

ПЕДАГОГИКА

УДК 796.91

А.Д. Бурмистров, А.И. Чикуров, С.С. Худик, С.В. Радаева

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ КОНЬКОБЕЖЦЕВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Рассмотрена биомеханика передвижения конькобежцев высокой квалификации посредством видеонализа Чемпионата мира по отдельным дистанциям 2017 г. В ходе исследования установлено, что асимметричный характер движений конькобежцев влияет на смещение центра массы тела спортсмена, в том числе и на угол отталкивания нижними конечностями при преодолении участков дистанции по прямой. Выявлено, что моторная асимметрия нижних конечностей, присущая спортсменам-конькобежцам, не имеет взаимосвязи с однонаправленным характером движения, вызванным постоянно повторяющимися поворотами.

Ключевые слова: конькобежный спорт; индивидуальный профиль асимметрии; центр массы тела; моторная асимметрия; траектория движения ЦМТ.

Введение

Конькобежец с точки зрения физики является материальным телом, и движение, наблюдаемое при беге, есть механическое движение, под которым понимают изменение взаимного положения материальных тел и отдельных их точек относительно друг друга. Поэтому механизм движений конькобежца в основном подчиняется законам механики в их специфическом преломлении для биологических систем [1].

Рациональная и перспективная с биомеханических позиций техника на начальном этапе обучения является залогом успеха будущих олимпийцев, что реализуется только с помощью биомеханического анализа движения на базе изучения новых тенденций развития стиля и техники вида спорта, а также контроля при постановке новых элементов движения [2]. Конькобежный спорт представляет собой циклический вид спорта с постоянно повторяющимися поворотами и прямыми. Прогресс по прямой имеет симметричный характер, т.е. отталкивание производится как в правую, так и в левую сторону, а преодоление поворотов предполагает асимметричное направление отталкивания. Постоянная работа в одну и ту же сторону на поворотах предрасполагает к формированию доминирующей стороны тела у спортсмена, следовательно, эта же сторона тела будет преобладающей при прохождении прямых участков дистанции, но каждый спортсмен уникален и с рождения у него уже есть доминирующий профиль функциональной асимметрии. Из этого рассуждения возникает вопрос, влияют ли постоянно повторяющиеся повороты в конькобежном спорте на формирование одной и той же доминирующей стороны у всех представителей конькобежного спорта. Кроме того, на данный момент в научном сообществе не сложилось единого мнения о влиянии асимметрии на спортивный результат в циклических видах спорта.

Целью настоящего исследования является анализ влияния асимметричного характера направления движения в поворотах на формирование выраженного асимметричного характера передвижения по прямой.

Для достижения цели, поставлены задачи:

– ознакомление с имеющимися работами на предмет асимметрии в конькобежном спорте;

– изучение научной литературы на предмет техники прохождения конькобежцами прямого участка дистанции;

– проведение видеонализа техники конькобежного шага на прямой для определения симметричности и асимметричности движений.

Методы исследования

Поставленные задачи выполнялись посредством двух методов исследования:

- 1) анализа научной литературы;
- 2) проведения видеонализа.

Посредством метода анализа научной литературы было выяснено что, в конькобежном спорте выделяют два основных участка дистанции: прямая и поворот. Наличие постоянно повторяющихся поворотов определяет основу тактики бега на коньках – конькобежцы набирают скорость бега во время поворота и поддерживают ее на прямой [3]. Это связано в первую очередь с тем, что отталкивания на прямой являются более энергозатратными. При беге на коньках по прямой каждая нога выполняет поочередно опорную, толчковую и маховую функции, по своим биомеханическим параметрам они идентичны [4].

В конькобежном спорте одновременно с движениями ног осуществляются маховые движения руками. В литературе движениям рук отводятся две задачи. Первая задача – поддержка равновесия начинающего спортсмена. Масса руки быстро приводится в движение и является внешней по отношению к туловищу и, таким образом, помогает поддерживать равновесие. Второй задачей является поддержка темповых характеристик бега на коньках [5].

В конькобежном шаге на прямой различают три основных фазы (рис. 1):

1. Свободный прокат на опорном коньке.
2. Одноопорное отталкивание.
3. Двухопорное отталкивание [6–8].

