

Zaangażowanie Autorów

- A – Przygotowanie projektu badawczego
B – Zbieranie danych
C – Analiza statystyczna
D – Interpretacja danych
E – Przygotowanie manuskryptu
F – Opracowanie piśmiennictwa
G – Pozyskanie funduszy

Author's Contribution

- A – Study Design
B – Data Collection
C – Statistical Analysis
D – Data Interpretation
E – Manuscript Preparation
F – Literature Search
G – Funds Collection

Katarzyna Zielonka-Pycka^(A,B,C,E), Elżbieta Szczygieł^(B,D,E), Joanna Golec^(E,F)

Wydział Zdrowia i Nauk Medycznych, Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego, Kraków, Polska
Faculty of Physiotherapy, Andrzej Frycz Modrzewski Krakow University, Krakow, Poland

WZMOCNIENIE MIĘŚNI GŁĘBOKICH PODSTAWĄ TRENINGU SPORTOWEGO – PRZEGLĄD SYSTEMATYCZNY STRENGTHENING OF DEEP MUSCLES AS THE BASIC ELEMENT OF SPORTS TRAINING- SYSTEMATIC REVIEW

Słowa kluczowe: mięśnie głębokie, stabilizacja, wzmocnienie mięśni, urazy sportowe
Key words: deep muscles, stabilization, muscle strengthening, sport-related injuries

Streszczenie

Świadomość roli aktywności fizycznej w życiu przepełnionym stresem, nieprawidłową pozycją siedzącą, złą ergonomią pracy oraz niestosownym odżywianiem wyraża się rosnącą liczbą osób amatorsko trenujących różne dyscypliny sportowe. Najbardziej popularnym sportem jest jazda na rowerze (51%), pływanie (28%) następnie bieganie (18%), spacer (16%), piłka nożna (14%), siatkówka (14%), fitness (13%). Zwiększonej aktywności fizycznej towarzyszy jednak wzrost ryzyka wystąpienia kontuzji oraz przeciążeń.

Wielu autorów zwraca uwagę na istotną rolę treningu stabilizacji mięśni głębokich jako prewencji przeciwko kontuzjom, przeciążeniom oraz powstawaniu przewlekłego bólu kręgosłupa. Najważniejszą rolą mięśni lokalnych jest ich proporcjonalna i równomierna aktywacja celem zapewnienia prawidłowych wzorców ruchowych w zakresach funkcjonalnych. Osłabienie lub niewystarczająca praca jednego z ogniw łańcucha wywołuje kompensacyjne wzorce ruchowe aktywizujące mięśnie wielostawowe. Zjawisko to doprowadza do utraty stabilności i precyzji ruchu. Konsekwencją jest również modulacja centralnego układu nerwowego, wystąpienie przewlekłego bólu, pogorszenie sprawności fizycznej, większa podatność na wystąpienie urazów. Istotą treningu mięśni lokalnych jest ich jednoczesna aktywacja, w zamkniętym łańcuchu kinematycznym, z odpowiednim ułożeniem ciała w osi z zachowaniem pozycji neutralnej oraz ich częsta impulsacja.

Celem niniejszej prezentacji jest przedstawienie korzyści płynących z aktywacji mięśni głębokich i wzmocnienia „centrum” ciała w prewencji urazów sportowych.

Summary

Awareness of the role of physical activity in the life full of stress, incorrect sitting position, bad work ergonomics and unhealthy eating habits are reflected in the increasing number of people who perform different amateur sport disciplines. The most popular activities are riding a bike (51%), swimming (28%), jogging (18%), walking (16%), football (14%), volleyball (14%) and fitness (13%). Unfortunately, the increased physical activity is also connected with the increased risk of contusion, injury or overload.

Many authors emphasize the significant role of deep muscle stability training in injury prevention, contusion, overload and chronic back pain prevention. The most important role of local muscles is their proportional and equal activation, in order to ensure the correct movement patterns in functional ranges. Weak or insufficient work of one of the links in the chain causes compensatory movement patterns which activate polyarthritic (multijoint) muscles.

This phenomenon leads to loosening of stability and movement precision. The consequences include modulation of the Central Nervous System (CNS), chronic pain, deterioration of physical activity, injuries and contusions. The aim of the local muscle training is mutual activation of these muscles in the closed kinematic chain, with the correct body position in its axis, maintaining the neutral position and frequent impulsation of muscles.

The aim of this presentation is to show the benefits that can be observed in deep muscle activation and the strengthening of body center in order to prevent sport injuries.

Word count: 5991
Tables: 1
Figures: 3
References: 42

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Katarzyna Zielonka-Pycka
30-126 Kraków, ul. Stańczyka 11/2
tel. 501073432, e-mail: kaszie@interia.pl

Otrzymano / Received 07.01.2017 r.
Zaakceptowano / Accepted 20.05.2017 r.

Wstęp

W ostatnich latach zauważalny jest wzrost zainteresowania zagadnieniami dotyczącymi stabilizacji centralnej. Jednym z pierwszych autorów opisujących zjawisko stabilizacji był Panjabi. Zaproponowany przez niego model stabilizacji uwzględnia układ bierny (struktury kostno-stawowe), układ czynny (mięśnie) oraz komponentę układu nerwowego (kontrola mięśniowa) [1]. Wymienione układy tworzą trzy drogi integracji pomiędzy układem nerwowym (CUN), aktywnym układem mięśniowym i pasywnym układem kostno-stawowym. Panjabi sugeruje również potrzebę „trenowania mózgu”, bo to właśnie on w dużej mierze odpowiada za kontrolę motoryczną. Wyraża przekonanie, że ćwiczenia skupione wyłącznie na mięśniach i stawach nie przyniosą zamierzonego efektu bez modulacji CUN [1,2].

Podczas wykonywania zarówno codziennych czynności, jak i złożonych ruchów, nasza świadomość skupia się w głównej mierze na poszczególnych fazach ruchu, natomiast funkcja stabilizacji jest podświadoma i automatyczna. Wielu sportowców lub osób podejmujących aktywność fizyczną amatorsko nie zwraca uwagi na świadomą aktywację mięśni głębokich podczas ćwiczeń. Uwaga bowiem jest skierowana na rodzaj ćwiczeń, liczbę powtórzeń czy grupy mięśni wielostawowych trenowanych celem uzyskania efektu sylwetkowego lub budowania masy mięśniowej. W sytuacji gdy funkcja stabilizacji jest zaburzona, zauważalna jest nieprawidłowość ruchu. Pojawiające się dysfunkcje mogą wyrażać się np. osłabieniem lub sztywnością mięśniową, zaburzeniem sensomotoryki, zmianą koordynacji i propriocepcji, jak również współwystępowaniem kilku zaburzeń jednocześnie. W poszukiwaniu przyczyny mechanizmu urazu lub dysfunkcji danej części ciała, niestety pomija się stabilizację wewnętrzną tułowia [3,4].

