

Научная статья  
УДК 796.012.264

## Биомеханические характеристики ходьбы у представительниц женского футбола в возрасте от 18 до 25 лет

С. А. Банёва<sup>1✉</sup>, С. Н. Кондратьев<sup>2</sup>, Е. М. Кабаев<sup>2</sup>, О. Б. Сагды<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский федеральный университет, Россия, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 82А

<sup>2</sup>Федеральный сибирский научно-клинический центр, Россия, 660041, г. Красноярск, ул. Биатлонная, д. 25Б/1

**Банева Светлана Александровна**, магистрант института физической культуры спорта и туризма, [sbaneva@sfu-kras.ru](mailto:sbaneva@sfu-kras.ru)

**Кондратьев Станислав Николаевич**, технический специалист по системам видеонализа движений, [stas.84@inbox.ru](mailto:stas.84@inbox.ru)

**Кабаев Евгений Михайлович**, врач травматолог-ортопед в центре восстановительной медицины, [ekabaev@cvm.skc-fmba.ru](mailto:ekabaev@cvm.skc-fmba.ru)

**Сагды Олча Бюрбюевна**, магистрант института физической культуры спорта и туризма, [olchini@mail.ru](mailto:olchini@mail.ru)

**Аннотация.** Изучены особенности биомеханических параметров ходьбы двух групп женщин. Первая группа состояла из футболисток возрастной категории 18–25 лет, имеющих первый спортивный разряд и разряд КМС, во вторую группу входили лица, занимающиеся циклическими видами спорта (конькобежный спорт, лыжные гонки). На первом этапе производились замеры испытуемых, которые в дальнейшем заносились в компьютерную программу. На втором этапе к голове, верхним и нижним конечностям испытуемых прикреплялись датчики-маркеры для считывания параметров с помощью приборов Vicon в различных плоскостях (XYZ). На третьем этапе происходило отслеживание маркеров во время динамических испытаний. Произведен сравнительный анализ результатов.

**Ключевые слова:** анализ походки, ходьба, шаг, маркеры, спортсмены, динамика, butterfly диаграммы

**Для цитирования:** Банёва С. А., Кондратьев С. Н., Кабаев Е. М., Сагды О. Б. Биомеханические характеристики ходьбы у представительниц женского футбола в возрасте от 18 до 25 лет // Физическое воспитание и студенческий спорт. 2023. Т. 2, вып. 1. С. 92–98. <https://doi.org/10.18500/2782-4594-2023-2-1-92-98>, EDN: SYPPID

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

## Biomechanical characteristics of walking in representatives of women's soccer at the age of 18 to 25 years

S. A. Banyova<sup>1✉</sup>, S. N. Kondratyev<sup>2</sup>, E. M. Kabaev<sup>2</sup>, O. B. Sagdy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian Federal University, 82 A Svobodny Pr., Krasnoyarsk 660041, Russia

<sup>2</sup>Federal Siberian Research and Clinical Center, 25B/1 Biathlonnaya St., Krasnoyarsk 660041, Russia

**Svetlana A. Banyova**, [sbaneva@sfu-kras.ru](mailto:sbaneva@sfu-kras.ru)

**Stanislav N. Kondratyev**, [stas.84@inbox.ru](mailto:stas.84@inbox.ru)

**Evgeny M. Kabaev**, [ekabaev@cvm.skc-fmba.ru](mailto:ekabaev@cvm.skc-fmba.ru), <https://vrach-russia.ru/krasnoyarsk/ortoped/453862-kabaev-evgeniy-mihaylovich/>

**Olcha B. Sagdy**, [olchini@mail.ru](mailto:olchini@mail.ru)

**Abstract.** The peculiarities of biomechanical parameters of walking of two groups of women were studied in a comparative analysis. The first group consisted of female soccer players of 18–25 years old, having the first sports category or the category of Candidate Master of Sports; the second group included people engaged in cyclic sports (skating, cross-country skiing). At the first stage we took measurements of the test subjects, which were then entered into a computer program. At the second

stage, marker sensors were attached to the head, upper and lower extremities of the subjects so that the parameters could be read by Vicon devices in different planes (XYZ). In the third stage, the markers were tracked during the dynamic tests. Comparative analysis of the results and conclusions of the work were made.

