędźwiowego są zazwyczaj krótkotrwałe i przechodzą samoistnie niezależnie od sposobu leczenia po około 6 tygodniach [33], to zahamowanie pracy mięśnia wielodzielnego i poprzecznego jest skutkiem ubocznym tych dolegliwości. Sam powrót do prawidłowej

funkcji tych mięśni nie jest niestety tak spontaniczny [26]. W sytuacji takiej często powierzchowny system mięśniowy przejmuje częściowo funkcję mięśni głębokich. Posiada on jednak dużo mniejsze zdolności do ochrony ruchów w stawach [34].

Współczesne podejście do pracy stabilizacyjnej

Współczesne podejście do problemu lędźwiobólu uwzględnia rekrutację mięśnia poprzecznego brzucha z minimalną aktywnością mięśni skośnego zewnętrznego i wewnętrznego we wczesnych stadiach rehabilitacji. Kierunek ten bazuje na badaniach dotyczących zarówno aktywności samego mięśnia poprzecznego brzucha [24, 35], jak i badaniach dotyczących powstawania dysfunkcji i zaburzenia prawidłowej pracy mięśni u osób cierpiących z powodu bólu dolnej części pleców [23, 30, 36]. Skuteczność takiej formy pracy z dolegliwościami bólowymi została potwierdzona w kontrolowanych, randomizowanych badaniach u osób z ostrymi i chronicznymi objawami bólowymi w odcinku lędźwiowym [37, 38]. Aktywność mięśnia poprzecznego została potwierdzona w wielu pracach dotyczących stabilizacji kompleksu lędźwiowo – miednicznego [7, 39, 40, 41]. Prace badawcze związane bezpośrednio z mięśniem poprzecznym brzucha stały się bardzo intensywne, donosząc jednocześnie o wielu interesujących faktach związanych ze stabilizacją. Mięsień poprzeczny brzucha może być kontrolowany niezależnie od innych mięśni powłok brzusznych [23, 42]. Może też bezpośrednio przyczyniać się do stabilizacji odcinka lędźwiowego poprzez wywieranie wpływu na ciśnienie wewnątrz powłok brzusznych oraz napięcie powięzi [43, 44, 45]. Finalnie mięsień poprzeczny brzucha może odgrywać istotną rolę we wspieraniu kompleksu lędźwiowo - miednicznego [46]. Mięsień ten nie napina się jednakowo w każdej ze swoich części. Największy i najbardziej niezależny ruch mięśnia poprzecznego brzucha został odnotowany przy wewnętrznych ruchach dolnej części brzucha (wciągnięcie brzucha) [47]. Warto również wspomnieć, że aktywność mięśnia poprzecznego uzależniona jest od innych mięśni brzucha. Niemniej to właśnie minimalna aktywność innych mięśni jest najlepszym sposobem rozwijania prawidłowej pracy mięśnia poprzecznego brzucha [48]. Wciągnięcie dolnej części brzucha najmniej aktywuje pozostałe, powierzchowne mięśnie brzucha [41], co jest zgodne z innymi badaniami na temat ćwiczeń dla pacjentów z lędźwiobólem, uwzględniających ponowny trening aktywności mięśnia poprzecznego tak, aby napięcie tego mięśnia mogło być wykonywane niezależnie od innych mięśni i było jak najbardziej efektywne [28]. Pogląd ten wykorzystywany jest w tzw. Metodzie Australijskiej bazującej na programie ćwiczeń zaproponowanym przez G. Jull

i C. Richardson. Ćwiczenia pomagają zmniejszyć lub całkowicie zlikwidować chroniczne dolegliwości bólowe dolnego odcinka kręgosłupa poprzez prawidłowe napinanie głębokich mięśni tułowia – mięśnia poprzecznego brzucha i mięśnia wielodzielnego [7]. Przywrócenie tonicznej funkcji mięśni wymaga niskiego napięcia mięśniowego tak, aby pobudzić właśnie toniczne włókna mięśniowe. Napięcie powinno więc występować na poziomie około 30-40% [49]. W innych źródłach możemy znaleźć informację, że jedynie napięcie w okolicach 25% napięcia maksymalnego jest potrzebne, aby rozwijać i wzmacniać stabilność poprzez pracę z mięśniami głębokimi. Dodawanie zewnętrznego obciążenia, jakie jest przydatne np. podczas rozciągania mięśni, nie jest odpowiednie dla rozwoju napięcia mięśniowego i wspierania pracy stawowej. Dlatego też odpowiednia pozycja i ćwiczenia uwzględniające minimalne zewnętrzne obciążenia są idealne do reedukacji lokalnych mięśni odcinka lędźwiowego stabilizujących segmenty ruchowe. Specyficzny program ćwiczeń bazujący na rekrutacji lokalnych mięśni na tyle, na ile jest to możliwe bez aktywacji mięśni globalnych ma prowadzić do bardziej skutecznej i przynoszącej więcej korzyści pracy, zapewniając napięcie właściwych mięśni. Program ten uwzględnia aktywne i izometryczne skurcze tych mięśni podczas treningu, w którym pacjent utrzymuje niski poziom napięcia izometrycznego [7].