Celem niniejszej pracy jest ukazanie roli mięśni lokalnych w kontroli motorycznej i profilaktyce urazów sportowych w oparciu o przegląd literatury.

Funkcjonalna klasyfikacja mięśni

Wszystkie mięśnie szkieletowe realizują cztery główne funkcje:

- funkcja stabilizacji realizowana poprzez pracę ekscentryczną związaną z wydłużeniem mięśnia pracującego i kontrolą nadmiernego zakresu ruchu;
 - funkcja mobilizacji realizowana poprzez pracę koncentryczną charakteryzującą się zmniejszeniem długości mięśnia;
 - funkcja posturalna realizowana poprzez pracę izometryczną związaną z utrzymaniem danej pozycji;
 - dostarczanie czuciowej informacji zwrotnej do CUN – koordynacja i regulacja napięcia mięśniowego) [5].
- Wymienione funkcje realizowane są przez mięśnie lokalne, jedno i wielostawowe.

Mięśnie lokalne (głębokie) – odpowiadają za utrzymanie pozycji neutralnej, położone są najgłębiej, wymagają stałej niskiej aktywacji niezależnie od kierunku ruchu. Ich aktywacja następuje podczas inicjacji ruchu, istotny jest zatem czas włączenia się do ruchu. Stanowią podpór i ochronę na poziomie segmentarnym kręgosłupa.

Mięśnie jednostawowe – koncentrycznie skracają się w fizjologicznym zakresie, odpowiadają za kon-

Background

During recent years we can notice an increased interest in the issues related to core stability. One of the first authors who described the phenomenon of stability was Panjabi. The model proposed by this author considers the passive system (osteo-articular structures), the active system (muscles) and the nervous system component (muscular control) [1]. The above mentioned systems form three pathways of integration between the Central Nervous System (CNS), the active muscular system and the passive osteo-articular system. Panjabi also suggest the need of “brain training” as the brain is to a large extent responsible for motor control. The author believes that exercises which are focused on muscles and joints only will not bring the desired effect without modulation of the CNS [1,2].

Both during our everyday activities and during complex movements our consciousness is mainly focused on individual phases of movement while the stabilizing function is subconscious and automatic. Many athletes or people involved in amateur physical activities do not pay attention to conscious activation of deep muscles during exercise performance. The reason is that their attention is focused on the type of exercise, the number of repetitions or the group of multi-articular muscles, which are trained in order to obtain the desired silhouette or to build muscular mass. When the stabilizing function is impaired, some movement abnormalities are developed. The dysfunctions may be manifested by e.g. muscle stiffness, sensorimotor disorders, changes in coordination and proprioception and several disorders occurring at the same time. Unfortunately, searching the reasons of injury mechanism or dysfunction of a given part of the body, we ignore internal stability of the trunk [3,4].

The aim of this paper is to present the role of local muscles in motor control and sport injury prophylaxis, based on literature review.

Functional classification of muscles

All skeletal muscles perform four main functions, namely:

- stabilizing function involving eccentric activity related to elongation of the working muscle and control of excessive range of motion (ROM);
- mobilizing function involving concentric activity, characterized by muscle length reduction;
- postural function involving isometric activity aimed at maintaining a certain body posture;
- providing sensory feedback to the CNS – coordination and regulation of muscle tone [5].

The above mentioned functions are performed by mono-articular and multi-articular muscles.

Local (deep) muscles are responsible for maintaining a neutral body posture, are located most deeply and require constant low activation, regardless movement direction. Their activation takes place when movement direction is changed, therefore the time of their engagement in movement is essential. They provide support and protection for the vertebral column on the segmental level.

Mono-articular muscles – they concentrically shorten throughout the physiological range, are responsi-

tróle ekscentryczną, izometrycznie utrzymują pozycję, ich praca nie jest stała, kontrolują rotacje we wszystkich kierunkach. Charakteryzuje je aktywność antygravitacyjna oraz kontrola postawy.

Mięśnie wielostawowe – odpowiadają za ruch w pełnym zakresie, funkcja ruchowa zależy od kierunku ruchu. Potrafią generować dużą moc, prędkość oraz siłę, dlatego ich główną rolą jest stabilizacja przy dużym obciążeniu, podnoszenie ciężarów, pchnięcia, absorpcja wstrząsów [5].

Najważniejszą rolą mięśni lokalnych (łańcucha kinetycznego) jest ich proporcjonalna i równomierna aktywacja, celem zapewnienia prawidłowych wzorców ruchowych w zakresach funkcjonalnych. Nadmierna aktywacja mięśni wielostawowych doprowadza do wyhamowania mięśni głębokich, co skutkuje zaburzeniem ruchu i nieprawidłową impulsacją CUN. Przedłużając ten stan dochodzi do zaburzenia modulacji centralnego układu nerwowego (CUN), przewlekłego bólu i pogorszenia sprawności fizycznej [6,7].

Między innymi Kendall wyraża przekonanie, że wszelkie zaburzenia w obrębie mięśni jednostawowych skutkują ich nadmierną rozciągliwością i osłabieniem, powodując w konsekwencji niestabilność. Z drugiej strony nadaktywność mięśni wielostawowych doprowadza do przykurczów, sztywności i utraty elastyczności [8].

Mięśnie głębokie a stabilizacja

Główną cechą mięśni głębokich jest zawartość jednostek wolno-kurczliwych, niskoprogowych. Włókna te są odporne na zmęczenie, posiadają wolną prędkość skurczu, natomiast wytwarzana przez nie siła jest mała. Dlatego są rekrutowane podczas zadań związanych z prostymi ruchami funkcjonalnymi oraz utrzymaniem prawidłowej kontroli posturalnej [9]. Równie ważną funkcją stabilizatorów lokalnych jest propriocepcja. Definiowana jest jako wyspecjalizowana funkcja czuciowa obejmująca zdolność do określenia położenia ciała w przestrzeni oraz czucia ruchu. Propriocepcja to przede wszystkim sygnały wysyłane

ble for eccentric control, maintain body posture in the isometric way, their activity is not constant and they control rotation in all directions. They are characterized by antigravity activity and are responsible for postural control.