**Keywords:** gait analysis, walking, step, markers, athletes, dynamics, butterfly diagrams

**For citation:** Banyova S. A., Kondratyev S. N., Kabaev E. M., Sagdy O. B. Biomechanical characteristics of walking in representatives of women's soccer at the age of 18 to 25 years. *Physical Education and University Sport*, 2023, vol. 2, iss. 1, pp. 92–98 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/2782-4594-2023-2-1-92-98>, EDN: SYPPID

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CCO-BY 4.0)

## Введение

Ходьба – один из способов передвижения человека и животного. При ходьбе задействован весь опорно-двигательный аппарат. Это дает возможность проанализировать не только функции нижних конечностей, но и вышележащих отделов, и использовать ходьбу как глобальный двигательный тест [1].

Сегодня существуют десятки методов анализа ходьбы. В данной статье рассматривается регистрация общих и динамических параметров.

Общие параметры подразделяются на пространственные и временные. Пространственные в данной работе представлены длиной, базой шага.

Временные – подометрия – делятся на собственно общие параметры: время двойного шага (период от контакта пятки с опорой до следующего контакта пяткой этой же ноги), время опоры и переноса каждой ноги, время опоры на обе ноги и одну ногу; и специальные: момент и время опоры на различные отделы стопы [2].

Под динамическими параметрами понимают силы взаимодействия с опорой при ходьбе, т. е. регистрацию сил реакции опоры в трех взаимно перпендикулярных плоскостях (вертикальной, продольной и поперечной [1]) с последующим расчетом амплитудно-фазовых показателей, построением векторных, так называемых *butterfly*-диаграмм, траекторий движений центра давления под стопой и др. [2].

Цель исследования заключается в выявлении особенностей биомеханики ходьбы у футболисток в возрасте от 18 до 25 лет.

Задачи:

- провести динамические испытания с участием спортсменок;
- преобразовать полученные данные в формат диаграмм;
- сравнить данные по биомеханике ходьбы представительниц игровых видов спорта

с данными по биомеханике ходьбы представительниц циклических видов спорта.

## Материалы и методы

Был произведен замер всех испытуемых для дальнейшего занесения параметров в компьютерную программу. Схема выполнения измерений указана на рис. 1.

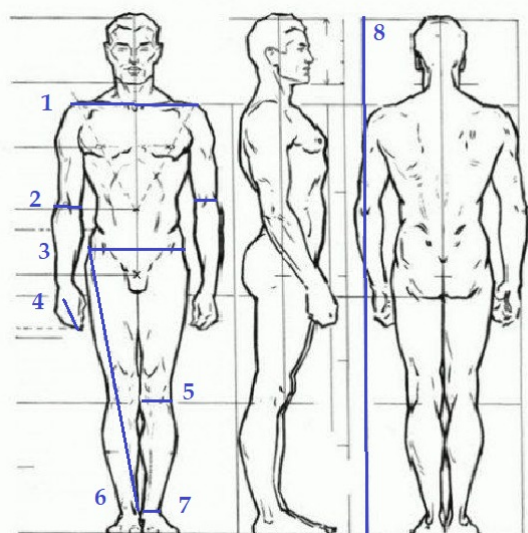


Рис. 1. Схема измерения испытуемого: 1 – расстояние от левого до правого акромиона; 2 – расстояние от внутреннего до наружного мыщелка плечевой кости; 3 – расстояние от верхней передней левой подвздошной до верхней передней правой подвздошной; 4 – расстояние от центра ладони (средний палец) до конца дистальной фаланги указательного пальца; 5 – расстояние наиболее выступающих точек коленного сустава; 6 – расстояние от большого вертела тазобедренного сустава до внутренней лодыжки; 7 – расстояние от внутренней до наружной лодыжки; 8 – рост