С.А. Хисамутдиновой установлено, что усилия, развиваемые конькобежцами в каждой фазе скользящего шага, различны. Техника движений при беге на коньках у спортсменов разной квалификации имеет существенные различия.



Рис. 1. Фазы движения конькобежца на прямой

Количество достоверных различий увеличивается у спортсменов, значительно отстоящих друг от друга по своей квалификации [9].

Форма следа (шага) конька на льду представляет плавный S-образный изгиб. Принимая во внимание

положение о S-образной форме передвижения конькобежца по прямой и общепринятые фазы конькобежного шага, можно схематично представить траекторию передвижения конькобежца на прямой с выделением границ фаз движений (рис. 2).

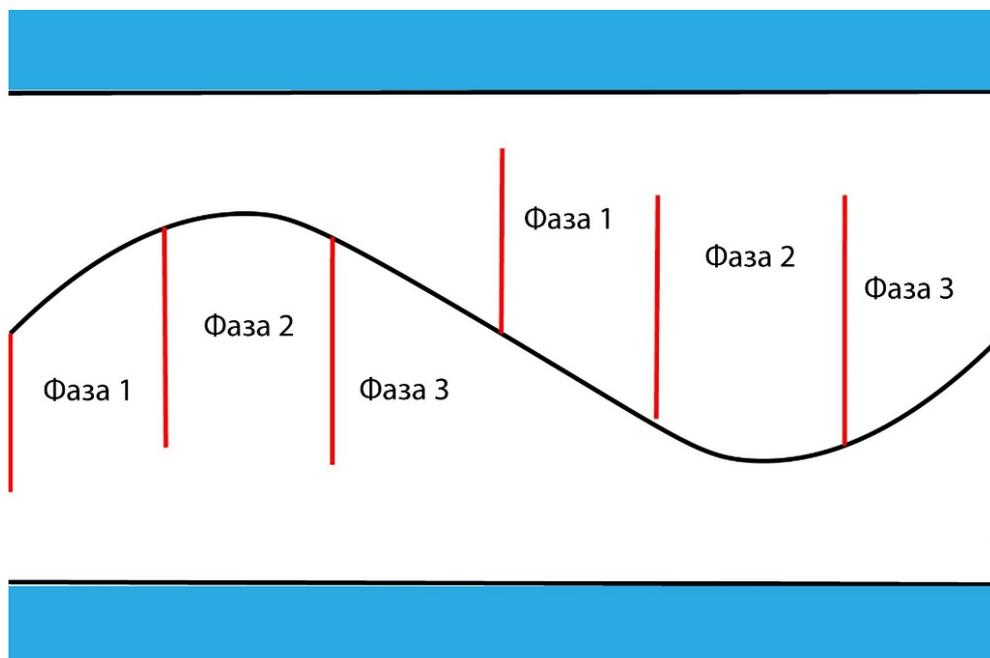


Рис. 2. Траектория передвижения конькобежца на прямой

При рассмотрении техники бега по прямой у различных спортсменов, можно выявить асимметрию работы нижних конечностей. В фазе свободного проката на опорном коньке у многих спортсменов различается положение стопы маховой ноги в положении

замаха. На одной из ног конек находится вертикально по отношению ко льду, в то время как на другой ноге наблюдается поворот стопы в направлении будущего отталкивания. По этой же причине наблюдаются различия между углами постановки конька маховой ноги

на лед в начале фазы двухопорного скольжения [10]. Также существуют научные работы, в которых приводятся данные об асимметрии показателей силы левой и правой ноги у представителей конькобежного спорта [11]. В исследовании E. van der Kruk, проводимом на голландских спортсменах с помощью беспроводной измерительной системы, была определена разность прилагаемых сил к внешнему ребру опорного конька при отталкивании на прямой. При этом показатели сил ведущей и не ведущей ног были индивидуальны для каждой группы спортсменов [12].

