Дата публикации: 01.06.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_14
УДК 612

Publication date: 01.06.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_14
UDC 612

АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СКОРОСТНЫЕ КАЧЕСТВА В ФУТБОЛЕ

И.М. Мазикин[1], М.В. Акулина[2], М.М. Лапкин[2], Н.Н. Сентябрев[3], Г.В. Пономарева[2]

[1]Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования города Москвы «Московский государственный университет спорта и туризма», г. Москва, Россия

[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Рязань, Россия

[3]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградская государственная академия физической культуры», г. Волгоград, Россия

Аннотация. Цель исследования – выявить и проанализировать взаимосвязи между физиологическими и биомеханическими показателями различных тестирований с результативностью скоростных качеств у юношей-футболистов различных команд. В исследовании приняли участие две группы футболистов из команд ГБУ ФСО «Юность Москвы», в которых были найдены статистически значимые различия по показателям физической работоспособности, силе мышц ног в различных режимах работы, по латеральной асимметрии и функциональному балансу. С помощью корреляционного анализа выявлены различные взаимосвязи (по направлению и силе) между параметрами физической работоспособности, биомеханики и результатами бега на спринтерские дистанции. Полученные результаты исследования определяют различия в системной организации тренировочного процесса и целенаправленного поведения футболистов при реализации скоростных качеств.

Ключевые слова: футболисты, физическая работоспособность, латеральная асимметрия, функциональный баланс, результативность в скоростных качествах.

ANALYSIS OF PHYSIOLOGICAL AND BIOMECHANICAL PARAMETERS AFFECTING SPEED PERFORMANCE IN FOOTBALL

I.M. Mazikin[1], M.V. Akulina[2], M.M. Lapkin[2], N.N. Sentyabrev[3], G.V. Ponomareva[2]

[1]Moscow State University of Sports and Tourism, Moscow, Russia

[2]Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia

[3]Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, Russia

Abstract. The aim of the study is to identify and analyze the relationship between the physiological and biomechanical indicators of various tests with the effectiveness of speed qualities in young football players of various teams. The study involved two groups of football players from the teams of sports school of the Olympic reserve “Sports and sports association “Youth of Moscow”, in which statistically significant differences were found in terms of physical performance, leg muscle strength in various modes of operation, lateral asymmetry and functional balance. Correlation analysis revealed various relationships (in terms of direction and strength) between the parameters of physical performance, biomechanics, and the results of sprinting. The results of the study determine the differences in the systematic organization of the training process and the purposeful behavior of football players in the implementation of speed qualities.

Keywords: football players, physical performance, lateral asymmetry, functional balance, performance in speed qualities.

Введение. Подготовка в футболе на этапе конкретной специализации является основой для развития и совершенствования скоростных способностей игроков. Исходя из мета-анализа литературных данных, актуальной задачей тренеров по общей физической подготовке в процессе подбора результативных упражнений является поиск эффективных средств для развития скоростных качеств футболистов. Уровень развития скоростных способностей определяет качество технической подготовленности футболистов [1, 2]. Результативность спортивной деятельности и систематизация компонентов в логической схеме тренировочного процесса в настоящее время часто рассматривается с позиций теории функциональных систем П.К. Анохина и К.В. Судакова [3].

Так же известно, что многолетняя подготовка на различных тренировочных этапах и циклах не всегда проходит поступательно и равномерно. Для того чтобы произошел скачок развития в скорости, которая необходима футболисту, необходимо отслеживать возрастные изменения, рост физической подготовленности и работоспособности. На успешность реализации скорости как физического качества влияют и некоторые биомеханические параметры [4]. Исходя из вышеизложенного материала, появляется необходимость оценки зависимости скоростных качеств от физиологических и биомеханических показателей в футболе. Современные методы математической статистики, в частности корреляционный анализ, позволяют установить различные взаимосвязи при анализе результатов спортивной деятельности, которые характеризуют системную организацию физиологических механизмов организма человека при формировании его целенаправленного поведения [5, 6].

Цель исследования – выявить и проанализировать взаимосвязи между физиологическими и биомеханическими показателями, а также показателями результативности скоростных качеств у юношей футболистов в различных по уровню подготовки командах.