O współskurczu mięśni głębokich bocznej ściany brzucha i mięśni grzbietu donoszono już około 1990r. Takie podejście do ćwiczenia funkcji stabilizacyjnej uwzględniające agonistów i antagonistów było rozpatrywane przez wielu badaczy tej problematyki w odniesieniu do różnych strategii stabilizacyjnych. Uważano, że mechanizm poprawnej stabilizacji powinien wykorzystywać naprzemienne napięcie mięśni po każdej ze stron stawu [50]. Wrócono do tego podejścia podczas prac nad stworzeniem metody terapeutycznej, którą współcześnie nazywa się metodą Neurac. Wpływ na tworzenie nowych strategii działania miały niewątpliwie badania, w których wykorzystywano niestabilne podłoże [51, 52, 53]. Neurac jest metodą terapii nakierowaną na odzyskanie normalnego funkcjonowania przez osoby poddające się terapii poprzez wykorzystanie stymulacji nerwowo-mięśniowej podczas aktywnych ruchów ciała [53]. W pracy stabilizacyjnej uwzględnia się obciążenie ciężarem ciała i niestabilne podłoże, które wspólnie mogą być różnicowane podczas terapii sprawiając, że wykonywane ćwiczenia będą albo bardzo proste, albo niezmiernie trudne [53]. Wspomniany powrót do aktywacji mięśni synergistycznych i antagonistycznych ma zastosowanie w metodzie Neurac pod postacią ćwiczeń z obciążeniem ciężarem ciała pacjenta. Innymi słowy, poprzez użycie ćwiczeń z wykorzystaniem obciążenia własnego ciała metoda Neurac aktywizuje zarówno mięśnie głębokie, jak i mięśnie powierzchowne i optymalizuje koordynację pomiędzy nimi. To jednak nie wszystkie zmiany, jakie do samego

treningu stabilizacyjnego włącza ta metoda. Dodatkowo, podczas pracy z pacjentem wykorzystywane są wibracje. Ich wpływ na zwiększenie adaptacji nerwowej, co bezpośrednio przekłada się na aktywność mięśniową, wykazano w wielu badaniach [54, 55, 56, 57]. W celu rozwijania procesu stabilizacyjnego stosuje się wibracje na wybrane partie ciała podczas bezbolesnych ćwiczeń, które są utrudniane poprzez obciążenie ciężarem ciała pacjenta. Te specyficzne zadania ruchowe kontrolowane są przez terapeutę dzięki ustaleniu odpowiedniej częstotliwości i czasu trwania.