Fig. 1. Schematic measurement of a test subject: 1 – distance from left to right acromion; 2 – distance from internal to external condyle of the humerus; 3 – distance from upper anterior left iliac to upper anterior right iliac; 4 – distance from the center of the palm (middle finger) to the end of the distal phalanx of the index finger; 5 – distance of the most protruding points of the knee joint; 6 – distance from the greater trochanter of the hip joint to the inner ankle; 7 – distance from inner to outer ankle; 8 – growth

На следующем этапе исследования к голове, туловищу, тазовому поясу, верхним и нижним конечностям испытуемых прикреплялись датчики-маркеры, схематическое расположе-

ние маркеров в трех разных проекциях и их описание представлено в таблицах (табл. 1 и табл. 2). Как показано на изображениях, в размещении датчиков-маркеров присутству-

Таблица 1/Table 1

**Расположение датчиков-маркеров на верхней части тела спортсменок**  
**Location of marker sensors on the upper body of female athletes**

Обозначение маркера	Расположение маркера
<b>Маркеры головы</b>	
ПЧЛ/ЛЧЛ	На правой/левой части лобной области
ПЧЗ/ЛЧЗ	На правой/левой части затылка
<b>Маркеры туловища</b>	
ГП10	На остистом отростке 10-го грудного позвонка
ГРУД	На мечевидном отростке грудины
ШП7	На остистом отростке 7-го шейного позвонка
ПЛОП	В любом месте над правой лопаткой (у этого маркера нет эквивалентного маркера на левой стороне. Эта асимметрия помогает процедуре автоматической маркировки отличать правое от левого. Расположение не имеет решающего значения.)
<b>Изображения</b>	
<p><b>ПРАВАЯ ВЕРХНЯЯ КОНЕЧНОСТЬ:</b>  1. ПП-Правое плечо  2. ПНАД-Правое надплечье  3. ПЛОК-Правый локоть  4. ППРЕД-Правое предплечье  5. МПЗВ-Маркер правого запястья В  6. МПЗА-Маркер правого запястья А  7. ППАД-Правый палец</p> <p><b>ГОЛОВА:</b>  8. ЛЧЗ-левая часть лобной области  9. ПЧЗ-Правая часть лобной области</p> <p><b>ТОРС:</b>  10. КЛЮЧ-ключица  11. ГРУД-грудина</p> <p><b>ЛЕВАЯ ВЕРХНЯЯ КОНЕЧНОСТЬ:</b>  1. ЛП-Левое плечо  2. ЛНАД-Левое надплечье  3. ЛЛОК-Левый локоть  4. ЛПРЕД-Левое предплечье  5. МЛЗВ-Маркер левого запястья В  6. МЛЗА-Маркер левого запястья А  7. ЛПАД-Левый палец</p> <p><b>ГОЛОВА:</b>  8. ЛЧЗ-левая часть затылка  9. ПЧЗ-Правая часть затылка</p> <p><b>ТОРС:</b>  10. ШП7-7-й шейный позвонок  11. ПЛОП-правая лопатка  12. ГП10-10-й грудной позвонок</p> <p><b>ПРАВАЯ ВЕРХНЯЯ КОНЕЧНОСТЬ:</b>  1. ПП-Правое плечо  2. ПНАД-Правое надплечье  3. ПЛОК-Правый локоть  4. ППРЕД-Правое предплечье  5. МПЗВ-Маркер правого запястья В  6. МПЗА-Маркер правого запястья А  7. ППАД-Правый палец</p> <p><b>ГОЛОВА:</b>  8. ЛЧЗ-левая часть затылка  9. ПЧЗ-Правая часть затылка</p>	
<b>Маркеры верхних конечностей</b>	
ПП/ЛП	На акромиально-ключичном суставе
ПНАД/ЛНАД	На нижней 1/3 поверхности правой/левой руки
ПЛОК/ЛЛОК	На надмыщелке около оси локтевого сустава
ППРЕД/ЛПРЕД	На нижней 1/3 поверхности правого/левого предплечья
МПЗА/МЛЗА	Со стороны большого пальца на запястье, как можно ближе к центру лучезапястного сустава

