

# Современные педагогические и психологические технологии в физическом воспитании и спортивной тренировке

## Modern pedagogical and psychological technologies in education and sports training

Научная статья  
УДК 796.012.45  
DOI: 10.14529/hsm24s119

### ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВЫПАДОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТСМЕНОВ-ВОЛЕЙБОЛИСТОВ

**М.Э. Балтин**<sup>1,2</sup>, [baban.bog@mail.ru](mailto:baban.bog@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0001-5005-1699>  
**А.О. Федянин**<sup>1,2</sup>, [artishock23@gmail.com](mailto:artishock23@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0002-1315-6050>  
**Б.Р. Самигуллин**<sup>1,3</sup>, [samigullin.md@gmail.com](mailto:samigullin.md@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-5654-415X>  
**П.А. Дубровский**<sup>1</sup>, [pascha.dubrovskij@gmail.com](mailto:pascha.dubrovskij@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0008-0990-5988>  
**Т.В. Балтина**<sup>1</sup>, [tvbaltina@gmail.com](mailto:tvbaltina@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0003-3798-7665>

<sup>1</sup> Казанский федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2</sup> Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

<sup>3</sup> Медицинский центр «НейроСтарт», Казань, Россия

**Аннотация. Цель:** построение биомеханической модели выпадов у профессиональных спортсменов волейболистов для оценки функциональности голеностопного сустава. **Материалы и методы.** Субъектами исследования являлись профессиональные спортсмены-волейболисты от 14 до 18 лет и группа неспортсменов от 18 до 23 лет (контроль). Исследование проводилось в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования. Участники были информированы о ходе тестирования и предоставили добровольное согласие. Для построения модели использовали программу Vicon nexus с использованием светоотражающих маркеров, которые размещались в проекции суставов, и снималась с шести камер Vicon MX амплитуда движения в голеностопном суставе. **Результаты.** В целом группа спортсменов-волейболистов продемонстрировала больший диапазон движений при тыльном сгибании голеностопного сустава, чем контрольная группа. Эксцентрическая работа мышц подошвенного сгибателя голеностопного сустава может способствовать снижению силы опоры при подходе переднего отдела стопы с большим углом к полу по сравнению с меньшим углом. **Заключение.** Основываясь на наших данных, мы показали, что спортсмены используют голеностопный сустав более эффективно, что можно связать с волейбольным опытом участников исследования.

**Ключевые слова:** анализ движения, волейболисты, голеностопный сустав, инверсия, дорсифлексия

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках программы «Стратегическое академическое лидерство Казанского федерального университета» (ПРИОРИТЕТ-2030).

**Для цитирования:** Функциональная модель выпадов профессиональных спортсменов-волейболистов / М.Э. Балтин, А.О. Федянин, Б.Р. Самигуллин и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № S1. С. 143–147. DOI: 10.14529/hsm24s119

Original article

DOI: 10.14529/hsm24s119

## FUNCTIONAL MODEL OF LUNGES FOR PROFESSIONAL VOLLEYBALL PLAYERS

**M.E. Baltin**<sup>1,2</sup>, [baban.bog@mail.ru](mailto:baban.bog@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0001-5005-1699>

**A.O. Fedianin**<sup>1,2</sup>, [artishock23@gmail.com](mailto:artishock23@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0002-1315-6050>

**B.R. Samigullin**<sup>1,3</sup>, [samigullin.md@gmail.com](mailto:samigullin.md@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-5654-415X>

**P.A. Dubrovsky**<sup>1</sup>, [pascha.dubrovskij@gmail.com](mailto:pascha.dubrovskij@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0008-0990-5988>

**T.V. Baltina**<sup>1</sup>, [tvbaltina@gmail.com](mailto:tvbaltina@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0003-3798-7665>

<sup>1</sup> Kazan Federal University, Kazan, Russia

<sup>2</sup> Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia

<sup>3</sup> NeuroStart Medical Center, Kazan, Russia

**Abstract. Aim.** The objective of this study is to construct a biomechanical model of lunges in professional volleyball athletes to evaluate the functionality of the ankle joint. **Materials and methods.** The study participants comprised professional volleyball players aged 14 to 18 years and non-athletes aged 18 to 23 years, serving as the control group. Informed consent was obtained from all participants who were apprised of the testing process. The biomechanical model was developed using the Vicon Nexus program, with reflective markers placed at key points of the ankle joint. Movement amplitude in the ankle joint was recorded using six Vicon MX cameras. **Results.** The professional volleyball athletes exhibited a broader range of motion in the ankle joint during dorsiflexion compared to the control group. The eccentric contraction of the plantar flexor muscles of the ankle joint may contribute to a reduction in supportive force when the forefoot approaches the ground at a larger angle, as opposed to a smaller angle. **Conclusions.** Our findings suggest that professional volleyball athletes use the ankle joint more effectively, a phenomenon potentially linked to their specific volleyball training and experience.