Multi-articular muscles are responsible for the full range of motion (ROM) and their motor function depends on movement direction. They can generate substantial power, therefore their main role is maintaining stability when a substantial load is applied on the body during weightlifting, pushing and shock absorption [5].

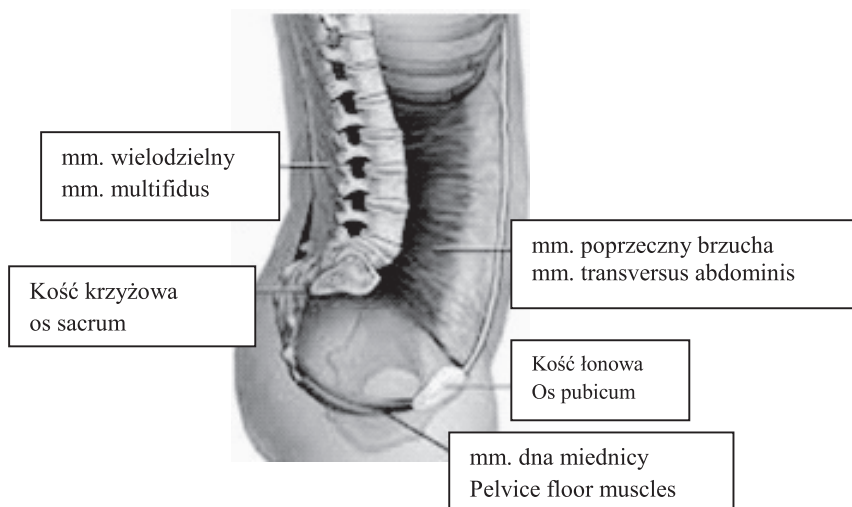
The most important role of local muscles (of the kinematic chain) is proportional and equal activation to assure correct movement patterns within functional ranges. Excessive activation of multi-articular muscles leads to inhibition of deep muscles, resulting in movement disorders and incorrect CNS impulsation CUN. If such a condition is prolonged, it leads to CNS modulation disturbance, chronic pain and deterioration of physical fitness [6,7].

Among the authors dealing with this issue, Kendall maintains that each disturbance in mono-articular muscle area results in excessive stretchability and impairment of these muscles, leading to their instability.

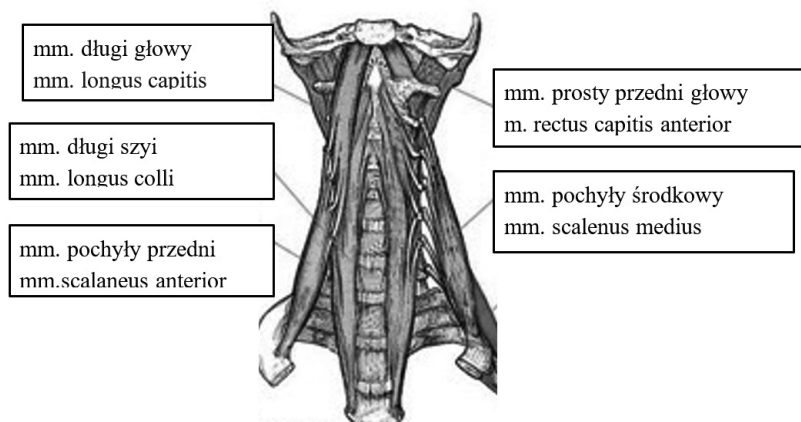
On the other hand, hyperactivity of multi-articular muscles leads to contractures, stiffness and loss of elasticity [8].

Deep muscles and stability

Deep muscles are mainly characterized by slow twitch, low threshold fibers. These fibers are resistant to fatigue, their speed of contraction is slow and the force generated by this muscles is low. Therefore they are recruited during activities involving simple functional movements and maintaining a correct postural control [9]. Proprioception is an equally important function of local stabilizers. It is defined as a specialized sensory function including the ability to determine body position in space and motion sensation. Proprioception signals are sent from the periphery (of the entire body) to the CNS [10]. Kolar be-



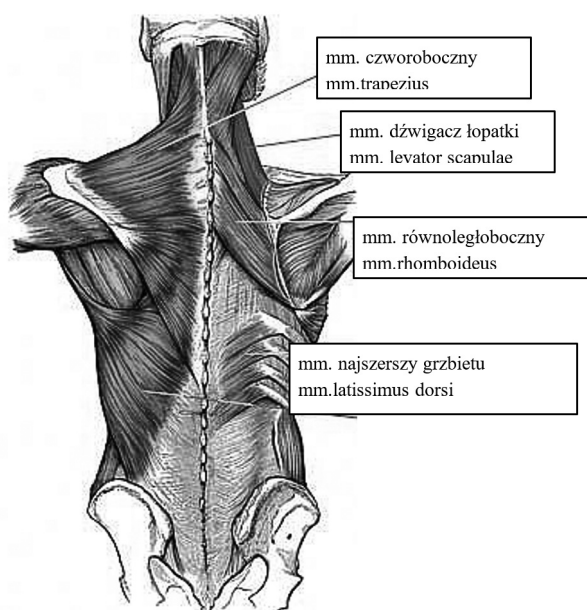
Ryc. 1. Mięśnie głębokie – odcinek lędźwiowy
Fig. 1. Deep muscles – lumbar spine