Окончание табл. 1

Обозначение маркера	Расположение маркера
МПЗВ/МЛЗВ	Со стороны мизинца на запястье, как можно ближе к центру лучезапястного сустава
ППАЛ/ЛПАЛ	На тыльной стороне правой/левой руки по центру мышцы-разгибателя среднего пальца

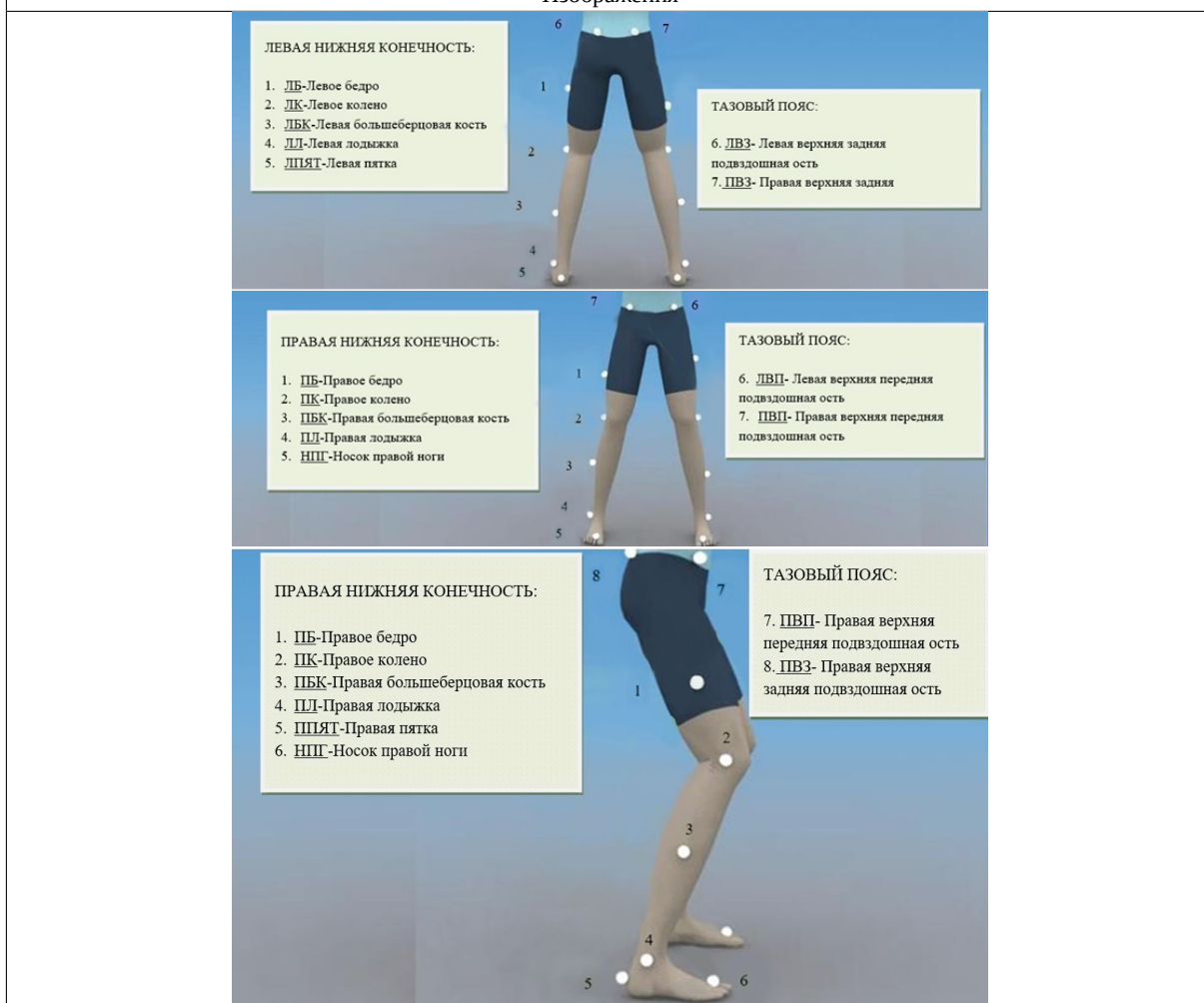
Таблица 2/Table 2

**Расположение датчиков-маркеров на нижней части тела спортсменок**

**Location of marker sensors on the lower body of female athletes**

Обозначение маркера	Расположение маркера
Тазовый пояс	
ПВП/ЛВП	Правая/левая верхняя передняя подвздошная ость
ПВЗ/ЛВЗ	Правая/левая верхняя задняя подвздошная ость (непосредственно под крестцово-подвздошными суставами, в точке, где позвоночник соединяется с тазом)
Маркеры нижних конечностей	
ПБ/ЛБ	На верхней 1/3 поверхности правого/левого бедра
ПК/ЛК	По оси сгибание-разгибание правого/левого колена
ПБК/ЛБК	На верхней 1/3 поверхности правой/левой голени
ПЛ/ЛЛ	На правой/левой латеральной лодыжке
ППЯТ/ЛПЯТ	На пяточной кости
НПН/НЛН	По центру второй плюсневой кости

Изображения



ет некоторая асимметрия, поскольку она помогает процедуре автоматической маркировки отличать правую сторону от левой.