**Keywords:** movement analysis, volleyball players, dorsiflexion, inversion, ankle joint

**Acknowledgements.** The research was conducted within the scope of the “Strategic Academic Leadership of the Kazan Federal University” program, PRIORITY-2030.

**For citation:** Baltin M.E., Fedianin A.O., Samigullin B.R., Dubrovsky P.A., Baltina T.V. Functional model of lunges for professional volleyball players. *Human. Sport. Medicine*. 2024;24(S1):143–147. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm24s119

**Введение.** Во всех волейбольных действиях, во время которых игрок контактирует с полом, поддержание устойчивости позы имеет решающее значение. При передачах и подачах мяча для целенаправленности движений значение имеет постановка ног и правильное распределение веса тела [8]. Компьютерный анализ походки становится популярным в исследовательском сообществе. Использование видеозахвата движения при анализе походки обладает наибольшим потенциалом объективности, чувствительности и более глубокого понимания механизмов восстановления после травм [1, 4]. Программный пакет упрощает проектирование и расчёт сложных составляющих биомеханических моделей, сохраняя достоверность и надёжность [3]. Анализ биомеханических моделей позволяет дать оценку того или иного вида движения человека, оп-

ределить нагрузку, например, при выполнении манёвра, на определённую группу мышц, костей, суставов, выявить и предотвратить частые травмы, последующую реабилитацию спортсменов [2, 7].

**Цель исследования:** построение биомеханической модели выпадов профессиональных спортсменов волейболистов для оценки функциональности голеностопного сустава.

**Материалы и методы.** Субъектами исследования являлись профессиональные спортсмены-волейболисты от 14 до 18 лет. Контрольную группу составили 7 юношей (возраст от 18 до 23 лет). Это были сотрудники лаборатории, не занимавшиеся систематической физической активностью. Исследование проводилось в соответствии с этическими принципами Хельсинской декларации проведения медицинских исследований с участием

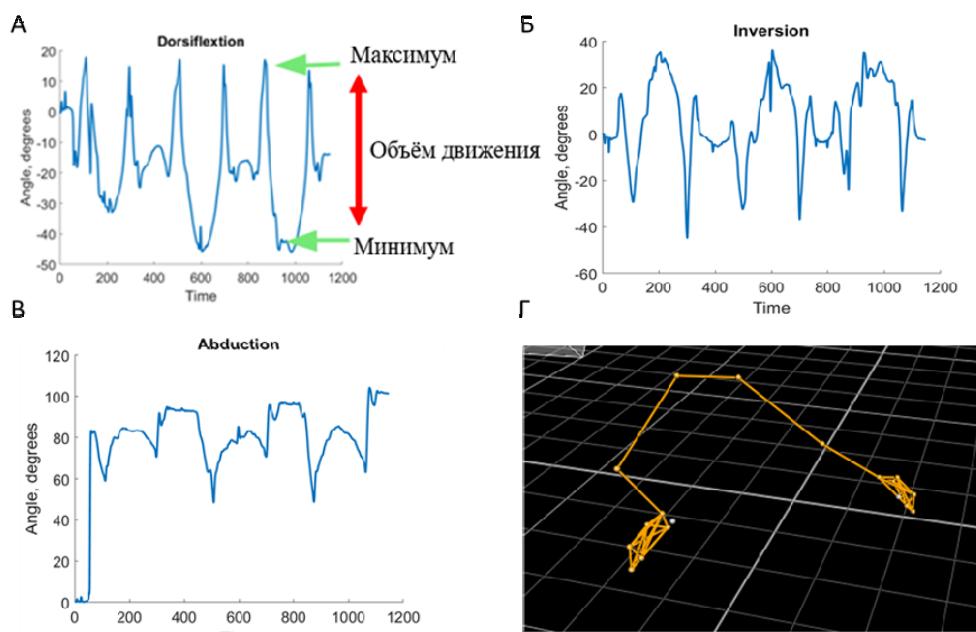


Рис. 1. Запись движения в голеностопном суставе: А – дорсифлексия, Б – инверсия, В – абдукция, Г – готовая биомеханическая модель выпада  
Fig. 1. Illustration of movements in the ankle joint: A – dorsiflexion, B – inversion, C – abduction, D – Pre-constructed biomechanical model of lunges

людей в качестве субъектов исследования. Участники были информированы о ходе тестирования и предоставили добровольное согласие. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом ФГАОУ ВО «КФУ» (протокол № 34 от 27.01.2022). Все игроки сообщили, что у них не было травм нервно-мышечной, вестибулярной и зрительной систем в течение как минимум шести месяцев до их участия в исследовании и что они были в целом в хорошем физическом состоянии.