Ryc. 2. Mięśnie głębokie – odcinek szyjny
Fig. 2. Deep muscles – cervical spine

z obwodu (całego ciała) do ośrodkowego układu nerwowego [10]. Kolar sądzi, że zintegrowany system stabilizacji kręgosłupa jest powiązany w całości poprzez części składowe takie jak: równomierna aktywacja głębokich mięśni zginaczy szyi, prostowników odcinka szyjnego i górnej części odcinka piersiowego, prawidłowe napięcie mięśni dna miednicy, przepony, poprzecznego brzucha (całego regionu mięśni brzucha) oraz prostowników w odcinku lędźwiowym. Wykazał również, że przepona, mięśnie dna miednicy, mięśni poprzeczny zapewniają przednią stabilizację kompleksu lędźwiowo-miednicznego [11]. Ko-kontrakcja tych mięśni wraz z napinającą się powięzią piersiowo-lędźwiową oraz wzrostem ciśnienia wewnątrzbrzusznego powoduje powstawanie sił wpływających na stabilność mechaniczną oraz zwiększają odporność na działanie sił zewnętrznych lędźwiowo-

lielieves that the integrated system of spinal stability is connected, as a whole, by such components as: equal activation of deep flexors and extensors of the cervical spine and the superior thorax, a correct toning of pelvic fundus muscles, the diaphragm, transverse abdominal muscle (TVA) (all abdominal muscles) and extensors of the lumbar spine. He has also shown that the diaphragm, pelvic fundus muscles and the TVA assure anterior stability of the lumbo-pelvic complex [11]. Co-contraction of these muscles and the toned thoraco-lumbar fascia with the increased intra-abdominal pressure generate forces affecting mechanical stability and increase resistance to external forces affecting the lumbar spine [12]. This statement is confirmed by the study conducted by Hodges. The author presents two important functions of the diaphragm, namely the postural and the respiratory func-



Ryc. 3. Mięśnie powierzchowne
Fig. 3. Superficial muscles

wego odcinka grzbietu [12]. Potwierdzeniem doniesień Kolara dotyczących roli przepony są badania Hodgesa. Autor ten przedstawił dwie istotne funkcje przepony: posturalną i oddechową.

Aktywność przepony wpływa na mechaniczną stabilizację tułowia oraz jednocześnie utrzymanie wentylacji przez wzrost ciśnienia wewnątrzbrzusznego (ĆWB) i powiązanej z nim zwiększonej sztywności dla odcinka lędźwiowego. Wykazał, że wszelkie zakłócenia tj. nieprawidłowa pozycja klatki piersiowej lub żeber oraz nierównowaga mięśniowa pomiędzy górną a dolną częścią klatki piersiowej, wpływa na czynność posturalną i oddechową oraz na jakość działania poszczególnych części ciała, w tym i przepony. Nieprawidłowe położenie, długość oraz napięcie w obrębie przepony może doprowadzać do jej osłabienia, w konsekwencji wpływając na zmianę kontroli motorycznej i powodować zaburzenia we wzorcach ruchowych. Dzieje się tak poprzez zwiększone siły ścinające oddziałujące na kręgosłup podczas różnych form aktywności [13-15].

Funkcje przepony

Przepona jest mięśniem oddzielającym jamę klatki piersiowej (KLP), w której panuje ujemne ciśnienie ok. 758 mmHg, od jamy brzusznej z ciśnieniem dodatnim ok. 10mmHg. Aktywacja przepony następuje przez ośrodki oddechowe zlokalizowane w pniu mózgu, umożliwiając skuteczne obniżenie panującego ciśnienia w KLP. Przepona jest również amortyzatorem dla narządów wewnętrznych, dzięki systemowi podwieszceń i zachowaniu odpowiedniego ciśnienia wewnątrz jamy brzusznej, przeciwdziała uszkodzeniom w obrębie trzewi. Umieszczenie przepony oraz połączenie z przyczepami mięśnia poprzecznego brzucha oraz, za pomocą więzadła łukowego, z mięśniem lędźwiowym i czworobocznym lędźwi sprawiają, że takie powiązania wywierają synergistyczny wpływ na funkcję stabilizacji kręgosłupa lędźwiowego.

Podczas wdechu przepona ulega obniżeniu i wraz z mięśniami dna miednicy pełni funkcję stabilizującą ciało od dołu, aż do momentu wyrównania ciśnienia wewnątrzbrzusznego [16]. Stabilizacyjna funkcja przepony została opisana przez wielu autorów. W swoich badaniach podkreślają ścisłą współpracę mięśni głębokich z głównym mięśniem oddechowym i ich wspólny wpływ na kontrolę posturalną tułowia oraz świadome ruchy kończynami [14, 17-19]. Osłabienie lub dysfunkcje przepony powiązane są z wyhamowaniem lub znacznym zmniejszeniem aktywności mięśni głębokich. Taki przedłużający się stan może doprowadzić do kompensacji i przewlekłych zaburzeń statyki ciała, wzorców oddechowych, dysfunkcji trzewnych, jak również nieprawidłowości w sąsiadujących częściach ciała [16, 20]. Dzieje się tak poprzez mechanizmy oddziaływania (przenoszenia) napięć przepony na inne układy. Godek opisuje mechanizm mięśniowo-powięziowy, który związany jest z przekazywaniem napięć z przepony na mięśnie biodrowo-lędźwiowe rzutujące na funkcję stawu biodrowego, mięśnie czworoboczne wpływające na miednicę oraz mięśnie oddechowe determinujące ruchy oddechowe klatki piersiowej [16].

Przepona, jako górny element cylindra mięśniowego, zapewnia stabilność dla lędźwiowego odcinka grzbietu poprzez skurcz i dzięki wzrastającemu ciśnie-

tion. Diaphragm activity affects mechanical stability of the trunk and maintains ventilation through the increased intra-abdominal pressure (IAP) and the related increased stiffness of the lumbar spine. He showed that all the disturbances, namely abnormal positioning of the thorax or ribs and muscular imbalance between the upper and the lower thorax affect the postural and respiratory functions and the quality of the activity of various body parts including the diaphragm. Abnormal alignment, length and toning in the diaphragm area may result in diaphragm impairment, leading to the change in motor control and disturbed movement patterns. All these above mentioned abnormalities are due to increased shear forces, affecting the spine during different forms of activity [13-15].

Diaphragm functions

The diaphragm is the muscle dividing the thoracic cavity where the pressure is negative of, about 758 mmHg, from the abdominal cavity with positive pressure of about 10mmHg. Diaphragm activation is provided by respiratory centers located in the brain stem and enables effective reduction of the pressure within the thorax. It is also a "shock absorber" for internal organs, due to its suspension system and the adequate pressure inside the abdominal cavity, and it prevents lesions in the visceral area. Its location and connection with attachments of the abdominal transverse muscle by the arcuate ligament with the lumbar and the trapezius muscle are responsible for the synergistic effect of such connections on the stabilizing function of the lumbar spine.