Методы и организация исследования. Оценку скоростных качеств (прибор Microgate Racetime 2), физической работоспособности (PWC_{170}, велоэргометр Lode Corival) [7], биомеханических параметров (HUMAC NORM, CSMi Medical Solutions) проводили в лабораторных условиях на базе ГКУ «ЦСТ и СК» Департамента спорта г. Москвы с октября 2024 г. по март 2025 г. Участники исследования – 40 футболистов мужского пола, являющиеся игроками команд «Спартак-2» и «Буревестник» ГБУ ФСО «Юность Москвы» (1 и 2 спортивные разряды, возраст 18±2 года, масса тела 70,4 ±8,6 кг), имеющие допуски от спортивного врача, отраженные в системе «ИАС Спорт» и подписавшие договор согласия на участие в исследованиях (протокол ЛЭК № 6 от 11.12.2023 г). Для математической обработки полученных результатов спортивной деятельности исследуемых футболистов была применена программа Statistica 12.0. Нормальность распределения данных в двух группах оценивалась по критерию Шапиро-Уилка. Так как в нашем исследовании массивы сравниваемых данных не описывались нормальным распределением, для выявления достоверных различий применялся U-критерий Манна-Уитни. Данные представлены в виде медиан и квартилей Me [Q1; Q3]. Для выявления характера и типа взаимосвязей между параметрами участников исследования нами был использован непараметрический метод корреляционного анализа (R-Спирмена) (рис. 1).

Результаты исследования и их обсуждение. По показателям оценки результативности скоростных качеств в беговых дисциплинах исследуемых футболистов команд «Спартак-2» и «Буревестник» ГБУ ФСО «Юность Москвы» методом сравнительного анализа U-критерия Манна-Уитни были найдены достоверные различия. Все параметры определения скоростных качеств тестирования были стандартизированы. Футболисты первой команды (Спартак-2) (n=20) характеризовались высокими скоростными показателями, футболисты второй команды (Буревестник) (n=20), напротив, пробежали данные дистанции относительно медленно по сравнению с первой командой. Фиксировались показатели скорости по электронному хронометражу (рис. 2).

На этапе анализа уровня физической работоспособности (нагрузочный тест PWC_{170}) футболистов, принимавших участие в исследовании, рассчитывался нормированный относительный показатель PWC_{170} (Вт/кг). Основу теста PWC_{170} составляет определение мощности физической нагрузки, при которой пульс достигает 170 уд/мин. Данный уровень частоты сердечных сокращений характеризуется тем, что при его достижении у взрослого человека складываются оптимальные соотношения между активностью системы дыхания и кровообращения, структура реакции организма наиболее экономична, а потребление кислорода может достигать 80% от максимального потребления кислорода (МПК). Статистически значимые отличия наблюдали у команды Спартак-2 – 3,8 [3,6; 4,0] по сравнению с командой Буревестник – 2,0 [1,65; 2,3] ($p<0,004$).



Рис. 1. Дизайн, этапы и методы проведения исследования

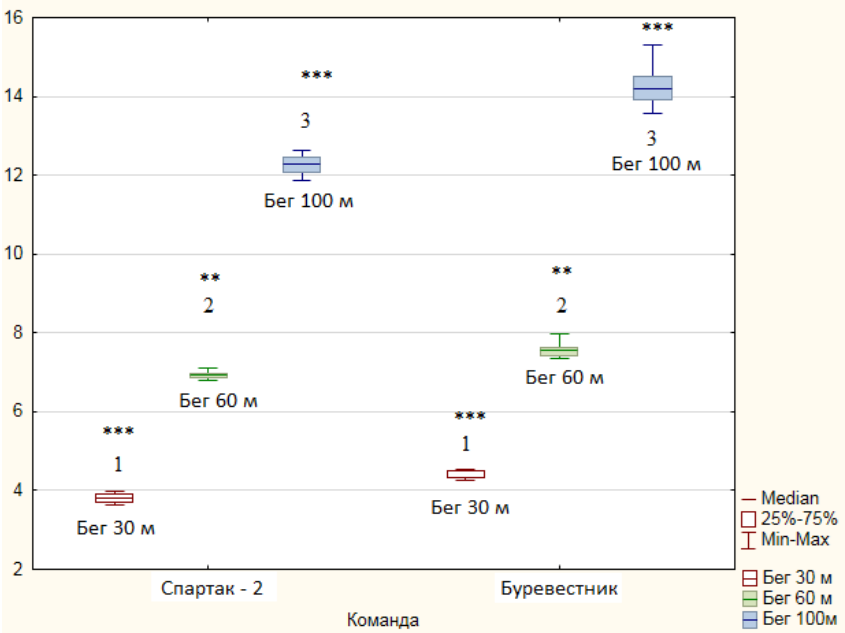


Рис. 2. Результативность футболистов по скоростным параметрам беговых тестирований
Примечание: по оси ординат величины указаны в секундах.

