

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКОМОЦИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УДАРА ПО МЯЧУ У ФУТБОЛИСТОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

У здоровых спортсменов при ударе по мячу выражена согласованность движений в суставах ноги – первая фаза удара выполняется за счет движения в тазобедренном суставе, заключительная – в коленном. При этом спортсмены эффективно используют реактивное движение в плечевом суставе в начальную фазу удара для повышения его силы. У спортсменов с патологией опорно-двигательного аппарата согласованность нарушена, оба сустава ноги в равной степени задействованы в первой фазе удара. Движение руки при этом не происходит.

Ключевые слова: футбол; паралимпийский спорт; сколиоз; плоскостопие; биомеханика.

Футбол является сложным видом спорта не только в физическом, но и в психологическом аспекте. При занятии футболом развиваются ловкость, быстрота, двигательные реакции, ориентация в пространстве, а также координация движений. Кроме того, игры с мячом способствуют развитию умения и навыков работы в коллективе, воспитывают отношения взаимопомощи. Они требуют выдержки, решительности, смелости и хорошего физического здоровья спортсмена [1–3].

На сегодняшний день среди современной молодежи доля лиц без нарушений здоровья крайне низка. Большое количество студентов, занимающихся футболом, имеют патологию опорно-двигательного аппарата (ОДА): сколиоз, остеохондропатию, остеохондроз в фазе ремиссии, плоскостопие. Это связано с тем, что молодые люди, несмотря на имеющиеся расстройства здоровья, не готовы смириться с ограничениями в социализации, в том числе и в спорте [4].

Изложенное выше обуславливает актуальность изучения особенностей работы организма спортсмена с нарушениями опорно-двигательного аппарата, выявление закономерностей работы всех систем организма и, на основании полученных данных, корректировки системы спортивной подготовки.

Цель исследования – изучить биомеханические особенности локомоций при выполнении удара средней частью подъема по мячу у футболистов с такими видами нарушений опорно-двигательного аппарата, как сколиоз II–III степени и плоскостопие II–III степени.

Объект и методы исследования. Объектом исследования была выбрана группа студентов I–III курса ($n=30$) Томского политехнического университета и Томского государственного университета. Возраст студентов варьировался от 18 до 23 лет. Класс футболистов соответствовал уровню сборной университета. Группа была поделена на основную ($n=15$) и контрольную ($n=15$). В контрольную группу входили футболисты без нарушений в опорно-двигательном аппарате. А в основной группе были футболисты с патологиями позвоночника (сколиоз II–III степени) и формы стопы (плоскостопие II–III степени). Частота тренировок и уровень нагрузок во время тренировок были идентичны. Футболисты выполняли удар средней частью подъема по неподвижному мячу.

Основным методом является аппаратно-программный комплекс для видеорегистрации и биомеханического анализа движений, включающий в себя видеокамеру Phantom Miro EX2.

Аппаратно-программный комплекс Star Trace разработан на основе технологии бесконтактного исследования видеоряда движений человека для количественной оценки функций его двигательного аппарата. Компьютерный анализ видеоряда позволяет с высокой точностью диагностировать различные виды патологии функции опорно-двигательного аппарата, а также осуществлять целенаправленную коррекцию и оптимизацию двигательного стереотипа.

Результаты и обсуждение. Удар по мячу состоит из четырех основных фаз: предварительная, подготовительная, рабочая и завершающая. В свою очередь, подготовительная фаза разделяется на два этапа: замах ударной ноги и постановка опорной ноги. А рабочая фаза делится на следующие два этапа: ударное движение и проводка. Многопараметрический анализ удара средней частью подъема позволяет разделить цикл на шесть биомеханических фаз [3].

При исследовании значений угла в коленном суставе при ударе средней частью подъема видно, что на всем протяжении удара в контрольной группе величины углов меньше, чем в основной. Лишь в завершающей фазе удара различия исчезают (рис. 1).

На рис. 1 также представлено изменение величины угла в тазобедренном суставе при ударе средней частью подъема. Из рисунка видны существенные различия в биомеханической структуре удара. Если в контрольной группе угол возрастает на протяжении первых четырех фаз движения, а затем снижается, что в основной группы кривая имеет несколько экстремальных значений. В завершающей фазе угол у спортсменов основной группы существенно выше, чем в контрольной. Таким образом, при выполнении удара по мячу средней частью подъема движение в тазобедренном суставе у футболистов с нарушениями опорно-двигательного аппарата идет в противофазе по сравнению со здоровыми футболистами.