Obecnie poświęca się dużo uwagi rehabilitacji i treningowi głębokich mięśni stabilizujących, a zwłaszcza mięśnia poprzecznego brzucha i wielodzielnego. Poza badaniami potwierdzającymi skuteczność tych metod nie brakuje również słów krytyki [58]. Wielu badaczy, w tym Kibler, zasugerowało istotę integracji zarówno głębokich jak i powierzchownych mięśni, aby otrzymać optymalną stabilność. Wydaje się to być osiągalne w metodzie Neurac [59]. Funkcje mięśni głębokich są wciąż analizowane, a wiedza na ich temat pogłębiana pod różnymi względami. Oczywiście, istniejące ograniczenia, dysfunkcje czy patologie rozwojowe, które też w istotny sposób mogą wpływać na aktywność mięśni głębokich. Linek i wsp. [60] przedstawiają wyniki badań nad aktywnością mięśnia poprzecznego brzucha u osób ze skoliozami. Okazuje się, że pacjenci z takimi dolegliwościami podczas testu ASLR wykazują większą aktywność mięśnia skośnego zewnętrznego, wewnętrznego i poprzecznego po prawej stronie. Dostrzeżono też u nich mniejszą grubość mięśnia poprzecznego i innych mięśni w rozluźnieniu w pozycji leżenia tyłem. Interesujące badania przedstawia również Donna [48], badając aktywność mięśnia poprzecznego podczas rotacji tułowia. Aktywność ta jest bowiem kontrowersyjnym tematem. Wiadomo, że mięsień poprzeczny brzucha aktywuje się każdorazowo przy tym ruchu, niemniej jednak, jego zdolność do napinania zmienia się w różnych regionach tego mięśnia. Cresswell i wsp. [35] donoszą o wspólnej jednostronnej i przeciwstronnej aktywności mięśnia poprzecznego brzucha podczas rotacji z większą aktywnością po stronie, w której takowa zachodzi. Istnieje hipoteza mówiąca o tym, że mięsień poprzeczny brzucha może również przyczyniać się do produkcji momentu obrotowego i stabilizacji klatki piersiowej (część górna mięśnia) oraz odcinka lędźwiowego (część środkowa i dolna mięśnia poprzecznego) podczas rotacji. W innych badaniach możemy znaleźć doniesienia o braku różnic pomiędzy aktywnością mięśnia poprzecznego po obu stronach podczas rotacji [61]. Jeszcze inne badania sugerują, że mięsień poprzeczny może w ogóle nie spełniać żadnej roli podczas rotacji tułowia lub rola ta będzie minimalna [62].

Podsumowanie

Istnieje kilka hipotez dotyczących funkcji mięśnia poprzecznego brzucha podczas rotacji tułowia, a jest to zaledwie jeden z wielu funkcjonalnych ruchów naszego ciała. Ponadto można stwierdzić, że ostatnie trzydzieści lat przyniosło bardzo wiele badań dotyczących problematyki stabilizacji kompleksu lędźwiowo-miednicznego. W tym czasie rozwinęła się nie tylko technologia umożliwiająca dokładniejsze obrazowanie i testowanie wpływu stabilizacji na organizm człowieka, ale i podejście do pracy z pacjentem.

Warto podkreślić, że osoba z nieprawidłowo funkcjonującym systemem mięśniowym odpowiedzialnym za aktywację mięśni głębokich nie staje się od razu osobą z dolegliwościami bólowymi, a jest jedynie predysponowana do wystąpienia tego typu objawów. Obszerność tej tematyki oraz pojawiające się słowa krytyki świadczą o tym, że jeszcze wiele aspektów związanych ze stabilizacją jest nieznanych i wymaga dalszych gruntownych badań.

Bibliografia

1. Urquhart, Hodges et al., Abdominal muscle recruitment during a range of voluntary exercises. *Manual Therapy*. 2005, 10: 144–153
2. Gnat R., Saulicz E., Kuszewski M. Zaburzenia funkcjonowania systemów stabilizacyjnych kompleksu biodrowo-miedniczo-lędźwiowego. *Fizjoterapia*, 2006, 14(3): 83-91
3. Gnat R. Analiza w warunkach In Vitro zakresu ruchomości oraz sztywności stawów krzyżowo – biodrowych podczas symulacji naturalnych sił oddziałujących na miednicę. Wydawnictwo AWF, 2010
4. Hodges PW., Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical Therapy*. 1997, 77: 132-144
5. Kennedy B. An Australian programme for management of back problems. *Physiotherapy*. 1980, 66(4):108–111
6. Saal JA., Saal JS. Non operative treatment of herniated lumbar disc with radiculopathy: An outcome study. *Spine*. 1989, 14(4): 431-437
7. Richardson CA., Jull GA. Muscle control – pain control. What exercises would you prescribe? *Manual Therapy*. 1995, 1:2-104