Испытуемым предлагалось пройти по 5-метровой платформе, ступая на нее одной ногой (левой). Через пару секунд спортсменки разворачивались и касались платформы другой (правой) ногой. Данные фиксировались на компьютере. Для более точного результата средней величины показателей испытуемые проходили 8–10 раз в одну и другую сторону.

### Результаты и их обсуждение

Для регистрации основных параметров биомеханики ходьбы использовалось оборудование Vicon [3, 4]. Посредством программы

регистрировались временные (рис. 2, 3), пространственные (рис. 4, 5) и динамические характеристики шага (рис. 6–8) [5–7].

Временные показатели у лыжниц и ориентировщиц выше, нежели у футболисток, т. е. представительницы вида спорта «футбол» ходят быстрее (см. рис. 2, 3). Преодолевая дистанцию в 1 м, футболистки тратят в среднем 1 с, а представительницы циклических видов спорта 1.2 с. Стоит отметить примерное равенство левой и правой ноги у спортсменок.

На рис. 4, 5 видно, что среднее значение базы шага (ширины шага) и длины шага правой и левой ног у спортсменок, представляющих циклические виды спорта, совпадает, у представительниц игрового вида спорта «футбол» имеется небольшая разница в базе шага. Сред-

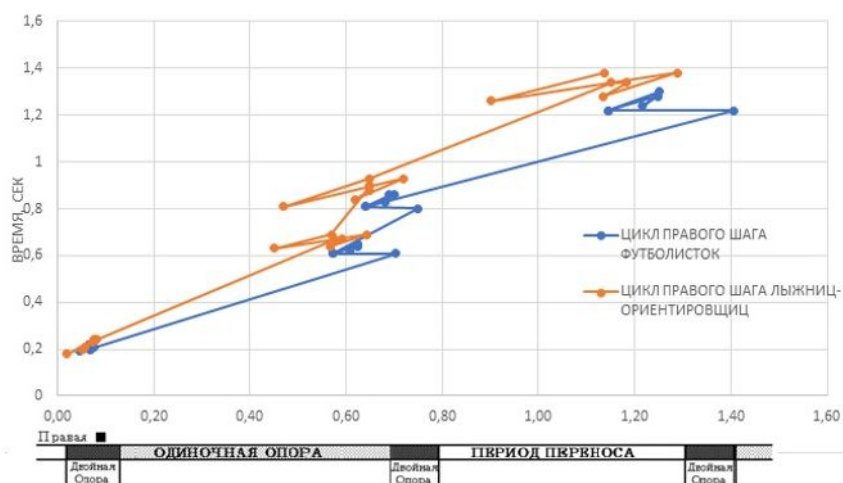


Рис. 2. Временные показатели: цикл правого шага спортсменок (цвет online)