During aspiration the diaphragm is depressed and, together with pelvic fundus muscles, stabilizes the body from the bottom, until the intra-abdominal pressure is equalized [16]. The stabilizing function of the diaphragm has been described by many authors. In their studies they emphasize the close cooperation between the deep muscles and the respiratory muscle, and their mutual effect on postural control of the trunk and conscious limb movements [14, 17-19]. Attenuation and dysfunction of the diaphragm are connected with the inhibition or a significant decrease in deep muscle activity. Such prolonged conditions can lead to compensation and chronic disorders of body statics and respiratory patterns, visceral dysfunctions or abnormalities in the closely located body areas [16,20]. This is due to the mechanisms affecting (shifting) diaphragm tone to other systems. Godek describes the musculofascial mechanism, connected with diaphragm tone shift to ilio-lumbar muscles, affecting the hip joint function, trapezius muscles affecting the pelvis and respiratory muscles determining respiratory movements of the thorax [16].

The diaphragm, being the main element of the muscular "cylinder", assures stability of the lumbar spine through contraction and the increasing intra-abdominal pressure. In case of excessive activity of the respiratory muscles, diaphragm function may be impaired, resulting in accumulation of compression

niu wewnątrzbrzuszemu. W przypadku wzmożonej pracy mięśni oddechowych może dochodzić do zaburzenia funkcji przepony, powodując tym samym narastanie sił ściskających, oddziaływujących na odcinek lędźwiowy [21]. Według Smith, prawidłowa stabilizacja kręgosłupa jest głównym punktem wyjściowym dla wszystkich dynamicznych aktywności, poczynając od prostych zadań po umiejętności atletyczne lub zawodowe [22]. Powyższe stwierdzenie w swoich badaniach potwierdził również Rice, który wykazał, że aktywacja przepony i mięśni głębokich pośredniczy w stabilizacji tułowia podczas oddychania i utrzymywania postawy [19].

Poprawność ćwiczeń

- Warunkami aktywacji mięśni lokalnych są [23]:
- jednoczesna aktywacja wszystkich mięśni głębokich;
 - w zamkniętym łańcuchu kinematycznym;
 - w ułożeniu ciała zapobiegającym rozciąganiu tych mięśni;
 - częsta impulsacja;
 - spadek aktywności z mięśni wielostawowych;
 - aktywacja przeponowego toru oddechowego.
- Poprawność wykonywanych ćwiczeń:
- redukcja napięcia mięśni wielostawowych;
 - utrzymanie pozycji neutralnej;
 - utrzymanie osi;
 - zapobieganie kompensacjom;
 - prawidłowe oddychanie (tor przeponowy);
 - unikanie bezdechu;
 - czucie i rozumienie ruchu;
 - prawidłowa technika wykonywanych ćwiczeń;
 - równomierna aktywacja mm głębokich.

Mięśnie głębokie a urazy sportowe

Wszechobecne stwierdzenie „sport to zdrowie” dotyczy naprawdę zdrowych osób, bez kontuzji i dolegliwości bólowych. Stwierdzenie to można dopasować do młodych osób, które nie narzekają na swój stan zdrowia, więc zasady prawidłowego wykonywania ćwiczeń często odkładają na drugi plan. Brak wiadomości i edukacji w zakresie metodyki danej aktywności fizycznej w konsekwencji może prowadzić do kontuzji, przeciążeń czy urazów w późniejszym czasie. Wynika to ze zwykłej nieświadomości ludzi podejmujących sport amatorsko, bez uprzedniego zapoznania się z regułami danej dyscypliny. Funkcjonalny ruch jest definiowany jako zdolność do utrzymywania równowagi, mobilności i stabilności wzdłuż łańcucha kinetycznego, dlatego integralny funkcjonalny ruch to wzorce dokładności i wydajności. Deficyty kontroli posturalnej, osłabiona równowaga, zmieniona propriocepcja i niewydajna kontrola motoryczna przyczyniają się do powstawania bólu, dysfunkcji i sprzeczności z prawidłowym ruchem [24].

Puntumetakul wykazał wpływ treningu mięśni głębokich na poprawę stabilności pomiędzy segmentami kręgosłupa. Przeprowadził badania na grupie 42 osób ze stwierdzoną niestabilnością w odcinku lędźwiowym. Grupa ta wykonywała program ćwiczeń mięśni głębokich przez okres 10 tygodni. Uzyskane wyniki potwierdziły znaczne zmniejszenie bólu oraz poprawę aktywności mięśni głębokich względem mięśni powierzchownych [25]. Anoop i Suraj badali efekt 6-ty-

forces affecting the lumbar spine [21]. According to Smith, a correct stability of the vertebral column is the main starting point for all dynamic activities, from simple tasks to athletic or occupational performance [22]. The above statement has also been confirmed by Rice who showed that the activation of the diaphragm and deep muscles mediates trunk stability during respiration and maintaining body posture [19].

Exercise correctness

- The conditions of muscle activation include [23]:
- A simultaneous activation of all deep muscles;
 - Closed kinematic chain;
 - Body position preventing deep muscle stretching;
 - Frequent impulsion;
 - Decrease in multi-articular muscle activity;
 - Activation of the diaphragmatic respiratory pathway.
- Exercise correctness includes:
- Reduction of multiarticular muscle tension;
 - Maintaining a neutral position;
 - Maintaining body axis;
 - Compensation prevention;
 - Correct respiration (diaphragmatic respiratory pathway);
 - Avoiding apnea;
 - Sensibility and motion understanding;
 - Correct exercising techniques;
 - Equal activation of deep muscles.

Deep muscles and sport-related injuries

The popular statement that sport is healthy is true in case of healthy people, without contusions or pain. Such persons do not complain of any symptoms, therefore correct exercise performance is not so important for them. The lack of knowledge and education in the methodology of physical activity can lead to contusions, overload or injuries. These result from the lack of consciousness among amateur athletes who know little or nothing about the rules of a given sport discipline. Functional motion is defined as the ability to maintain balance, mobility and stability along the kinematic chain, therefore integral functional movement is a model of accuracy and efficiency. Postural control deficits, impaired balance, altered proprioception and inefficient motor control contribute to pain, dysfunction and incorrect movements [24].