8. Baratta R., Solomonow M., Zhou BH., et al. Muscular activation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *The American Journal of Sports Medicine*, 1998, 16(2): 113-22
9. Bergmark A. Stability of the Lumbar Spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthopaedica Scandinavica Supplementum* 1989, 230(60): 20-24
10. Richardson CA., Jull GA. Concepts of Rehabilitation for Spinal Stability, In: Boyling JD. Palastanga N(eds) *Greive's modern manual therapy of the vertebral column* 2nd edn. Churchill Livingstone. Edinburgh. 1994 (51): 705-720
11. Kuzewski M., Gnat R., Saulicz E. Stability training of the lumbo-pelvo-hip complex influence stiffness of the hamstrings: a preliminary study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2009, 19: 260-266
12. Mottram SL., Comerford M. Stability dysfunction and low back pain. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 1998, 20(2): 13-8
13. Goel VK., Kong W., Han JS., et al. A combined finite element and optimisation investigation of lumbar spine mechanics with and without muscles. *Spine*. 1993, (11): 1531-1541
14. Panjabi M., Abumi K., Duranceau J., et al. Spinal stability and intersegmental muscle forces: a biomechanical model. *Spine*. 1989, 14(2): 194-200
15. Steffen R., Nolte LP., Pingel TH. Rehabilitation of the postoperative segmental lumbar instability – a biomechanical analysis of the rank of the back muscles. *Rehabilitation*. 1994, 33: 164-170
16. Wilke HJ., Wolf S., Claes LE. et al. A Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups a biomechanical in vitro study. *Spine*. 1995, 20(2): 192-198
17. Panjabi M. The stabilizing system of the spine: Part I: Function, dysfunction, adaptation and enhancement. *Journal of Spinal Disorders*. 1992a, 5: 383–9
18. Panjabi M. The stabilizing system of the spine. Part II: Neutral zone and instability hypothesis. *Journal of Spinal Disorders*. 1992b, 5:390–7
19. McGill. Electromyographic activity of the abdominal and low back musculature during the generation of isometric and dynamic axial trunk torque: Implications for lumbar mechanics. *Journal of Orthopaedic Research*. 1991a, 9 (1), 91
20. McGill. Kinetic potential of the lumbar trunk musculature about three orthogonal orthopaedic axes in extreme postures. *Spine*. 1991b, 16 (7): 809

21. Baugher WM., Warren RS., Marshall JL., et al. Quadriceps atrophy in anterior cruciate deficient knee. *The American Journal of Sports Medicine*, 1984, (12): 192-195
22. Hodges PW., Richardson CA. Neutomotor dysfunction of the trunk musculature in low back pain patients. *Proceedings of the World Confederation of Physical Therapists Congress*. 1995b. Washington
23. Hodges PW., Richardson CA. Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limbs. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. 1998,11:46-56
24. Hodges PW., Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movements at different speeds. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1999, 80:1005-1012
25. Hides JA., Stokes MJ., Saide M., et al. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine*. 1994, 19:165-172
26. Hides JA., Richardson CA., Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic following resolution of acute first episode low back pain. *Spine*. 1996, 21:2763-2769
27. Cholewicki J., Panjabi M., Khachatryan A. Stabilizing function of trunk flexor – extensor muscles around a neutral spine posture. *Spine*, 1997, 22: 2207 – 2212
28. Richardson C., Hodges P.W., Hides J. *Kinezyterapia w stabilizacji kompleksu lędźwiowo – miednicznego*. Elsevier Urban & Partner. Wrocław 2009
29. Van Dieen, Selen, Cholewicki. Trunk muscle activation in low-back pain patients: an analysis of the literature. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2003, 13: 333–351
30. Hodges PW., Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Experimental Brain Research*. 1997b, 114: 362-370
31. Moseley GL., Hodges PW. Is variability in postural adjustments a key to normalisation of control after symptoms have resolved? *Clinical Journal of Pain*. 2005: 21: 323-329
32. Moseley GL. Impaired trunk muscle function in sub-acute neck pain: etiologic in the subsequent development of low back pain? *Manual Therapy*. 2004, 9(3):157-163
33. Muetagh JE. The non-pharmacological treatment of back pain. *Medical digest*. 1994, 20, 10-4