Полученные в программе Вайкон записи обрабатывали с помощью оригинальной компьютерной программы. На рис. 1 показаны записи движения, выполняемого в голеностопном суставе в цикле движения выпада.

При обработке данных выявляли движения стопы, необходимые для анализа выпадов [5]. Оценивали характерные движения в голеностопном суставе – дорсифлексию и инверсию [6]. Отношение между максимальным отклонением в соответствующей плоскости и минимальным определяли как объем движения. Провели сравнительный анализ выпадов контрольной группы – неспортсменов и профессиональных спортсменов-волейболистов. Для сравнительного анализа использовали программу Origin.

**Результаты.** При совершении выпадов вперед у контрольной группы диапазон угла был  $(19 \pm 4)^\circ$  при дорсифлексии, а у спортсменов –  $(67 \pm 13)^\circ$  ( $p < 0,05$ ). Спортсмены совершали более глубокие выпады (рис. 2).

Это увеличение глубины выпада, вероятно, связано с тем, что опытные игроки используют переднюю часть стопы во время начального контакта стопы с землей для упора. Также инверсия голеностопного сустава спортсменов была значительно выше и составила  $36 \pm 13$  ( $p < 0,05$ ), что видно на рис. 2А.

При совершении выпадов в бок спортсмены показали аналогичные результаты. Диапазон движения в голеностопном суставе у спортсменов как при дорсифлексии, так и при инверсии был выше, чем у неспортсменов контрольной группы. Так, значение объема движения при инверсии у спортсменов достигало  $(83 \pm 15)^\circ$ , что было более чем в два раза выше, чем в контрольной группе ( $p < 0,05$ ) (рис. 2Б).

**Заключение.** В целом опытная группа демонстрирует больший диапазон движений при тыльном сгибании голеностопного сустава, чем контрольная группа. Эксцентрическая работа мышц подошвенного сгибателя голеностопного сустава может в большей степени способствовать снижению силы опоры при

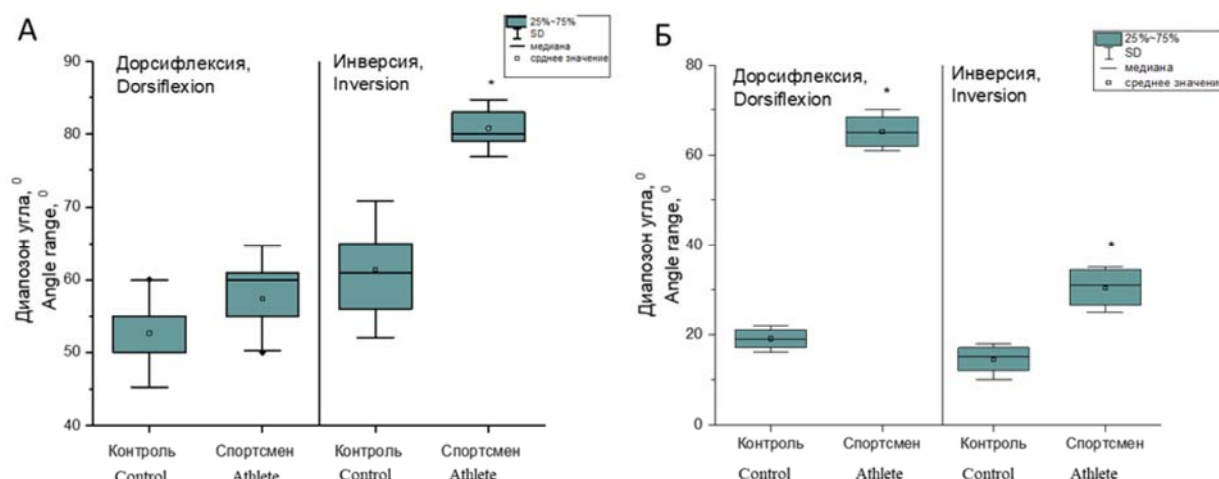


Рис. 2. Диапазон движений голеностопного сустава во время выпадов: А – объем движения в голеностопном суставе при выполнении движения «выпад вперед» у спортсменов и контрольной группы (неспортсменов); Б – объем движения в голеностопном суставе при выполнении движения «выпад в бок» у спортсменов и контрольной группы (неспортсменов). \* –  $p < 0,05$  достоверность различий между группами

Fig. 2. Illustration of ankle joint range of motion during lunge movements: A – range of motion in the ankle joint during forward lunge in athletes and the control group (non-athletes) B – range of motion in the ankle joint during side lunge in athletes and the control group (non-athletes). \* – differences between groups are significant at  $p < 0.05$

подходе переднего отдела стопы с большим углом к полу по сравнению с меньшим углом. Основываясь на наших данных, мы показали, что спортсмены используют голеностопный сустав более эффективно, что можно связать

с волейбольным опытом испытуемых. Этот результат можно использовать для избирательного воздействия на голеностопный сустав в обучающих упражнениях для начинающих волейболистов.

