

ПСИХОЛОГИЯ И ПЕДАГОГИКА

УДК 612.829.34-796.012

А.В. Разуванова, Е.В. Кошельская, О.С. Смердова, Л.В. Капилевич

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФАЗЫ ПРИЗЕМЛЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРЫЖКА В ДЛИНУ С МЕСТА

Представлены результаты анализа физиологических и биомеханических особенностей фазы приземления при выполнении прыжка в длину с места у спортсменов различной квалификации. Предлагается метод отслеживания движения (Motion Tracking) для анализа положения звеньев тела и определения их скорости. Актуальность данного метода обоснована высокой информативностью и обширностью полученных в ходе исследования данных, на основе которых сделаны и аргументированы выводы о характеристиках особенности способов приземления спортсменов разной квалификации.

Ключевые слова: метод отслеживания движения; физиологические и биомеханические особенности; приземление; легкая атлетика.

Двигательные действия в безопорном положении – одни из самых сложных, с которыми спортсмены определенных видов спорта сталкиваются постоянно, а для многих безопорное положение является основным для выполнения упражнений. С точки зрения теории физической культуры и спорта, техника действий в безопорном положении в разных видах спорта достигается путем тренировок, постепенно подводящих индивидуальную технику выполнения определенного упражнения к эталонной. В таком случае единственным критерием оценки является соответствие этому эталону, а вся задача тренера заключается в устранении отклонений от эталонного исполнения.

При этом мало внимания уделяется оценке физиологических процессов, обеспечивающих технику движений. В то же время сегодня в физиологии двигательной активности существует комплекс методик, позволяющих объективно оценивать состояние различных функциональных систем спортсмена. Под влиянием физической нагрузки происходит морфологическая и функциональная перестройка систем внутренних органов, совершенствование их регуляции [1]. «Функциональные системы организма – динамические, саморегулирующиеся центрально-периферические организации, обеспечивающие своей деятельностью полезные для метаболизма организма и его приспособления к окружающей среде результаты» [2].

При выполнении действий в безопорном положении важным психологическим фактором является готовность к безопасному приземлению, исключению возможности потери равновесия и падения. Нередко этот фактор препятствует эффективному выполнению упражнения.

Цель исследования: изучить физиологические и биомеханические особенности фазы приземления при выполнении прыжка в длину с места у спортсменов различной квалификации.

Методы и организация исследования. Для решения поставленной цели было обследовано 30 мужчин в возрасте от 17 до 24 лет. По степени сформированности двигательного навыка они были разделены на две группы. В основную группу вошли легкоатлеты высокой квалификации (16 человек), занимающиеся более четырех лет и специализирующиеся в ско-

ротно-силовых видах легкой атлетики. Контрольную группу составили студенты (14 человек), не имеющие спортивных разрядов в легкой атлетике. Все обследованные выполняли прыжок в длину с места. Данное упражнение не является соревновательным, но постоянно используется в тренировочном процессе легкоатлетов.

Для анализа ориентации звеньев тела, их местоположения в пространстве и отношения к опоре использовался метод отслеживания движения (Motion Tracking) [3]. Пространственные перемещения звеньев тела спортсменов регистрировались с помощью видеокамеры Vision Research Phantom Mire eX2. Съемка велась со скоростью 100 кадров в секунду. Полученные данные были обработаны и проанализированы в программе StarTraceTracker 1.1 VideoMotion®.

Результаты и обсуждение. На рис. 1 представлены стоп-кадры момента приземления испытуемых из двух групп. Видно, что у испытуемого контрольной группы угол в шейном отделе позвоночника составляет примерно 220°, что отражает реакцию моторных центров ствола мозга на афферентацию от рецепторов вестибулярного аппарата. У испытуемого основной группы этот механизм рефлекторной регуляции равновесия также задействован, однако разгибание в шейном отделе уже выражено в меньшей степени и мышцы шеи и голова не так активно сопротивляются ускорению, чтобы не мешать общему вектору направления движения тела. Это отражает высокий уровень квалификации данного спортсмена.

На рис. 2 представлена динамика угла положения головы при приземлении. Представлен интервал от начала приземления до начала выхода в вертикальное положение. Весь момент приземления занимает 0,4 с, но необходимо понимать, что это время, потраченное легкоатлетом, а студент приземляется за меньший интервал времени, поэтому на графике по оси X (время, с) для студента представлен интервал в 0,25 с. Таким образом, рис. 1, б соответствует значению на графике по оси X 0,05 с, т.е. когда угол положения головы испытуемого контрольной группы равен 210°. А у легкоатлета момент на рис. 1, а соответствует на графике по оси времени 0,24 с и равен 197°.