В качестве второго метода исследования был применен видеоанализ. Данный метод направлен на запись и обработку видеoinформации для последующего анализа. Видеоанализ был впервые разработан в исследованиях по биомеханике. С его помощью рассматривалась техника конькобежцев на Чемпионате мира по отдельным дистанциям 2017 г., который проводился в Южной Корее. Предметом анализа было смещение центра массы тела в начальном крайнем положении фазы двухопорного отталкивания, а именно измерялся градус отклонения центра массы тела спортсмена из перпендикулярного положения, в котором он находился в фазе одноопорного отталкивания. Точка центра массы тела конькобежца была определена в положении стыка поясничного отдела позвоночника и крестца [13]. Анализ проводился на дистанциях 500 и 1 500 м у мужчин. Было принято решение рассмотреть пять последних пар на каждой дистанции. По результатам анализа было подтверждено высказывание В.Г. Половцева, что у профессиональных конькобежцев этот угол смещения в фазе отталкивания составляет 25° . В беге на коротких дистанциях он может увеличиваться до 35° [8]. На дистанции 500 м анализировалась переходная прямая, на дистанции 1 500 м – переходная прямая второго круга дистанции. Измерялись углы каждого отталкивания на указанном участке, среднее значение заносилось в таблицу. По статистике количество шагов на прямой на дистанции 500 м ровняется 12 шагам, на дистанции

1 500 м – 10 шагам [14], но некоторые спортсмены преодолевают прямые за меньшее или большее количество шагов. Ввиду этого были проанализированы результаты тех спортсменов, которые преодолевали прямые за статистическое количество шагов.

Результаты исследования

При рассмотрении движения конькобежца через движение центра массы тела (ЦМТ) отмечалось, что ЦМТ движется в пространстве по кривой, напоминающей синусоиду. При рассмотрении движения конькобежца во фронтальной плоскости можно заметить, что оно сходно с движением маятника [15]. Эта уникальная характеристика отталкивания приводит к синусоидальной траектории общего центра массы при катании вдоль прямых. Отталкивание правой ногой вызывает изменение направления ЦМТ влево, а отталкивание левой ногой вызывает изменение направления ЦМТ вправо [16]. С началом смещения центра массы тела опорная нога постепенно выдвигается в сторону отталкивания, конькобежец начинает скользить на внутренней части (ребре) полоза конька. Смещение центра тяжести тела в сторону свободной ноги должно быть достаточным, так как угол отталкивания обуславливает величину результирующей силы. Чем значительнее смещение, тем более продуктивно используется сила мышц при отталкивании. Асимметрия движений конькобежцев при беге по прямой влияет на смещение центра тяжести спортсмена, в том числе и на угол отталкивания.

По результатам видеоанализа было определено, что в среднем у каждого спортсмена градус отклонения ЦМТ из перпендикулярного положения в сторону будущего отталкивания с одной стороны меньше, чем с другой (рис. 3). В связи с этим можно с уверенностью сказать, что присутствует асимметричное смещение ЦМТ конькобежцев с правой и левой опорной ноги при преодолении прямых участков дистанции.

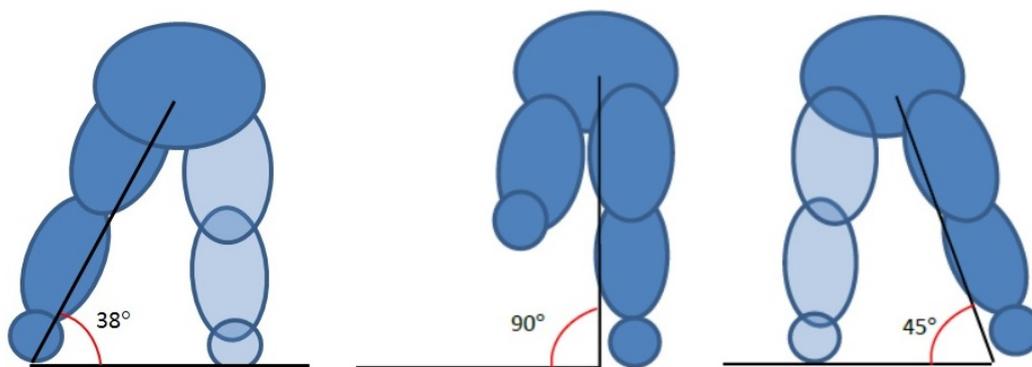


Рис. 3. Смещение ЦМТ конькобежцев с правой и левой опорной ноги при преодолении прямых участков дистанции

Проанализировав данные, можно констатировать, что на каждой дистанции у всех участников углы смещения ЦМТ находятся в одном диапазоне и с каждой опорной ноги имеются различные углы смещения. Как было сказано выше, чем больше угол оттал-

кивания, тем продуктивнее используется сила мышц, а значит, выше результирующая мощность отталкивания. Это положение имеет прямое отношение к научным работам, подтверждающим наличие асимметричных показателей силы ног у конькобежцев и

указывающих на наличие асимметричных показателей прилагаемых сил к внешнему ребру конька при беге на прямом участке дистанции.