Разница в динамике углов в суставах верхних конечностей менее заметна (рис. 2). Можно отметить, что изменения величины угла в плечевом суставе при ударе средней частью подъема в контрольной группе немного выше после фазы 2 и имеют более плавный

характер, по сравнению со значениями основной группы. Величины углов в локтевом суставе, наоборот, имеют меньшие значения в контроле, чем у основной группы.

На рис. 3, А показана динамика угловой скорости движения в коленном суставе. В контрольной группе

в начале движения угловая скорость снижается, ее резкий прирост отмечается лишь в двух завершающих фазах движения. В контрольной группе, напротив, скорость возрастает в первой половине движения, а затем снижается. Прироста скорости в заключительной фазе движения не регистрируется.

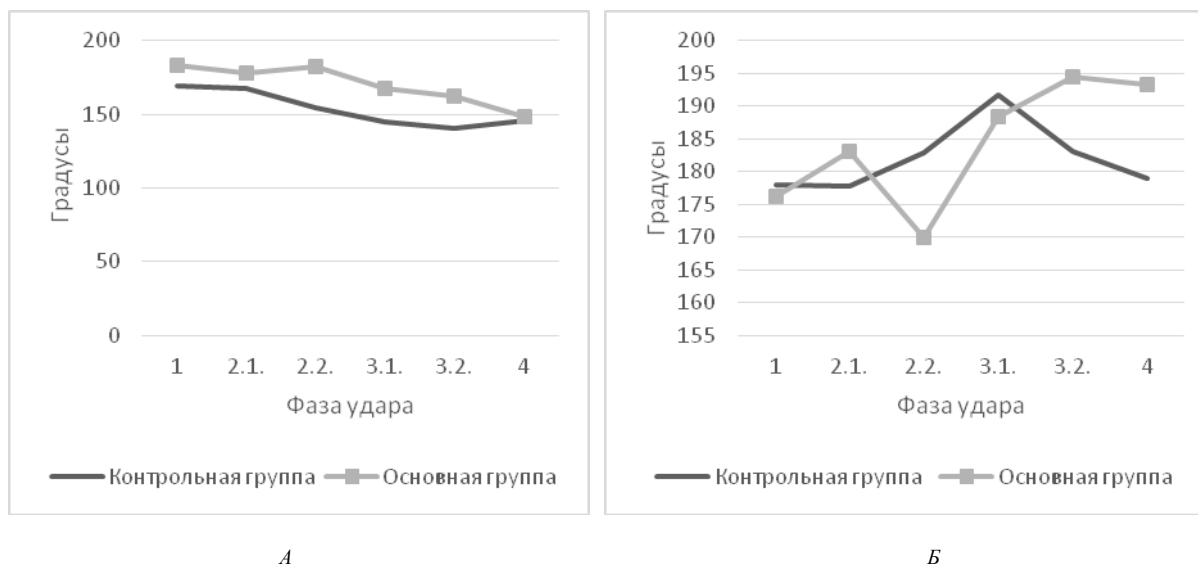


Рис. 1. Изменение значений углов сгибания в коленном (А) и тазобедренном (Б) суставах при выполнении удара по мячу. Здесь и далее: 1. Предварительная фаза. 2. Подготовительная фаза. 2.1. Замах ударной ногой. 2.2. Постановка опорной ноги. 3. Рабочая фаза. 3.1. Ударное движение. 3.2. Проводка. 4. Завершающая фаза