а



б

Рис. 1. Кадр приземления испытуемого основной (А) и контрольной (Б) группы

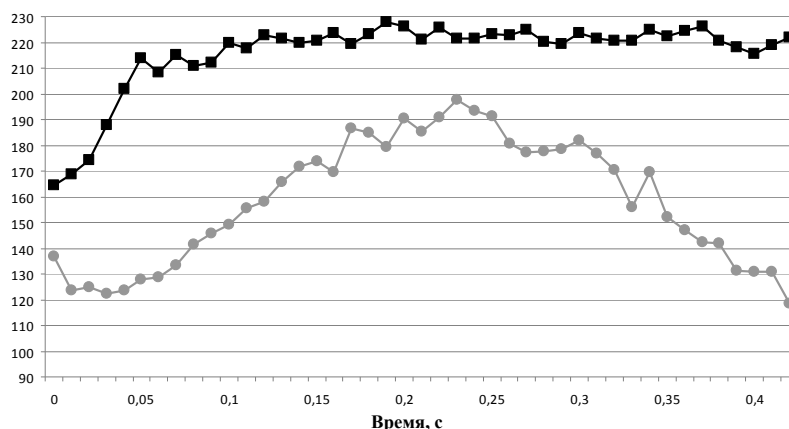


Рис. 2. Динамика изменения угла положения головы испытуемых при выполнении прыжка в длину с места. Светлая линия – основная группа. Темная линия – контрольная группа

После этого положение головы прыгуна контрольной группы остается неизменным, и график останавливает свой рост на отметке 210–230°, когда у легкоатлета угол положения головы уменьшается до 120° в момент начала выхода в вертикальное положение (0,4 с). Очевидно, такое движение головы легкоатлета помогает компенсировать удар о поверхность пола плавным сгибанием корпуса для группировки и дальнейшего удержания равновесия.

Благодаря статокинетическим рефлексам вестибулярного аппарата организм человека сохраняет равновесие в случае горизонтального, вертикального и углового ускорения [4]. В данном случае ускорение является линейным (горизонтальным) и рефлекс вызывает сокращение мышц шейного отдела для предотвращения действия ускорения и сохранения вертикального положения тела, а также нормальной ориентации в пространстве [5]. Действие данного рефлекса особенно выражено у испытуемых контрольной группы. В процессе тренировки проявление врожденных рефлексов уменьшается за счет целого комплекса средств воздействия на формирование специальной координации (благодаря которой достигается увеличение дальности прыжка в длину), но сохраняется, так как функции моторных центров ствола мозга не нарушены.

Компенсация удара во время приземления в первую очередь происходит в коленном суставе, гра-

фик изменения угла которого (рис. 3) у испытуемых из обеих групп имеет одинаковую динамику. Однако амплитуда изменения значения угла, а соответственно и скорость движения сустава у основной группы гораздо больше. Спортсмены-легкоатлеты при приземлении совершают глубокий присед, не опасаясь потери равновесия.

Испытуемые контрольной группы в момент приземления из-за опасения потери равновесия и падения замедляют скорость и степень сгибания в коленном суставе, что приводит к усилению механической нагрузки на опорно-двигательный аппарат и травмированию надкостницы. Такой способ поддержки равновесия является малоэффективным – управление устойчивостью тела осуществляется посредством расположения вертикальной проекции общего центра массы тела (ОЦМТ) в пространственном поле устойчивости или в контуре овала площади приземления. При этом чем ближе проекция ОЦМТ к центру пространственного поля, тем более устойчиво приземление [6].

Тазобедренный сустав, расположенный в непосредственной близости с ОЦМТ, в момент приземления находится уже в согнутом положении, т.е. тело спортсмена согнуто и продолжает сгибаться до момента полного переноса массы тела на стопы. Здесь наблюдаются характерные различия между двумя группами испытуемых (рис. 4):