Fig. 2. Temporal indicators: the cycle of the right step of the athletes (color online)

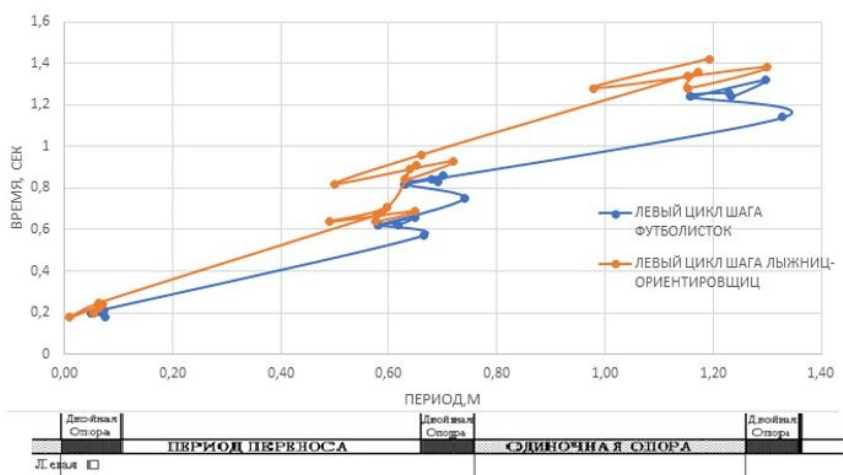


Рис. 3. Временные показатели: цикл левого шага спортсменок (цвет online)

Fig. 3. Temporal indicators: the cycle of the left step of the athletes (color online)

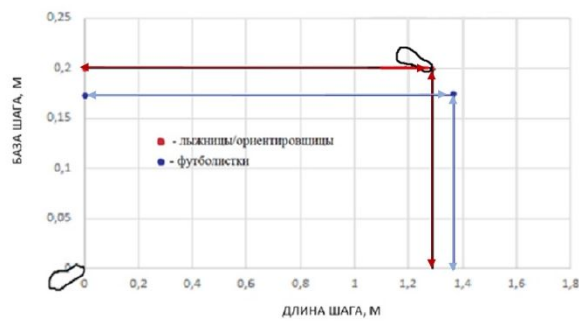


Рис. 4. Пространственные показатели левого шага (цвет online)

Fig. 4. Spatial indices of the left step (color online)

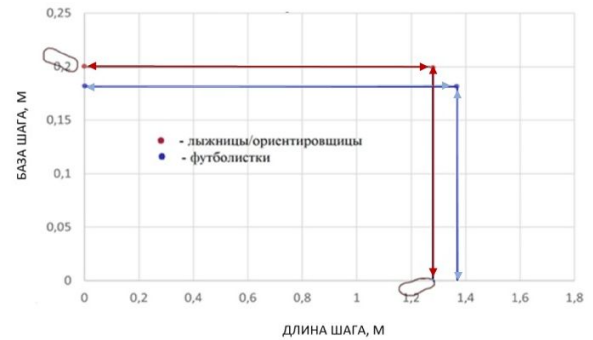


Рис. 5. Пространственные показатели правого шага (цвет online)

Fig. 5. Spatial indicators of the right step (color online)

нее значение ширины правого шага у футболисток равно 18 см, а левого – 17 см. Так как измерение базы шага ведется между задними (пяточными) краями стоп, предполагаем, что несоответствие связано с изменением угла разворота (постановки) стопы.

На рис. 6–8 мы наблюдаем несоответствие кривых по оси ординат, в то время как графики по осям OX и OZ практически идентичны. Полученные данные демонстрируют различия в фазе отталкивания: у лыжниц и ориентировщиц параметр силы составил 1.15 Н, у футболисток – 1.35 Н, а также в постановке стопы на пятку: показатель силы реакции опоры у лыжниц и ориентировщиц 1.53 Н, у футболисток – 1.22 Н.