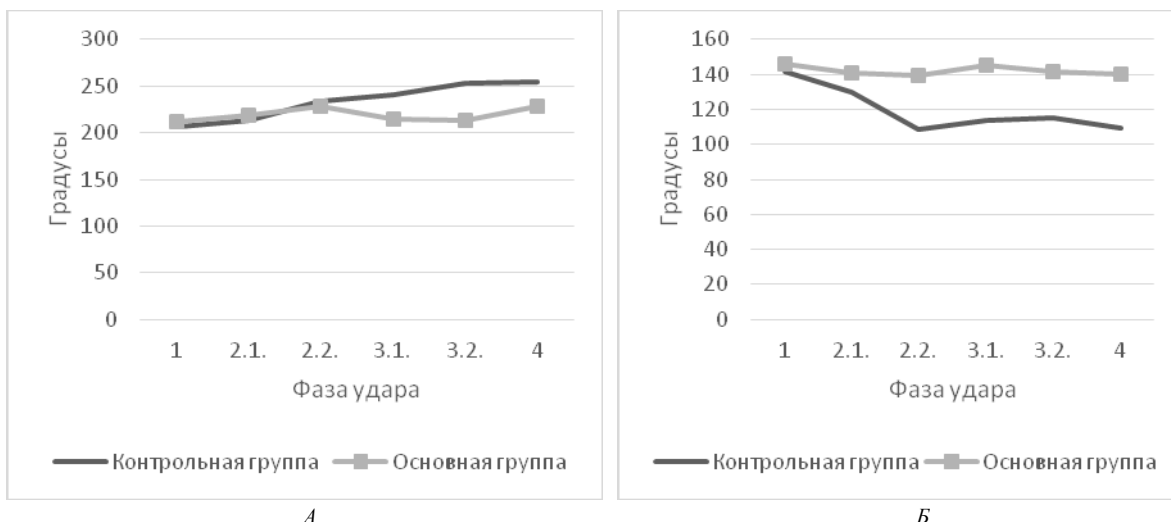


Рис. 2. Изменения значений углов сгибания в плечевом (А) и локтевом (Б) суставах при выполнении удара по мячу

Динамика угловой скорости движения в тазобедренном суставе между группами качественно не различается – она максимальна в начале движения, затем, после некоторого спада, отмечается прирост в фазе 3.1, после чего наблюдается значительный спад. Однако в контрольной группе величины скоростей ниже во все фазы, особенно эта разница заметна в начальных фазах удара.

Наиболее заметные различия между группами в динамике угловых скоростей обнаружены в верхних конечностях: плечевом и локтевом суставах (рис. 4). При анализе показателей контрольной группы видно, что угловая скорость движения в плечевом суставе

сначала увеличивается и после второй фазы начинает снижаться. Показатели основной группы полностью противоположны – рост скорости в первых двух фазах удара сменяется резким спадом.

В локтевом суставе складывается похожая ситуация. В контрольной группе угловая скорость при ударе средней частью подъема снижается в начальной фазе удара, затем наблюдаются ее рост до фазы 3 и стабилизация. В основной группе, напротив, в фазе 1 происходит резкое увеличение угловой скорости, затем она постепенно снижается. Еще один резкий прирост отмечается в завершающей фазе удара.