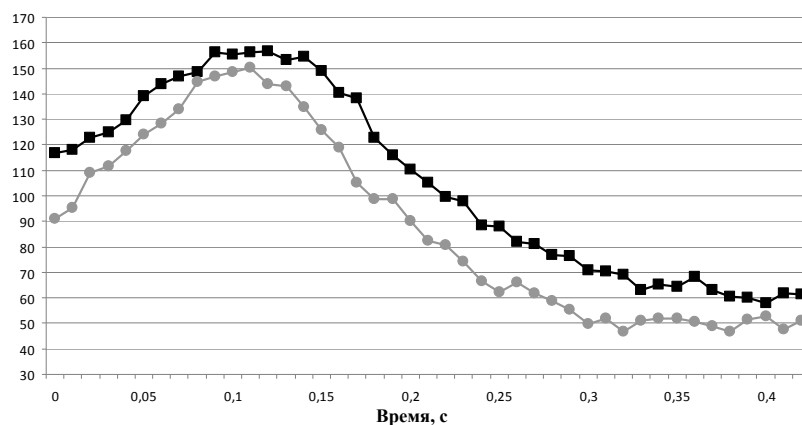


Рис. 3. Динамика изменения угла коленного сустава испытуемых при выполнении прыжка в длину с места. Светлая линия – основная группа. Темная линия – контрольная группа

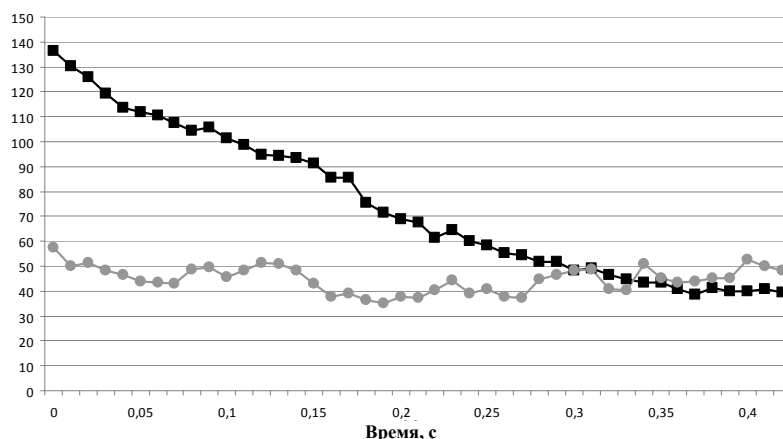


Рис. 4. Динамика изменения угла тазобедренного сустава испытуемых при выполнении прыжка в длину с места. Светлая линия – основная группа. Темная линия – контрольная группа

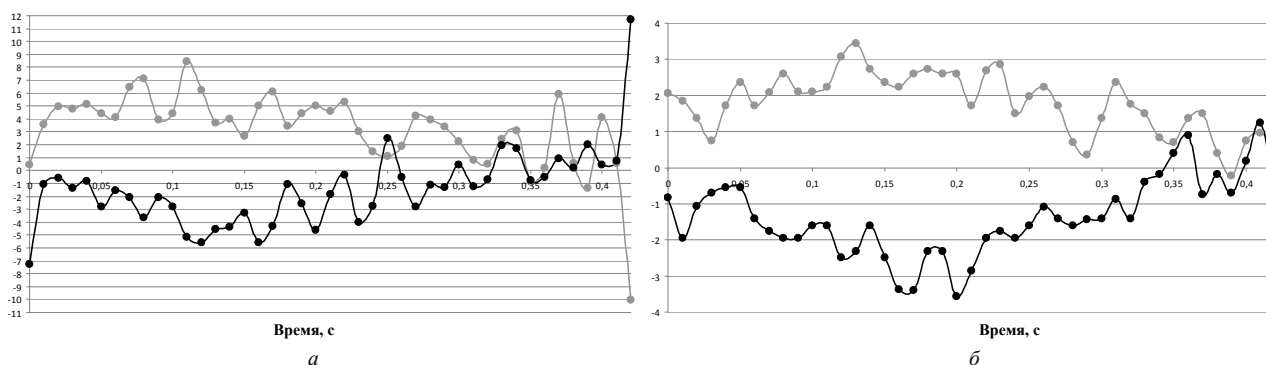


Рис. 5. Динамика изменения скорости движения тазобедренного сустава у испытуемых основной (а) и контрольной (б) групп. Светлая линия – горизонтальная скорость точки. Темная линия – вертикальная скорость точки

Прыгуны контрольной группы, обеспечивая себе безопасное приземление, практически не сгибают тазобедренный сустав от момента начала приземления до вертикального выхода, сохраняя величину угла в 140° . Поэтому на графике (рис. 4) видно, как угол тазобедренного сустава начинает резко уменьшаться только в момент контакта с опорой (точка 0 на оси X). Величина угла продолжает уменьшаться до момента выхода в вертикальное положение (для контрольной группы эта точка соответствует 0,25 с).