В ходе исследования биомеханики движения конькобежцев также фиксировалось время отталкивания нижними конечностями в фазах 1 и 2 конькобежного шага на прямой. Установлено, что время проката и время одноопорного отталкивания на одной и другой ноге неодинаково. Кроме того, замечено, что среди конькобежцев, специализирующихся на разных дистанциях, таких как 500, 1 500 и 5 000 м, встречаются спортсмены, у которых время 1-й и 2-й фаз

конькобежного шага на левой ноге больше, чем на правой. Однако спортсменов, у которых выполнение свободного проката и одноопорного отталкивания правой ногой продолжительнее, чем левой, больше. Замечено также, что продолжительность данных фаз увеличена на той ноге, в сторону которой в большей степени смещен ЦМТ. В ходе исследования также были обнаружены спортсмены, у которых время выполнения фаз 1 и 2 как правой, так и левой одинаково. Результаты распределения спортсменов по доминированию нижних конечностей в фазах 1 и 2 конькобежного шага на прямой представлены на рис. 4.

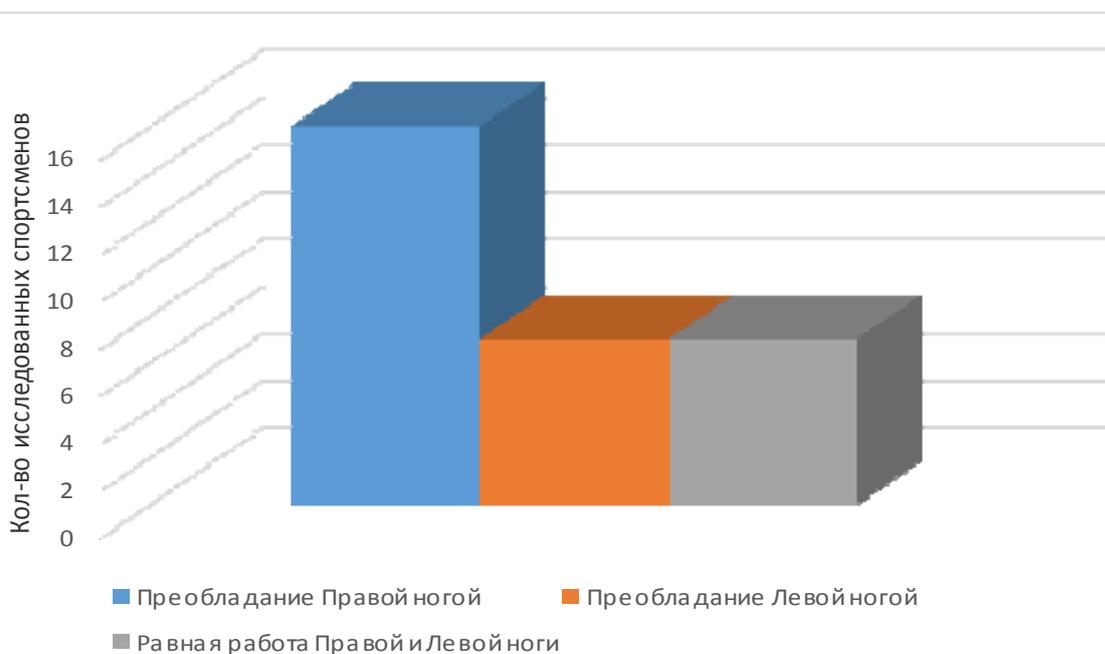


Рис. 4. Распределение спортсменов, специализирующихся на 500, 1 500 и 5 000 м, по доминированию нижних конечностей в фазах свободного проката и одноопорного отталкивания конькобежного шага на прямой