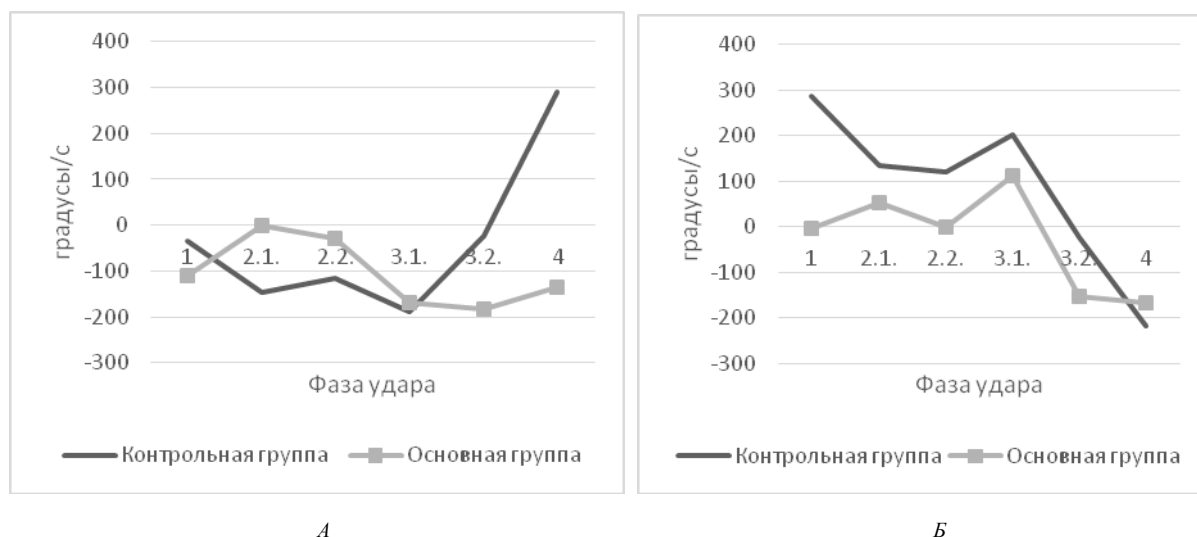


Рис. 3. Изменения значений угловой скорости движения в коленном (А) и тазобедренном (Б) суставах при выполнении удара по мячу

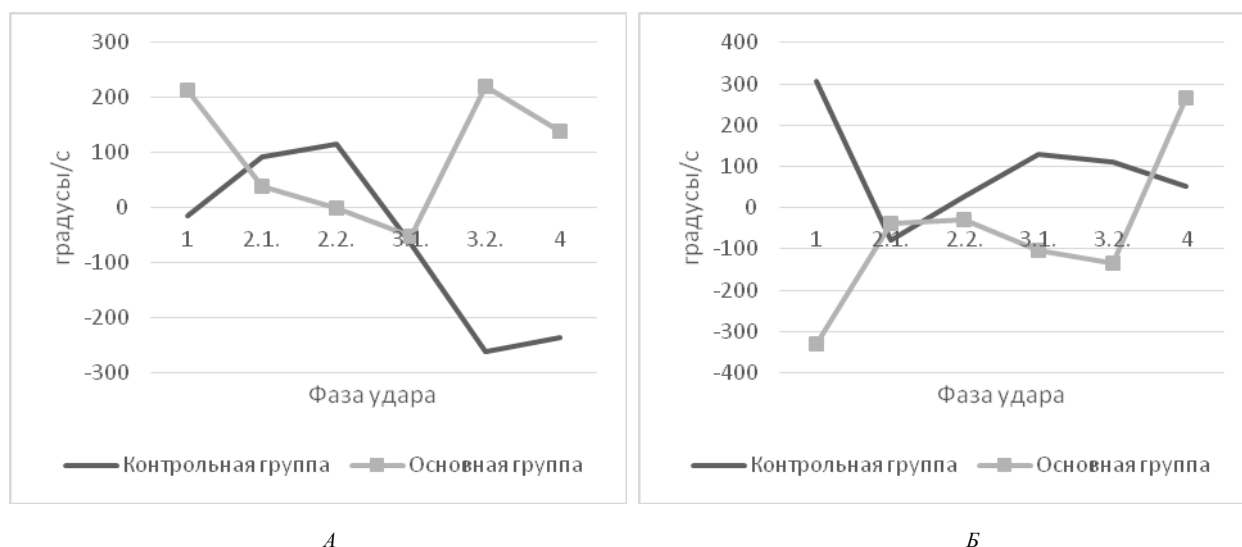


Рис. 4. Изменения значений угловой скорости движения в плечевом (А) и локтевом (Б) суставах при выполнении удара по мячу

Полученные результаты свидетельствуют, что у спортсменов с нарушениями опорно-двигательного аппарата динамический стереотип, лежащий в основе выполнения удара по мячу средней частью подъема стопы, существенно отличается от такового у здоровых спортсменов. Основные отличия связаны с фазовой структурой движений в суставах ноги. У спортсменов без нарушений ОДА в начальной фазе движение выполняется преимущественно в тазобедренном суставе. Угловая скорость движения в нем в эту фазу максимальная, величина угла растет. Начиная с середины движения ведущая роль переходит к коленному суставу – скорость движения в нем растет параллельно с падением скорости движения в тазобедренном суставе.

У спортсменов с патологией ОДА согласованность движений в суставах ноги нарушена. Скорость движения в обоих суставах – и коленном, и тазобедренном – максимальна в первой половине движения, затем она начинает снижаться. Небольшой прирост скорости в коленном суставе в заключительную фазу

очень незначителен и не может компенсировать завершение движения в тазобедренном суставе. Одновременно меняется и угловая структура движения – разгибание в коленном суставе происходит раньше, а в тазобедренном отмечается дополнительное разгибательное движение в завершающей фазе удара.