В группе легкоатлетов тазобедренный сустав в момент соприкосновения с опорой уже согнут до $70\text{--}60^\circ$ за счет одновременно выпрямленных вперед ног и

отведенных назад рук для увеличения дальности прыжка. Спортсмены продолжают движение вперед в таком положении до контакта с опорой, т.е. сознательно приближают проекцию ОЦМТ к области приземления за счет сгибания в тазобедренном суставе.

Интересным является факт, что динамика скоростей движения тазобедренных суставов у испытуемых из двух групп имеет сходный характер (рис. 5). Самое главное отличие – в амплитуде изменения скоростей, у легкоатлетов она гораздо больше как по вертикали, так и по горизонтали. В момент контакта с опорой горизонтальная скорость движения тазобедренного сустава у легкоатлета равна нулю, изменяется только верти-

кальная, т.е. ОЦМТ по горизонтали не смещается, двигаясь по вертикали вниз к выбранной точке приземления. В контрольной группе в этот момент совершаются и горизонтальные, и вертикальные перемещения, что приводит к проскальзыванию точки приземления.

Еще более выраженные различия между группами были обнаружены в момент выхода в вертикальное положение. У легкоатлетов графики (см. рис. 5, а) вертикальной и горизонтальной скорости пересекаются за счет резкого изменения характера движения – это происходит в точке 0,4 с. В то время как в контрольной группе графики (см. рис. 5, б) в точке начала выхода в вертикальное положение (0,25 с) продолжают совершать незначительные колебания практически уже до окончания двигательного действия.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что формирование технических навыков приземления при выполнении прыжков в длину происходит за счет перестройки системы статокINETических рефлексов спортсмена. Меняется характер движения в шейном отделе позвоночника, а также в тазобедренном и коленном суставах. У прыгунов контрольной группы голова отводится назад, что отражает реакцию моторных центров ствола мозга на афферентацию от рецепторов вестибулярного аппарата. У испытуемых основной группы этот механизм рефлексорной регуляции равновесия также задействован, однако разгибание в шейном отделе уже выражено в меньшей степени, и мышцы шеи и голова не так активно сопротивляются ускорению, чтобы не мешать общему вектору направления движения тела.

Амплитуда изменения значения угла, а соответственно и скорость движения в коленном суставе у основной группы гораздо выше. Спортсмены-легкоатлеты при приземлении совершают глубокий присед, не опасаясь потери равновесия, в то время как испытуемые контрольной группы в момент приземления из-за опасения потери равновесия и падения замедляют скорость и степень сгибания в коленном суставе, что приводит к усилению механической нагрузки на опорно-двигательный аппарат и травмировании надкостницы. Такой способ поддержки равновесия является малоэффективным – управление устойчивостью тела осуществляется посредством расположения вертикальной проекции ОЦМТ в пространственном поле устойчивости или в контуре овала площади приземления.

Прыгуны контрольной группы, обеспечивая себе безопасное приземление, практически не сгибают тазобедренный сустав от момента начала приземления до вертикального выхода. В группе легкоатлетов тазобедренный сустав в момент соприкосновения с опорой уже согнут за счет одновременно выпрямленных вперед ног и отведенных назад рук для увеличения дальности прыжка. В момент контакта с опорой горизонтальная скорость движения тазобедренного сустава у легкоатлетов равна нулю, изменяется только вертикальная. В контрольной группе в этот момент совершаются и горизонтальные, и вертикальные перемещения, что приводит к проскальзыванию точки приземления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Спортивная медицина* (руководство для врачей) / под ред. А.В. Чоговадзе, Л.А. Бутченко. М.: Медицина, 1984. 384 с.
2. *Анохин П.К.* Узловые вопросы теории функциональной системы. М.: Психология, 1980. 216 с.
3. *Капилевич Л.В.* Физиологические механизмы координации движений в безопорном положении у спортсменов // *Теория и практика физической культуры*. 2012. № 7. С. 45–49.
4. *Солодков А.С., Соловьев Е.Б.* Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учеб. 2-е изд., испр. и доп. М.: Олимпия Пресс, 2005. 528 с., ил.
5. *Магнус Р.* Статические и статокINETические рефлексy. URL: <http://turboreferat.ru/medicine/staticheskie-i-statokineticheskie-refleksy-193674-969843-page1.html> (дата обращения: 15.03.2014).
6. *Курысь В.Н.* Биомеханика приземления в спорте // *Вестник Адыгейского государственного университета*. Сер. 3: Педагогика и психология. 2011. № 1. С. 194–202.