### Список литературы / Reference

1. Aceves M., Dietz V., Dulin J. et al. An Analysis of Variability in “CatWalk” Locomotor Measurements to Aid Experimental Design and Interpretation. *eNeuro*, 2020, vol. 7, no. 4. DOI: 10.1523/ENEURO.0092-20.2020
2. Lim C., Nunes E.A., Currier B.S. et al. An Evidence-Based Narrative Review of Mechanisms of Resistance Exercise-Induced Human Skeletal Muscle Hypertrophy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2022, vol. 54, no. 9, pp. 1546–1559. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002929
3. Eichelberger P., Ferraro M., Minder U. et al. Analysis of Accuracy in Optical Motion Capture – A Protocol for Laboratory Setup Evaluation. *Journal of Biomechanics*, 2016, vol. 49, no. 10, pp. 2085–2088. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2016.05.007
4. Bezodis N.E., Willwacher S., Salo A. The Biomechanics of the Track and Field Sprint Start: A Narrative Review. *Sports medicine*, 2019, vol. 49, no. 9, pp. 1345–1364. DOI: 10.1007/s40279-019-01138-1
5. Kang M., Zhang T., Yu R. et al. Effect of Different Landing Heights and Loads on Ankle Inversion Proprioception during Landing in Individuals with and without Chronic Ankle Instability. *Bioengineering*, 2022, vol. 9, no. 12, art. 743. DOI: 10.3390/bioengineering9120743
6. Wu G., Siegler S., Allard P. et al. Standardization and Terminology Committee of the International Society of Biomechanics. ISB Recommendation on Definitions of Joint Coordinate System of Various Joints for the Reporting of Human Joint Motion. Part I: Ankle, Hip, and Spine. *Journal of Biomechanics*, 2002, vol. 35, no. 4, pp. 543–548. DOI: 10.1016/S0021-9290(01)00222-6
7. Levine N.A., Rigby B.R. Thoracic Outlet Syndrome: Biomechanical and Exercise Considerations. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 2018, vol. 6, no. 2, art. 68. DOI: 10.3390/healthcare6020068
8. Agostini V., Chiaramello E., Canavese L. et al. Postural Sway in Volleyball Players. *Human Movement Science*, 2013, vol. 32, no. 3, pp. 445–456. DOI: 10.1016/j.humov.2013.01.002

**Информация об авторах**

**Балтин Максим Эдуардович**, научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Механобиология», Казанский федеральный университет, Казань, Россия; ведущий специалист лаборатории биомеханики спорта, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

**Федянин Артур Олегович**, научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Механобиология», Казанский федеральный университет, Казань, Россия; младший научный сотрудник лаборатории физиологии спорта, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

**Самигуллин Булат Рашитович**, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Механобиология», Казанский федеральный университет, Казань, Россия; директор медицинского центра «НейроСтарт», врач невролог, мануальный терапевт, Казань, Россия.

**Дубровский Павел Александрович**, студент 4-го курса, Институт фундаментальной медицины и биологии, Казанский федеральный университет, Казань, Россия.

**Балтина Татьяна Валерьевна**, доцент, кандидат биологических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Механобиология», Казанский федеральный университет, Казань, Россия.

**Information about the authors**

**Maxim E. Baltin**, Researcher, “Mechanobiology” Research Laboratory, Kazan Federal University, Kazan, Russia; Leading Specialist, Laboratory of Biomechanics of Sports, Volga State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia.

**Artur O. Fedianin**, Junior Researcher, “Mechanobiology” Research Laboratory, Kazan Federal University, Kazan, Russia; Junior Researcher, Laboratory of Physiology of Sports, Volga State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia.

**Bulat R. Samigullin**, Junior Researcher, “Mechanobiology” Research Laboratory, Kazan Federal University, Kazan, Russia; Director and Practicing Neurologist/Manual Therapist at the NeuroStart Medical Center, Kazan, Russia.

**Pavel A. Dubrovsky**, Undergraduate Student, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

**Tatiana V. Baltina**, Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Head of the “Mechanobiology” Research Laboratory, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

**Статья поступила в редакцию 11.10.2023**

**The article was submitted 11.10.2023**