Спортсмены контрольной группы при выполнении удара активно задействуют движения в верхних конечностях. Отмечается разгибание в плечевом и сгибание в локтевых суставах. При этом плечевой сустав работает в начальной фазе удара, а локтевой – в заключительной. Эти движения, очевидно, носят компенсаторный характер, способствуя поддержанию равновесия. Кроме того, перемещения верхней части тела способны обеспечить дополнительный инерционный момент движения ОЦТ, который увеличит силу удара по мячу. Очевидно, эту функцию выполняет преимущественно движение в плечевом суставе.

Спортсмены с патологией ОДА практически не задействуют этот механизм – углы в плечевом и локтевых суставах практически не изменяются на всем

протяжении удара. Угловые скорости движения в обоих суставах резко возрастают в заключительной фазе движения, когда удар уже выполнен. В результате движение руки способствует удержанию равновесия после завершения удара и никак не участвует в самом ударе по мячу.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют, что у спортсменов с нарушениями опорно-двигательного аппарата динамический стереотип, лежащий в основе выполнения удара по мячу средней частью подъема стопы, существенно отличается от такового у здоровых спортсменов. У здоровых спортсменов выражена согласованность движений в суставах ноги – первая фаза удара выполняется за счет движения в тазобедренном суставе, заключительная – в коленном. При этом спортсмены эффективно используют реактивное движение в плечевом суставе в начальную фазу удара для повышения его

силы и движение в локтевом суставе – в заключительную фазу для поддержания равновесия. У спортсменов с патологией ОДА согласованность нарушена, оба сустава ноги в равной степени задействованы в первой фазе удара. Движение руки при этом не происходит, плечевой и локтевой суставы подключаются только в заключительную фазу движения, способствуя удержанию равновесия, но не влияя при этом на силу и эффективность удара по мячу.

Можно предположить, что формирование такого «патологического» динамического стереотипа у спортсменов с нарушениями ОДА является результатом трудностей с поддержанием равновесия и координацией движений [5–7]. По всей видимости, в тренировочном процессе футболистов данной группы необходимо больше внимания уделять развитию равновесия и координации, а также контролю вестибулярной чувствительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермакова Ю.Н. Характеристика особенностей владения элементами игры в футбол у детей старшего дошкольного возраста // Вестник спортивной науки. 2009. № 5.
2. Кошельская Е.В., Капилевич Л.В., Баженов В.Н. и др. Физиологические и биомеханические характеристики техники ударно-целевых действий футболистов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2012. Т. 153, № 2. С. 235–237.
3. Нагорнов М.С., Давлетьярова К.В., Ильин А.А., Капилевич Л.В. Физиологические особенности техники удара по мячу у футболистов с нарушениями опорно-двигательного аппарата // Теория и практика физической культуры. 2015. № 7. С. 8–10.
4. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Патологическая биомеханика // Биомеханика: учеб. для сред. и высш. учеб. заведений. М.: Изд-во ВЛАДОС – ПРЕСС, 2003. С. 591–628.
5. Илларионова А.В., Капилевич Л.В. Особенности внутримышечной и межмышечной координации при дозировании усилий в условиях неустойчивого равновесия // Теория и практика физической культуры. 2014. № 12. С. 44–46.
6. Капилевич Л.В., Гужов Ф.А., Бредихина Ю.П., Ильин А.А. Физиологическое обеспечение точности и координации движений в условиях неустойчивого равновесия и подвижной цели // Теория и практика физической культуры. 2014. № 12. С. 22–24.
7. Шелков О.М., Чурганов О.А. Медико-биологическое обеспечение паралимпийских видов спорта. «Спортивная медицина. Здоровье и физическая культура. Сочи 2011» / Материалы II Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, 16–18 июня 2011 года / под. общ. ред. С.Е. Павлова. Сочи, 2011. С. 114–117.

Статья представлена научной редакцией «Психология и педагогика» 16 июня 2015 г.