Заключение

Конькобежный спорт является асимметричным видом спорта, поскольку по мимо прямых на дистанции присутствуют еще и повороты, которые выполняются только в левую сторону. В связи с этим в организме спортсменов появляются последствия от постоянных поворотов в одну и туже сторону. В статье Т.Ф. Абрамова приводятся данные о том, что имеются нарушения позиционной установки стоп у представителей конькобежного спорта причем, нарушения несут асимметричный характер. Так линейный показатель свода стоп выявил асимметрию в состоянии рессорного отдела с уплощением продольного свода 1-й степени левой стопы при нормальном состоянии правой стопы спортсменов в конькобежном виде причем, частота нарушений также дифференцирует состояние стоп с большей выраженностью нарушений по левой стопе относительно правой [17]. Кроме того, Д.А. Слепова [18], а также С.М. Hesford [19] в своих работах указывают наличие асимметричного кровообращения нижних конечностей спортсменов-конькобежцев.

При рассмотрении биомеханики движения конькобежца установлено, что траектория перемещения ЦМТ напоминает синусоиду. При этом наблюдается асимметричность смещения ЦМТ конькобежцев при выполнении отталкивания правой и левой конечностями на прямых участках дистанции, т.е. ЦТМ отклоняется преимущественно больше в ту или иную сторону. Данное отклонение ЦМТ влечет за собой увеличение продолжительности выполнения одной из конечностей свободного проката и одноопорного отталкивания. Установлено, что на количество спортсменов, специализирующихся на 500, 1 500 и 5 000 м, с преобладающей правой ногой в части более продолжительного исполнения фаз 1 и 2 конькобежного шага больше, чем с доминированием левой. Также обнаружены спортсмены, у которых время выполнения указанных фаз как правой, так и левой одинаково. Данный факт позволяет заключить, что моторная асимметрия нижних конечностей, присущая спортсменам-конькобежцам, не имеет взаимосвязи с однонаправленным характером движения, вызванным постоянно повторяющимися поворотами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панов Г.М. Теоретические основы техники скоростного бега на коньках // Омский научный вестник. 2008. № 6. С. 141–145
2. Иванова Г.П. Развитие биомеханики как основа успеха в олимпийском спорте // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2010. № 11. С. 43–46.
3. Hahn D. Force-Length Properties of Leg Extension and Their Implications for Strength Diagnostics // Proc. ISBS Conference 2008. С. 120–123.
4. Стенин Б.А. Конькобежный спорт : учеб. пособие. М. : Просвещение, 2000. 176 с.
5. Хенк Гемсер Руководство по скоростному бегу на коньках. Йос де Кoning. Голландия, 1999. 217 с.
6. Der Kruk E.V., den Braver O., Schwab A.L., van der Helm F.C.T., Veegeer H.E.J. Wireless instrumented klapskates for long-track speed skating // Sports Engineering. 2016. № 19. С. 273–281.
7. Петров Н.И. Конькобежный спорт : учеб.. 3-е изд., перераб. и доп. М., 1995. 256 с.
8. Половцев В.Г. Юный конькобежец. М. : Физкультура и спорт, 1997. 182 с.
9. Хисамутдинова С.А., Ермаков В.В. Исследование структуры движений конькобежцев // Конькобежный спорт : сб. статей. 2001. № 2. С. 15–22.
10. Der Kruk E.V., Veegeer H.E.J., van der Helm F.C.T., Schwab A.L. Design and verification of a simple 3D dynamic model of speed skating which mimics observed forces and motions // Journal of Biomechanics. 2005. № 6. С. 45–55.
11. Allinger T.L. Skating technique for the straights, based on the optimization of a simulation model // Medicine & Science in Sports & Exercise. 2007. № 29. С. 279–286.
12. Van Ingent Schenau G.J., De Groot G., De Boer R.W. The control of speed in elite female speed skaters // Interfaculty of Physical Education. 2005. № 2. С. 91–96.
13. Макаренко Б.Н. Основы резонансной техники скоростного бега на коньках // Конькобежный спорт : ежегодник. 1999. С. 12–17.
14. Lozowski E.A Model of ice friction for a speed skate blade // Sports Engineering. 2013. № 16. С. 239–253.
15. De Boer R.W., Nilsen K.L. The Gliding and Push-off Technique of Male and Female Olympic Speed Skaters // International journal of sports biomechanics. 2009. № 5. С. 119–134.
16. Арансон М.В., Озолин Э.С., Шустин Б.Н. Проблемы совершенствования специальной функциональной подготовленности спортсменов высокого класса в циклических зимних видах спорта с учетом специфики соревновательной деятельности : метод. рекомендации. М. : ФНГБУ ФНЦ ВНИИФК, 2014. 12 с.
17. Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М. Особенности пространственного положения туловища, таза и стоп у высококвалифицированных спортсменов-мужчин различных видов спорта // Вестник спортивной науки. 2013. № 3. С. 58–65.
18. Пущина Н.Н. О разгибательном движении в тазобедренном суставе опорной ноги конькобежца // Конькобежный спорт : ежегодник. 2003. № 3. С. 32–40.
19. Houdijk H., de Koning Jos J. Physiological responses that account for the increased power output in speed skating using klapskates // European Journal of Applied Physiology. 2000. № 83. С. 283–288.