34. Richardson C., Jull G., Toppenberg R., et al. Techniques for active lumbar stabilization for spinal protection. *Australian Journal of Physiotherapy*. 1992, 38: 105-112
35. Cresswell AG., Oddsson L., Thorstenson A. The influence of sudden perturbations on trunk muscle activity and intra – abdominal pressure while standing. *Experimental Brain Research*, 1994, 98: 79-86
36. Hodges PW. Changes in motor planning of feedforward postural responses of the trunk muscles in low back pain. *Experimental Brain Research*. 2001, 141(2):261–266
37. O’Sullivan PB., Twomey L., Allison G., et al. Specific stabilising exercise in the treatment of chronic low back pain with a clinical and radiological diagnosis of lumbar segmental ‘instability’. In: *Proceedings of Manipulative Physiotherapists Association of Australia Tenth Biennial Conference, Melbourne, Australia*. 1997b: 139
38. O’Sullivan PB., 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*. 1997c, 22(24): 2959–2967
39. Hides JA., Richardson CA., Jull GA. Use of real-time ultrasound imaging for feedback in rehabilitation. *Manual Therapy*. 1998, 3:125–31.
40. Jull GA., Richardson CA. Rehabilitation of active stabilization of the lumbar spine. In: Twomey LT, Taylor JR, eds. *Physical Therapy of the Low Back*, 2nd ed. New York: Churchill Livingstone. 1994: 251–273
41. Richardson CA., Jull GA. Muscle control – pain control. What exercises would you prescribe? *Manual Therapy*. 1995, 1:2-104
42. Hodges PW., Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine*. 1996b, 21(22): 2640–50
43. Hides JA., Jull G., Richardson C.A. Long-Term Effects of Specific Stabilizing Exercises for First-Episode Low Back Pain. *Spine*, 2001, 26(11): 243–248
44. Hides, Stanton, Mendis et al. The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus clinical muscle tests in patients with chronic low back pain. *Manual Therapy*. 2011, 16(6): 573-7
45. Barker PJ., Guggenheimer KT., Grkovic I., et al. Effects of tensioning the lumbar fascia on segmental stiffness during flexion and extension. *Spine*, 2006, 31(4): 397-405

46. Snijders CJ., Vleeming A., Stoekart R., et al. Biomechanical modeling of sacroiliac joint stability in different postures. *Spine: State of the Art Reviews*. 1995, 9: 419-432
47. De Troyer A., Estenne M., Ninane V., et al. Transversus abdominis muscle function in humans. *Journal of Applied Physiology*, 1990, 68(3): 1010–6
48. Donna M., Urquhart, Paul W. Hodges, Trevor J. Allen, et al., Abdominal muscle recruitment during a range of voluntary exercises. *Manual Therapy* 2005, 10:144–153
49. McArdle WD., Katch Fl., Katch VL. Exercise physiology energy, nutrition and human performance 3rd edn. Lea and Febiger. Philadelphia. 1991, (20): 384-417
50. Anderson GBJ. Winters JM Role of muscle in postural tasks: spinal loading and postural stability. Springer-Verlag, New York, 1990: 375-395
51. Saliba SA., Croy T., Guthrie R., et al. Differences in transverse abdominis activation with stable and unstable bridging exercises in individuals with low back pain. *North American Journal Of Sports Physical Therapy*. 2010, 5(2): 63-73
52. Kirkesola G. “Neurac – a new treatment method for long-term musculoskeletal pain” *The Journal Fysioterapeuten*. 2009, 76 (12):16-25
53. Kirkesola G. Sling Exercise Therapy – S-E-T. Et konsept for aktiv behandling og trening ved lidelser i muskel-skjelettapparatet. *Fysioterapeuten*. 2000, 12: 9-16
54. Issurin VB., Tenenbaum G. Acute and residual effects of vibratory Stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*. 1999, 17(3): 177-182
55. Lamont, Cramer, Gayaud, et al. Effects of different vibration interventions on indices of counter movement vertical jump performance in college aged males. Poster presentation. *The American College of Sports Medicine*. 2006
56. Cormie P., Deane RS., Triplett NT., et al. Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power, *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2006, 20(2): 257-61
57. Rittweger J., Schiessl H., Felsenberg D. Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *European Journal of Applied Physiology*. 2001, 86(2): 169-73
58. Reeves NP., Narendra K., Cholewicki J. Spine stability: The six blind men and the elephant. *Clinical Biomechanics*. 2007; 22: 266-74
59. Kibler WB. The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*. 2006, 36(3): 189-98

60. Linek P., Saulicz E., Kuszewski M., i wsp., Ultrasound Assessment of the Abdominal Muscles at Rest and During the ASLR Test Among Adolescents with Scoliosis. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. 2014, 19
61. Juker D., McGill S., Kropf P., et al. Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Med Journal of Science and Medicine in Sport*. 1998, 30(2):301–310
62. Misuri G., Colagrande S., Gorini M., et al. In vivo ultrasound assessment of respiratory function of abdominal muscles in normal subjects. *European Spine Journal*. 1997, 10(12):2861–2867