Статья представлена научной редакцией «Психология и педагогика» 25 июня 2014 г.

PHYSIOLOGICAL AND BIOMECHANICAL FEATURES OF THE LANDING PHASE OF THE STANDING LONG JUMP

Tomsk State University Journal. No. 386 (2014), 183–187. DOI: 10.17223/15617793/386/31

Razuvanova Anna V. Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: visann@tpu.ru

Koshel'skaya Elena V. Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: koshelskayaev@tpu.ru

Smerdova Olga S. Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: o.smerdova@yandex.ru

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

Keywords: motion tracking; physiological and biomechanical features; landing; athletics.

We investigated the physiological and biomechanical features of the landing phase of the standing long jump among sportsmen of different qualifications. 30 men aged 17 to 24 were involved in the study. According to the degree of motor skills development they were divided into two groups. The main group consisted of athletes with a high qualification (16 people) engaged in sports for over four years and specializing in sprint and power athletics. The control group consisted of students (14 people) who did not have sports categories in athletics. All of the respondents completed the jump. This exercise is not competitive, but is constantly used in training athletes. For the analysis of the orientation of the body parts, their location in space and position at the support the motion tracking method was used. Spatial moves of the athletes' body parts were recorded with a camcorder Vision Research Phantom Mire eX2 with over 100 frames per second. The obtained data were processed and analyzed in the program StarTraceTracker 1.1 Video-Motion®. According to the method of tracking the angle in the cervical spine of the control group respondent is approximately 220°, which reflects the reaction of the motor centers of the brain stem to the afference from the receptors of the vestibular apparatus. In the main group, due to the high level of qualification, this mechanism of balance reflex regulation is also involved, however, the exten-

sion of the cervical is expressed to a lesser extent and the muscles of the neck and head do not actively resist acceleration, so as not to interfere with the general vector of the direction of the body motion. We also found significant differences in the time of landing impact compensation, in the dynamics of the location of the center of the body mass, in the position of the hip joint. We established that in the moment of contact with the support the horizontal velocity of motion of the hip joint is zero, only the vertical velocity changes, i.e. the center of the body mass does not shift horizontally moving vertically down to the selected point of landing. The control group made both horizontal and vertical moves at this point, which led to a slip when landing. Even more remarkable differences between groups were found at the time of entering into the upright position. Thus, the obtained data show that the formation of technical skills of landing when performing a standing long jump is due to the restructuring of the system of static and kinetic reflexes of the athlete. The nature of the movement in the cervical spine and hip and knee joints changes. The amplitude of motion speed change as well as its direction is characteristically different. Therefore, physiological and biomechanical features of the body motion in the landing phase of the standing long jump performed by sportsmen of different qualifications are absolutely characteristic and caused by the whole complex of changes in the organism and structure of the body in the training process.

REFERENCES

1. Chogovadze A.V., Butchenko L.A. (eds.) *Sportivnaya meditsina (rukovodstvo dlya vrachey)* [Sports medicine (guidelines for physicians)]. Moscow: Meditsina Publ., 1984. 384 p.
2. Anokhin P.K. *Uzlovye voprosy teorii funktsional'noy sistemy* [The central questions of the theory of functional systems]. Moscow: Psikhologiya Publ., 1980. 216 p.
3. Kapilevich L.V. Fiziologicheskie mekhanizmy koordinatsii dvizheniy v bezopornom polozhenii u sportsmenov [Physiological mechanisms of coordination of movements in the unsupported position of athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2012, no. 7, pp. 45-49.
4. Solodkov A.S., Sologub E.B. *Fiziologiya cheloveka. Obshchaya. Sportivnaya. Vozrastnaya* [Human Physiology: general, sports, age-related]. 2nd edition. Moscow: Olimpiya Press Publ., 2005. 528 p.
5. Magnus R. *Staticheskie i statokineticheskie refleksy* [Static and statokinetic reflexes]. Available at: <http://turboreferat.ru/medicine/staticheskie-i-statokineticheskie-refleksy-r/193674-969843-page1.html>. (Accessed: 15th March 2014).
6. Kury's V.N. Biomekhanika prizemleniya v sporte [Biomechanics of landing in sports]. *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Pedagogika i psikhologiya*, 2011, no. 1, pp.194-202.

Received: 25 June 2014