BIOMECHANICAL FEATURES OF LOCOMOTION WHEN HITTING THE BALL BY FOOTBALL PLAYERS WITH MUSCULOSKELETAL SYSTEM DISORDERS

Tomsk State University Journal, 2015, 397, 228–232. DOI: 10.17223/15617793/397/36

Nagornov Mikhail S. Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: smbmihey@gmail.com

Davletyarova Ksenia V. Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: davletyarova@rambler.ru

Kapilevich Leonid V. Tomsk State University, Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: kapil@yandex.ru

Keywords: football; paralympic sports; scoliosis; flatfoot; biomechanics.

The authors investigated the biomechanical characteristics of locomotions when hitting the ball with the middle part of the instep in players with such musculoskeletal system disorders (MSD) as scoliosis of II-III degree and flatfoot of II-III degree. It was shown that athletes with musculoskeletal system disorders have a different dynamic stereotype of hitting the ball with the middle part of the instep than healthy athletes. The main differences are related to the phase structure of the movements in the leg joints. Athletes without MSD mainly use the hip joint in the initial phase of the movement. The angular velocity is maximum in this phase, the angle increases. In the middle of the movement the leading role goes to the knee joint: the speed of movement in it grows in parallel with the fall of the speed in the hip joint. Athletes with locomotor pathology have disorders in the consistency of leg joints motion. The speed of movement in both joints, knee and hip, is maximum in the first half of the movement, and then it starts to slow down. A small increase in the speed in the knee joint in the final phase is very insignificant and cannot compensate for the completion of movement in the hip joint. At the same time the angle structure of the movement changes: extension of the knee occurs earlier, and the hip joint extends additionally in the final phase of the kick. Athletes of the control group actively involve the movement of the upper limbs when kicking. There is shoulder extension and elbow flexion. The shoulder joint works in the initial phase of the kick, and the elbow in the final. These movements obviously are compensatory in nature, helping to maintain balance. In addition, the movement of the upper part of the body is capable of providing an additional moment of inertia of the center of gravity motion which will increase the power of hitting the ball. Obviously, this function is performed mainly by the movement in the shoulder joint. Athletes with locomotor pathology practically do not employ this mechanism: the angles of the shoulder and elbow joints do not virtually change throughout the kick. The angular speed in both joints increases sharply in the final phase of the movement, when the kick is made. As a result, movement of the arm helps keep the balance after the kick and does not participate in hitting the ball.

REFERENCES

1. Ermakova, Yu.N. (2009) Kharakteristika osobennostey vladeniya elementami igry v futbol u detey starshego doshkol'nogo vozrasta [Characteristic features of knowing elements of the football game by children of older pre-school age]. *Vestnik sportivnoy nauki*. 5. pp. 15–17.
2. Koshel'skaya, E.V. et al. (2012) Fiziologicheskie i biomekhanicheskie kharakteristiki tekhniki udarno-tselevykh deystviy futbolistov [The physiological and biomechanical characteristics of the technology shock-targeted actions of footballers]. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny – Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 153 (2). pp. 235–237.
3. Nagornov, M.S. et al. (2015) Physiological features of shot technique of football players with musculoskeletal disorders. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury – Theory and Practice of Physical Culture*. 7. pp. 8–10. (In Russian).
4. Dubrovskiy, V.I. & Fedorova, V.N. (2003) Patologicheskaya biomekhanika [Abnormal biomechanics]. In: Dubrovskiy, V.I. *Biomekhanika* [Biomechanics]. Moscow: VLADOS – PRESS.
5. Illarionova, A.V. & Kapilevich, L.V. (2014) Distinctive Features of Intramuscular and Intermuscular Coordination at Power Graduation in the Context of Balance Training. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury – Theory and Practice of Physical Culture*. 12. pp. 44–46. (In Russian).
6. Kapilevich, L.V. et al. (2014) Physiological Mechanisms to Ensure Accuracy and Coordination of Movement under Conditions of Unstable Equilibrium and Moving Target (the Case of Strikes in Sports Karate). *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury – Theory and Practice of Physical Culture*. 12. pp. 22–24. (In Russian).
7. Shelkov, O.M. & Churganov, O.A. (2011) [Biomedical support of Paralympic sports]. *Sportivnaya meditsina. Zdorov'e i fizicheskaya kul'tura. Sochi 2011* [Sports Medicine. Health and physical education. Sochi 2011]. Proc. of II Russian Scientific Conference (with international participation). 16th to 18th June 2011. Sochi. pp. 114–117. (In Russian).

Received: 16 June 2015