Puntumetakul has shown the effect of deep muscle training on stability improvement between spinal segments. The author carried out a study in a sample of 42 patients diagnosed with lumbar spine instability. The participants performed deep muscle workout within 10 weeks. The obtained results confirm significant pain alleviation and improvement of deep muscle activity in relation to superficial muscles [25]. Anoop and Suraj studied the effect of central stability training on endurance of the lumbar spine in 40 amateur athletes, practicing sports for recreation. The results indicate that deep muscle training decreases the risk of pain and lumbar spine injuries [26]. Another study

godniowego treningu stabilizacji centralnej na wzrost wytrzymałości mięśniowej odcinka lędźwiowego w grupie 40 osób uprawiających rekreacyjnie sport. Wyniki wskazują, że trening mięśni głębokich wpływa na zmniejszenie ryzyka wystąpienia bólu i urazów związanych z kręgosłupem lędźwiowym [26]. Kolejnym badaniem przeprowadzonym przez Anoop było porównanie grupy osób wykonujących trening stabilizacji centralnej z grupą osób wykonujących trening równowagi oraz grupą kontrolną. Przed i po zakończeniu 6-tygodniowego badania zostały przeprowadzone testy równowagi statycznej i dynamicznej. W pierwszych dwóch grupach wykazano znaczną poprawę równowagi zarówno statycznej, jak i dynamicznej [27]. Hodges i Richardson twierdzą, że istnieje wyprzedzająca funkcja stabilizacji centralnej wobec ruchu na obwodzie (kończyn). Oznacza to, że mięśnie głębokie aktywują się przed ruchem kończyny górnej lub dolnej. Zapewnia to stabilność tułowia podczas ruchu. Wyprzedzająca funkcja „feedforward” związana jest z rekrutacją mięśni głębokich celem wytworzenia ruchu globalnego [28]. Pozwala to na wykonanie płynnego ruchu bez zaburzeń i kompensacji. Prawidłowa stabilizacja centralna umożliwia wykonywanie różnorodnych zadań sportowych połączonych z działaniem sił zewnętrznych na organizm oraz może wpływać na destabilizację płaszczyzny podparcia [29]. Hubscher dokonał przeglądu systematycznego siedmiu wysokiej jakości badań, po którym stwierdził, że trening mięśni głębokich wpływa na zmniejszenie częstości pojawienia się niektórych urazów sportowych kończyn dolnych wśród dorastających zawodników. Analiza zbiorcza wyników badań przedstawiła pozytywny wpływ wieloaspektowego treningu nerwowo-mięśniowego. Osoby trenujące mięśnie głębokie w mniejszym stopniu doznawały urazów kończyn dolnych (urazów stawu kolanowego i zwichnięć stawu skokowego)[30].

Heidt przeprowadził badania wprowadzając odpowiedni trening mięśni głębokich jako prewencja urazom ACL w grupie kobiet uprawiających piłkę nożną na poziomie licealnym. Grupa liczyła 300 osób, badanie trwało jeden rok. W wynikach uzyskał zmniejszenie urazów ACL pod względem stopnia uszkodzenia [31]. Seaterbakken potwierdza korzyści płynące z treningu stabilizacji centralnej polegającym na stopniowym wykonywaniu ćwiczeń stawów biodrowych i tułowia w zamkniętych łańcuchach kinematycznych u zawodników piłki ręcznej. Wykazał istotny wpływ treningu na stabilność tułowia dającą możliwość generowania znacznych prędkości w czynnościach ruchowych tj. rzut piłką [32].

Olsen wraz ze współautorami wykazał, że zorganizowany program ćwiczeń rozgrzewkowych wśród młodych piłkarzy ręcznych zmniejsza ryzyko wystąpienia urazów stawu kolanowego oraz stawu skokowego. Rozgrzewka zakładała ćwiczenia szybkościowe, techniczne oraz równowagi przy użyciu niestabilnego podłoża w postaci piłek i dysków. Dodatkowo wzbogaconą była o ćwiczenia wzmacniające mięśnie głębokie. Autorzy uważają, że prawidłowa rozgrzewka powinna być integralną częścią treningu sportowego celem redukcji urazów sportowych [33].

Słaba stabilizacja centralna może być czynnikiem ryzyka powstawania bólów dolnego odcinka kręgosłupa oraz przyczyniać się do urazów kończyn u sportowców. W świetle tej informacji, trening mięśni głębokich stał się podstawą ćwiczeń zarówno wykorzysty-

by Anoop involved the comparison between the group performing central stability training, the group performing balance training and the control group. Prior to and following the six week study, static and dynamic balance tests were carried out. In the first two groups a significant improvement was noted, both in static and dynamic balance [27]. Hodges and Richardson state that there is a “feedforward” function dealing in advance with central stability of the spine contra movements on body periphery (the limbs). This means that deep muscles are activated prior to upper or lower limb movements. This activation assures stability of the trunk during movements. The “feedforward” activity involves deep muscle recruitment to generate global movement [28]. This allows free flow movements with no disturbance or compensation. A correct core stability enables performing various sport-related tasks when the body is affected by external forces without compromising one’s base of support [29]. Hubscher presents the review of seven high quality studies and found that deep muscle training contributes to the decrease in the rate of some sport-related injuries of the lower limbs among youth athletes. The collective analysis of study results indicates a favorable effect of multi-aspect neuromuscular training. The persons involved in deep muscle training more seldom sustained lower limb injuries (knee joint injuries and ankle sprain) [30].

Heidt introduced an adequate deep muscle training in the year-long study, as a preventive measure for anterior cruciate ligament (ACL) injuries in the sample of youth female footballers. The sample included 300 participants [31]. The results indicate a lower ACL injury rate in terms of the degree of damage. Seaterbakken confirms the benefits of core stability training involving a gradual hip joint and trunk workout in closed kinematic chains in handball players. The results show a significant effect of training on trunk stability, enabling high speed generation during motor activities, such as ball throw [32].

Olsen and co-authors showed that the organized warm up program applied in a group of young handball players decreased the risk of knee joint and ankle joint injuries. The warm up included speed, technique and balance exercises using instable surfaces, namely balls and discs. The program was enriched by adding deep muscle strengthening workout. The authors believe that a properly performed workout should be an integral part of sport training aimed at reduction of sport-related injuries [33].

A weak core stability may be the risk factor for low back pain and contribute to limb injuries in athletes. In the light of this statement, deep muscle training has become the basis for exercises, used both in rehabilitation and athletic training [34,35].