Статья представлена научной редакцией «Педагогика» 9 марта 2018 г.

FUNCTIONAL ASYMMETRY OF ELITE SPEED SKATERS

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal, 2018, 434, 143–148.

DOI: 10.17223/15617793/434/19

Andrey D. Burmistrov, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russian Federation). E-mail: aburmistrov-fk17@stud.sfu-kras.ru

Aleksandr I. Chikurov, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russian Federation). E-mail: AChikurov@sfu-kras.ru

Svetlana S. Khudik, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russian Federation). E-mail: Zigi136@ya.ru

Svetlana V. Radaeva, Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: svetlanaradaeva70@mail.ru

Keywords: speed skating; personal asymmetry profile; center of body mass; motor asymmetry.

The key issue of the article is to identify whether constant left-sided turns influence body asymmetrical development during straight-line movement. From the physical point of view, a speed skater is a material body, which means that skating can be comparatively considered as a mechanical motion. Analyzing skating in straight-line zones, it can be noticed that the center of body mass changes its position in a curve that resembles a sine wave. Therefore, while looking at the speed skater's movement in a frontal plane, we can notice that it looks like a regular pendulum motion. The objectives of the current study are: (1) to review the previous scientific research on asymmetry in speed skating; (2) to study scientific data devoted to technical peculiarities of movement in straight-line zones; (3) to analyze the speed skating moves in straight-line zones to identify asymmetry in movements (based on video recordings). Speed skating is an asymmetrical kind of sport. The previous research, reviewed in the context of the current study, proves that constantly repeated left-side turns does have influence on the human body. The most common consequences are defects in feet position with asymmetry and asymmetry of blood circulation in lower limbs. Asymmetry of lower limbs functioning can be clearly identified by analyzing the way different athletes move in straight-line zones. This asymmetry influences the change in the position of athletes' body mass center and the push-off angle. The change in the position towards the push-off leg should be sufficient since the more the change, the more efficient the push-off is. The current study analyzes video recordings of the 2017 World Single Distance Championship held in South Korea to investigate the change of the body mass center position at the beginning of the double support phase. In particular, the authors measured the deflection angle of the body mass center from the initial perpendicular position the athlete was standing during the single support phase. While analyzing the biomechanics of movements, the authors also measured the push-off time during the first and the second phases of skating moves in straight-line zones. The time for gliding and for push-off was found to differ for functional legs. The study results showed that asymmetrical movements of speed skaters influence the change of the body mass center, including changes of the push-off angle during skating at straight-line distances. Moreover, it is concluded that the lower limb motor asymmetry typical for speed skaters has no connection with moving in one direction and performing turns only to the left.

REFERENCES

1. Panov, G.M. (2008) Teoreticheskie osnovy tekhniki skorostnogo bega na kon'kakh [Theoretical foundations of speed skating technique]. *Omskiy nauchnyy vestnik – Omsk Scientific Herald*. 6. pp. 141–145
2. Ivanova, G.P. (2010) Razvitie biomekhaniki kak osnova uspekha v olimpijskom sporte [The development of biomechanics as the basis for success in Olympic sports]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 11. pp. 43–46.