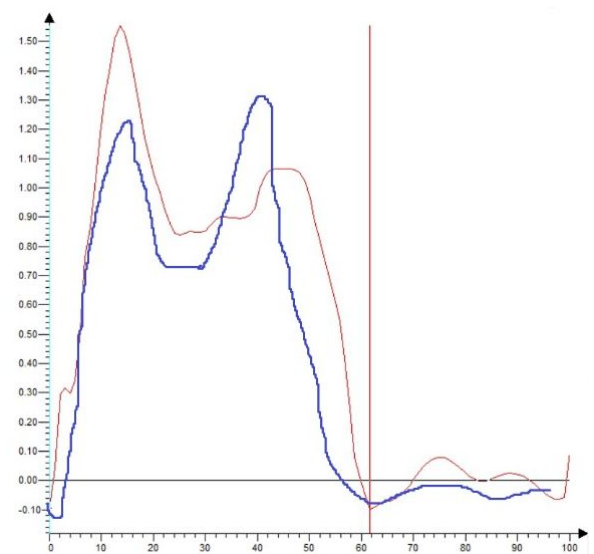


Рис. 7. Сила реакции опоры по оси OY (цвет online)

Fig. 7. Support reaction force along the OY axis (color online)

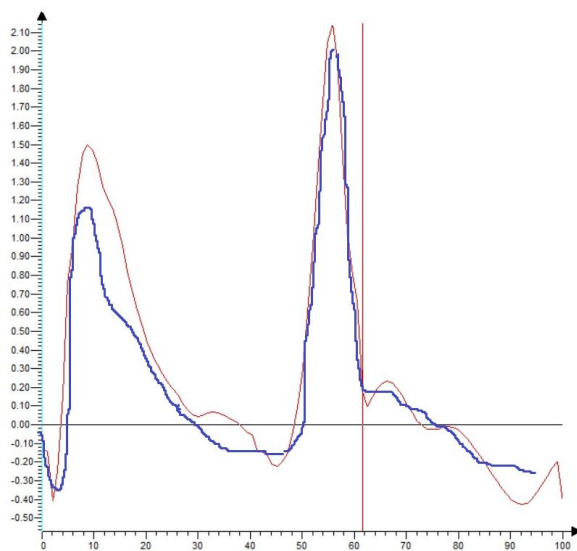


Рис. 6. Сила реакции опоры по оси OZ (цвет online)

Fig. 6. Support reaction force along the OZ axis (color online)

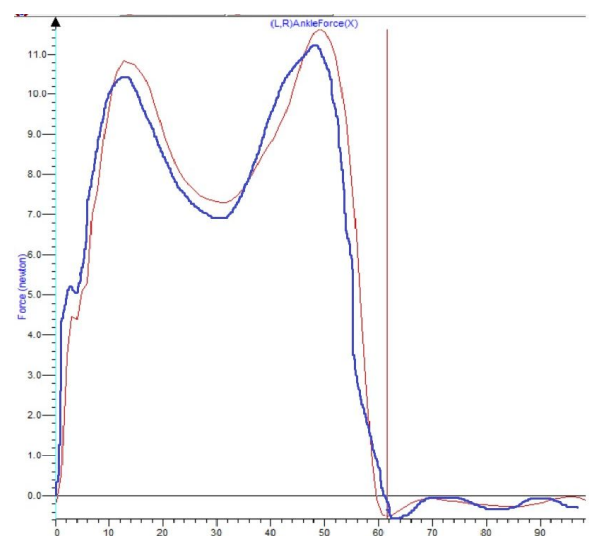


Рис. 8. Сила реакции опоры по оси OX (цвет online)

Fig. 8. Support reaction force along the OX axis (color online)

## Заключение

Сравнивая средние показатели по пространственным, временным и динамическим характеристикам спортсменок, делаем вывод, что присутствуют небольшие отклонения биомеханических данных ходьбы у представительниц игрового вида спорта «футбол» от данных циклических видов спорта: футболистки передвигаются с небольшой долей скорости быстрее (на 0.2 с), выполняют более широкие шаги (на 6 см) и акцент в постановке стопы на пяточную кость не совершают, чего нельзя сказать о представительницах циклических видов спорта.