Tab. 1. Przegląd systematyczny publikacji
 Tab. 1. A systematic review of the publications

Autor Author	Liczebność grupy Number of people in the group	Czas trwania Duration	Testy/skale/badania Tests/ scales/ examinations	Wnioski Conclusions
Puntumetakul (2013)	42 osoby 42 people	10 tygodni 10 weeks	ICS, HQOR, satysfakcja pacjenta ICS, HQOR, patient's satisfaction	Zmniejszenie bólu, poprawa aktywności mięśni głębokich. Reduction of pain, deep muscles activation improvement
Anoop i Suraj (2010)	40 osób 40 people	6 tygodni 6 weeks	Podpór przodem, podpór bokiem, test na zmęczenie mięśni brzucha. Sorensen test. Front support, sideways support, abdominal muscle fatigue test. Sorensen test	Zmniejszenie bólu i urazów dolnego odcinka kręgosłupa. Reduction of pain and traumas of the lower back
Anoop (2010)	30 osób 30 people	6 tygodni 6 weeks	Test równowagi dynamicznej, statycznej i funkcjonalnej. Dynamic, static and functional balance test	Poprawa równowagi statycznej i dynamicznej. Static and dynamic balance improvement
Heidt (1999)	300 osób 300 people	1 rok 1 year	Ocena fizjoterapeutyczna. Physiotherapeutic assessment	Zmniejszenie urazów ACL. Decrease of ACL traumas
Seaterbakken (2011)	24 osoby 24 people	6 tygodni 6 weeks	Metoda fotokomórki. Photocell method	Poprawa stabilności, generowanie większej prędkości w rzutach piłką. Stability improvement, generate higher velocity in ball throws
Olsen 2005	1837 osób 1837 people	8 miesięcy 8 months	Ocena fizjoterapeutyczna. Physiotherapist's assessment	Zmniejszenie urazów stawu kolanowego i skokowego. Reduction of knee and ankle injuries

wanych w rehabilitacji, jak i w treningach sportowych [34,35].

Podsumowanie

W oparciu o dowody naukowe można stwierdzić, że prawidłowa aktywacja mięśni głębokich wywiera istotny wpływ na prewencję urazów podczas różnych aktywności fizycznych [12,36,37].

Kompleksowe wzmacnianie i impulsacja mięśni głębokich jest istotna zarówno w procesie fizjoterapii, jak również w profilaktyce uszkodzeń układu ruchu podczas uprawiania różnorodnej aktywności fizycznej. „Centrum Stabilizacji”, to rodzaj cylindra mięśniowego, który z przodu odgranicza mięsień poprzeczny brzucha oraz mięśnie skośne wewnętrzne, z tyłu mięsień wielodzielny, włókna tylne mięśnia lędźwiowego większego, od góry odgranicza go przepona, od dołu mięśnie dna miednicy. Mięśnie te mają swoje przyczepy w obrębie powięzi piersiowo-lędźwiowej i w obrębie kręgosłupa tworząc tzw. łańcuch kinematyczny [21]. Łańcuch kinematyczny stabilizacji centralnej (połączenie obręczy biodrowej, tułowia oraz obręczy miednicznej) to zdolność do kontroli pozycji, kontroli ruchów globalnych oraz tworzenia, rozpraszania i przenoszenia sił w obrębie kończyn dolnych [38]. Wszystkie wzorce ruchowe oraz synergie mięśniowe kontrolowane są automatycznie poprzez centralny układ nerwowy. Poziom kontroli centralnego układu nerwowego to poziom najwyższej integracji koryowej [39]. Posiada on funkcję tworzenia obrazu własnej postawy, zdolność do wyizolowanego i precyzyj-

Conclusions

Based on the scientific evidence we can conclude that a correct activation of deep muscles has significantly affects prevention of injuries during various forms of physical activity [12,36,37].

Complex strengthening and impulsation of deep muscles are essential in the process of physiotherapy and prophylaxis of musculoskeletal lesions during different physical activities. The “core of stability” is a kind of muscular cylinder, separated by TVA and abdominal internal muscles at the front, the multifidus muscle and the rear fibers of the psoas major muscle in the back, the diaphragm on the top and pelvic fundus muscles on the bottom. These muscles have attachments in the thoraco-lumbar fascia and spine region, forming the so called kinematic chain [21]. Core stability kinematic chain (including the iliac crest, the trunk and the pelvic girdle) is the ability of postural control, global movement control and generation, dissipation and shift of forces in lower limb area [38]. All movement patterns and muscle synergies are automatically controlled by the CNS. The level of CNS control is the level of the highest cortical integration [39]. It has the function of creating one's own body posture image, the ability of performing isolated, precise movements and relaxation ability [40]. Visual perception and cortical integration allow us to imitate body postures and movements. Even when

nego ruchu w jednym segmencie oraz zdolność do relaksacji [40]. Percepcja wzrokowa i integracja koro-wa pozwalają naśladować pozycję ciała i ruch. Nawet przy zamkniętych oczach istnieje możliwość „odczytania” własnego ciała, np. pozycji w jakiej się znajdujemy. Kolejnym istotnym układem jest układ przed-sionkowy, który jest ważny w procesie utrzymywania równowagi oraz percepcji linii pionowej [41]. Receptory zawarte w skórze również wpływają na postrze-ganie ruchu, pozycji ciała i poczucia prędkości [42]. Wszelkie zmiany w wielozmysłowej integracji CUN mogą powodować osłabione planowanie działań mo-torycznych, zmniejszoną reedukację motoryczną oraz trudności z wykonywaniem prostych czynności. Pro-blemy będą ujawniać się w postaci nieprawidłowego dostosowania siły mięśni do wykonywanego zadania, nieefektywnego ruchu, zaangażowania dużych grup mięśniowych i ich zwiększonej aktywacji [41].

our eyes are closed we can “read” our bodies, e.g. in the position we assume. The vestibular system is the next important system in the process of maintaining bal-ance and vertical line perception [41]. The receptors located in the skin also affect perception, body posture and speed sensation [42]. All changes in multisensory integration of the CNS may result in impaired mo-tor task planning, decreased motor reeducation and problems with performing simple activities. The pro-blems will manifest by incorrect adaptation of muscle strength to the performed task, ineffective movements, engagement of large muscle groups and increased activation of these groups [41].