3. Hahn, D. (2008) Force-Length Properties of Leg Extension and Their Implications for Strength Diagnostics. *Proc. ISBS Conference*. Seoul. pp. 120–123.
4. Stenin, B.A. (2000) *Kon'kobezhnyy sport* [Speed skating]. Moscow: Prosveshchenie.
5. Gemser, P. & Koning, J. (1999) *Rukovodstvo po skorostnomu begu na kon'kakh* [Speed Skating Guide]. Translated from German. Holland.
6. Der Kruk, E.V., den Braver, O., Schwab, A.L., van der Helm, F.C.T. & Veeger, H.E.J. (2016) Wireless instrumented klapskates for long-track speed skating. *Sports Engineering*. 19. pp. 273–281.
7. Petrov, N.I. (1995) *Kon'kobezhnyy sport* [Speed skating]. 3rd ed. Moscow: Fizkul'tura i sport.
8. Polovtsev, V.G. (1997) *Yunyy kon'kobezhets* [Young speed skater]. Moscow: Fizkul'tura i sport.
9. Khisamutdinova, S.A. & Ermakov, V.V. (2001) Issledovanie struktury dvizheniy kon'kobeztsev [Study of the structure of the movements of skaters]. *Kon'kobezhnyy sport*. 2. pp. 15–22.
10. Der Kruk, E.V., Veeger, H.E.J., van der Helm, F.C.T. & Schwab, A.L. (2005) Design and verification of a simple 3D dynamic model of speed skating which mimics observed forces and motions. *Journal of Biomechanics*. 6. pp. 45–55.
11. Allinger, T.L. (2007) Skating technique for the straights, based on the optimization of a simulation model. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 29. pp. 279–286.
12. Van Ingent Schenau, G.J., De Groot, G. & De Boer, R.W. (2005) The control of speed in elite female speed skaters. *Interfaculty of Physical Education*. 2. pp. 91–96.
13. Makarenko, B.N. (1999) Osnovy rezonansnoy tekhniki skorostnogo bega na kon'kakh [Basics of the resonant technique of speed skating]. In: Panov, G.M. (ed.) *Kon'kobezhnyy sport: ezhegodnik* [Speed Skating: Yearbook]. Moscow: FIZ.
14. Lozowski, E.A. (2013) Model of ice friction for a speed skate blade. *Sports Engineering*. 16. pp. 239–253.
15. De Boer, R.W. & Nilsen, K.L. (2009) The gliding and push-off technique of male and female Olympic speed skaters. *International Journal of Sports Biomechanics*. 5. pp. 119–134.
16. Aranson, M.V., Ozolin, E.S. & Shustin, B.N. (2014) *Problemy sovershenstvovaniya spetsial'noy funktsional'noy podgotovlennosti sportsmenov vysokogo klassa v tsiklicheskih zimmikh vidakh sporta s uchetom spetsifiki sorevnovatel'noy deyatel'nosti: metod. rekomendatsii* [Problems of improving the special functional preparedness of high-class athletes in cyclical winter sports, taking into account the specifics of competitive activity: methodological recommendations]. Moscow: FNGBU FNTs VNIIFK.
17. Abramova, T.F., Nikitina, T.M. (2013) Osobennosti prostranstvennogo polozheniya tulovishcha, taza i stop u vysokokvalifitsirovannykh sportsmenov-muzhchin razlichnykh vidov sporta [Features of the spatial position of the body, hips and feet in highly skilled male athletes of various sports]. *Vestnik sportivnoy nauki*. 3. pp. 58–65.
18. Pushchina, N.N. (2003) O razgibatel'nom dvizhenii v tazobedrennom sustave opornoj nogi kon'kobezttsa [On the extensor movement in the hip joint of the skater's supporting leg]. In: Panov, G.M. (ed.) *Kon'kobezhnyy sport: ezhegodnik* [Speed Skating: Yearbook]. Moscow: FIZ.
19. Houdijk, H. & de Koning, J. (2000) Physiological responses that account for the increased power output in speed skating using klapskates. *European Journal of Applied Physiology*. 83. pp. 283–288.

Received: 09 March 2018