## Список литературы

1. Скворцов Д. В. Клинический анализ движений. Иваново : Издательство НППЦ «Стимул», 1996. 344 с.
2. Аветисова А. А. Разработка и обоснование конструкций ортопедического снабжения при ампутационных дефектах стоп : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2004. 27 с.
3. Каторкин С. Е., Сизоненко Я. В. Клинико-биомеханические методы исследования патологии походки у больных хронической венозной недостаточностью нижних конечностей // Аспирантский вестник Поволжья. 2010. № 3–4. С. 108–113.
4. Коршуннов С. Д., Давлетьярова К. В., Каплевич Л. В. Биомеханические характеристики ходьбы у детей с врожденными расстройствами локомоций // Вестник Томского государственного университета. 2014. № 387. С. 203–207.
5. Kertley C. *Clinical Gait Analysis: Theory and Practice*. Edinburgh; New York: Elsevier, 2006, 309 p.
6. Lower body modeling with Plug-in Gait. Vicon information site on the operation of Vicon equipment. URL: <https://docs.vicon.com/display/Nexus25/Lower+body+modeling+with+Plug-in+Gait#LowerbodymodelingwithPluginGait-MarkerPlacementLower> (дата обращения: 02.06.2022).

modeling+with+Plug-in+Gait#LowerbodymodelingwithPluginGait-MarkerPlacementLower (дата обращения: 02.06.2022).

7. Upper body modeling with Plug-in Gait. Vicon information site on the operation of Vicon equipment. URL: <https://docs.vicon.com/display/Nexus25/Upper+body+modeling+with+Plug-in+Gait#UpperbodymodelingwithPluginGait-MarkerPlacementUpper> (дата обращения: 05.06.2022).

## References

1. Skvortsov D. V. *Klinicheskij analiz dvizhenij* [Clinical analysis of movements]. Ivanovo, Publishing house SPC “Stimulus”, 1996. 344 p. (in Russian).
2. Avetisova A. A. *Development and justification of orthopedic supply structures for amputation foot defects*. Thesis Diss. Cand. Sci. (Tech.). Moscow, 2004. 27 p. (in Russian).
3. Katorkin S. E., Sizonenko Y. V. Clinico-biomechanical research methods of gait pathology in patients with chronic venous insufficiency of lower extremities. *Aspirantskij vestnik Povolzh'ja* [Postgraduate Bulletin of the Volga region], 2004, no. 3–4, pp. 108–113 (in Russian).
4. Korshunov S. D., Davletiyarova K. V., Kapilevich L. V. Biomechanical characteristics of gait of children with congenital locomotion disorders. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk State University Journal], 2014, no. 387, pp. 203–207 (in Russian).
5. Kertley C. *Clinical Gait Analysis: Theory and Practice*. Edinburgh; New York, Elsevier, 2006, 309 p.
6. Lower body modeling with Plug-in Gait. Vicon information site on the operation of Vicon equipment. Available at: <https://docs.vicon.com/display/Nexus25/Lower+body+modeling+with+Plug-in+Gait#LowerbodymodelingwithPluginGait-MarkerPlacementLower> (accessed 2 June 2022).
7. Upper body modeling with Plug-in Gait. Vicon information site on the operation of Vicon equipment. Available at: <https://docs.vicon.com/display/Nexus25/Upper+body+modeling+with+Plug-in+Gait#UpperbodymodelingwithPluginGait-MarkerPlacementUpper> (accessed 5 June 2022).

Поступила в редакцию 12.10.2022; одобрена после рецензирования 16.11.2022; принята к публикации 20.12.2022  
The article was submitted 12.10.2022; approved after reviewing 16.11.2022; accepted for publication 20.12.2022