Piśmiennictwo / References

1. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part 1. Function dysfunction adaptation and enhancement. *J Spinal Disor* 1992; 5(4): 383-9.
2. Panjabi MM. The stabilizing function of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disor* 1992; 5(4): 390-6.
3. Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, et al. Core stability exercise principles. *Curr. Sports Med.* 2008; 7(1): 39-44.
4. Kobesova A, Kolar P, Mlckova J, et al. Effect of functional stabilization training on balance and motor patterns in a patient with Charcot-Marie-Tooth disease. *Neuroendocrinol. Lett.* 2012; 33(1): 3-10.
5. Comerford M, Mottram S (red). Hadała M. Kinetic Control. Ocena I reedukacja niekontrolowanego ruchu Wyd. 1. Wrocław: Edra Urban & Partner; 2016.
6. McGill SM, Grenier S, Kavcic N, et al. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol* 2003; 13(4): 353-9.
7. Page P, Frank C, Lardner R. Assessment & Treatment of Muscle Imbalances. The Janda Approach. *Human Kinetics* 2010.
8. Kendall FP, McCreary E, Provance P, et al. *Muscles: testing and function with posture and pain.* Baltimore: LWW; 2005.
9. Budzińska K. Wpływ starzenia się organizmu na biologię mięśni szkieletowych. *Gerontol Pol.* 2005; 13(1): 1-7.
10. Styczyński T, Gasik R, Pyskło B. Znaczenie kliniczne zaburzeń propriocepcji dla narządu ruchu. *Reumatol* 2007; 45(6): 404-6.
11. Kolar P, Sulc J, Kyncl M, et al. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012; 42(4): 352-62.
12. Fredericson M, Moore T. Core stabilization training for Middle and long-distance runners. *NSA.* 2005; 20(1): 25-37.
13. Hodges P, Sapsford R, Pengel L. Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *Neurourol Urodyn* 2007; 26(3): 362-71.
14. Hodges PW, Eriksson AE, Shirley D, et al. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *J Biomech* 2005; 38(9): 1873-80.
15. Boyle K, Olinick J, Lewis C. The value of blowing up a balloon. *N Am J Sports Phys Ther* 2010; 5(3): 179-88.
16. Godek P. Przepona. *Perspektywa osteopatyczna.* *Prakt Fizjoter Rehabil* 2012; 11: 8-16.
17. Kolar P, Neuwirth J, Sanda J, et al. Analysis of diaphragm movement, during tidal breathing and during its activation while breath holding, using MRI synchronized with spirometry. *Physiol Res* 2009; 58(3): 383-92.
18. Miyamoto K, Shimizu K, Masuda K. Fast MRI used to evaluate the effect of abdominal belts during contraction of trunk muscles. *Spine* 2002; 27(16): 1749-54.
19. Rice CD, Weber SA, Waggoner AL, et al. Mapping of neural pathways that influence diaphragm activity and project to the lumbar spinal cord in cats. *Exp Brain Res* 2010; 203(1): 205-11.
20. Malatova R, Drevikovska P. Testing procedures for abdominal muscles using the muscle dynamometer SD02. *Proc Inst Mech Eng H* 2009; 223(8): 1041-8.
21. Brukner P, Khan K. *Kliniczna medycyna sportowa (Wyd. III).* Db Publishing; 2012.
22. Smith CE, Nyland J, Caudill P, et al. Dynamic trunk stabilization: a conceptual back injury prevention program for volleyball athletes. *J Orthop Sports Phys Ther* 2008; 38(11): 703-20.
23. Iwańczyk K, Lemiesz G, Czaprowski D. Trening stabilizacji kompleksu lędźwiowo-miedniczno-biodrowego, *Prakt FizjoterRehabili.* 2013; 9: 5-10.
24. Cook G. *Movement. Functional Movement Systems: Screening, Assessment and Corrective Strategies.* Santa Cruz, CA: On Target Publications; 2010.
25. Puntumetakul R, Areeudomwong P, Emasith A, et al. Effect of 10-week core stabilization exercise training and detraining on pain-related outcomes in patient with clinical lumbar instability. *Patient Prefer Adher* 2013; 7: 1189-99.
26. Anoop A, Suraj K, Dharmendar K. Effect of core stabilization training on the lower back endurance in recreationally active individuals. *J Musculoskeletal Research* 2011; 13(4): 167-76.

27. Anoop A, Kalpana Z, Jamia H, et al. Comparing stabilization training with balance training in recreationally active individuals. *IJTR* 2010; 17: 244-53.
28. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther* 1997; 77(2): 132-44.
29. Gribble AD, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Meas Phys Educ ExercSci* 2003; 7(2): 89-100.
30. Hubscher M, Zech A, Vogt L, et al. Zastosowanie treningu nerwowo-mięśniowego w prewencji urazów sportowych. *Przegląd systematyczny. Med. Sci Sport Exercise*. 2011; 42 (3): 413-21.
31. Heidt RS, Sweeterman LM, Carlonas RL. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *Am J. Sports Med* 2000; 28(5): 699-706.
32. Seaterbakken AH. Wpływ treningu stabilizacji centralnej na szybkość rzutu u piłkarek ręcznych. *J Strength Cond Res* 2011; 25(3): 712-8.
33. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomized controlled trial. *BMJ* 2005; 330(7489): 449.
34. Willardson JM. Core stability training: applications to sports conditioning programs. *J Strength Cond Res* 2007; 21(3): 979-85.
35. Butowicz C, Ebaugh D, Noehren B, et al. Validation of two clinical measures of core stability. *IJSPT* 2016; 11(1): 15-23.
36. Roussel NA, Daenen L, Vissers D, et al. Motor control and physical fitness training to prevent musculoskeletal injuries. In *Professional dancers. Manual Therapy* 2009; 14(1): 22.
37. Akuthota V, Ferreira A, Moore T, et al. Core stability exercise principles. *Curr Sports Med Rep* 2008; 7(1): 39-44.
38. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med* 2006; 36(3): 189-98.
39. Clare F, Kobesova A, Kolar P. Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *IJSPT* 2013; 8(1): 62-73.
40. Kobesova A, Kolar P. Developmental kinesiology: Three levels of motor control In the assessment and treatment of the motor system. *J. BodywMovtTher* 2014; 18(1): 23-33.
41. Angelaki DE, Cullen KE. Vestibular system: the many facets of a multimodal sense. *Annu Rev Neurosci* 2008; 31: 125-50.
42. Cordo PJ, Horn JL, Kunster D, et al. Contributions of skin and muscle afferent input to movement sense in the human hand. *J Neurophysiol* 2001; 105(4): 1879-88.