Также были обнаружены достоверные отличия показателей биомеханических характеристик изокинетического тестирования нижних конечностей (сила крупных мышц ног (m. biceps femoris и m. quadriceps femoris) в различных режимах работы, также латеральная асимметрия и функциональный баланс между двумя ногами) у спортсменов разных футбольных команд (рис. 3, 4). Изокинетическое тестирование направлено на оценку сбалансированности силовых способностей мышц передней и задней поверхности бедра, проявляемых спортсменом в изолированном сгибании-разгибании коленного сустава при постоянной скорости 60 °/с.

Значения максимальной силы как m. biceps femoris, так и m. quadriceps femoris, на обеих ногах были достоверно выше у спортсменов команды Спартак-2, по сравнению с командой Буревестник (рис. 3) ($p<0,001$).

Баланс оценивался по показателям максимальной силы (соотношение максимального момента силы к весу тела) (Нм/кг), латеральной асимметрии (процентное соотношение максимальной силы одноименных мышц левой и правойноги) и функциональному балансу (процентное соотношение максимальной силы мышц-антагонистов одной ноги) (рис. 4).

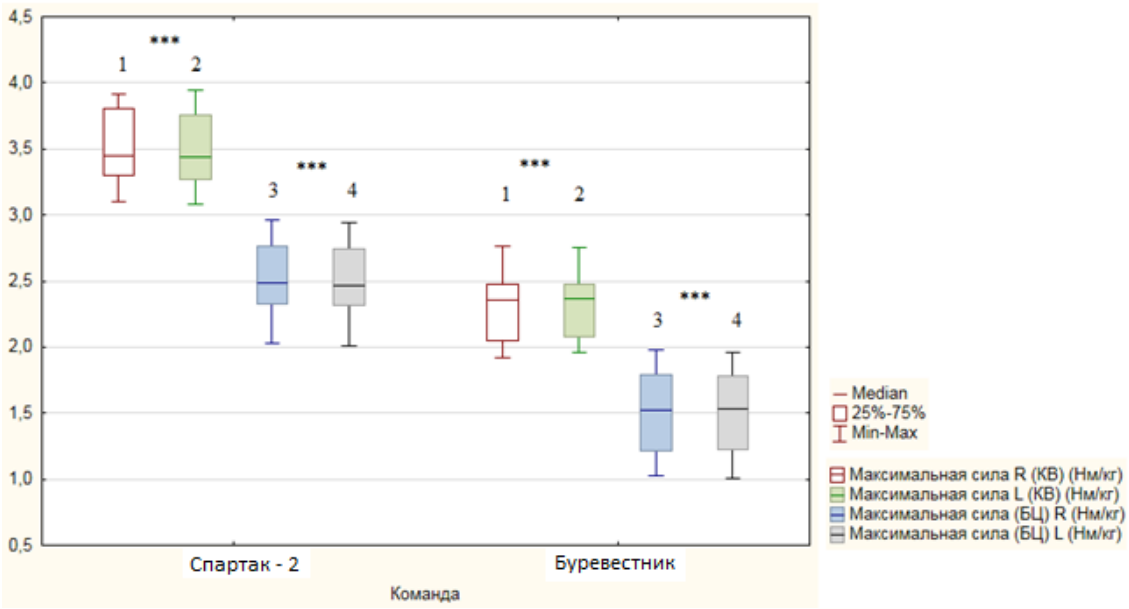


Рис. 3. Достоверные отличия базовых изокинетических характеристик по максимальной силе ног футболистов в различных режимах биомеханического тестирования

Примечание: по оси ординат величины указаны в Нм/кг; БЦ – m. biceps femoris, КВ – m. quadriceps femoris, R – правая нога, L – левая нога.

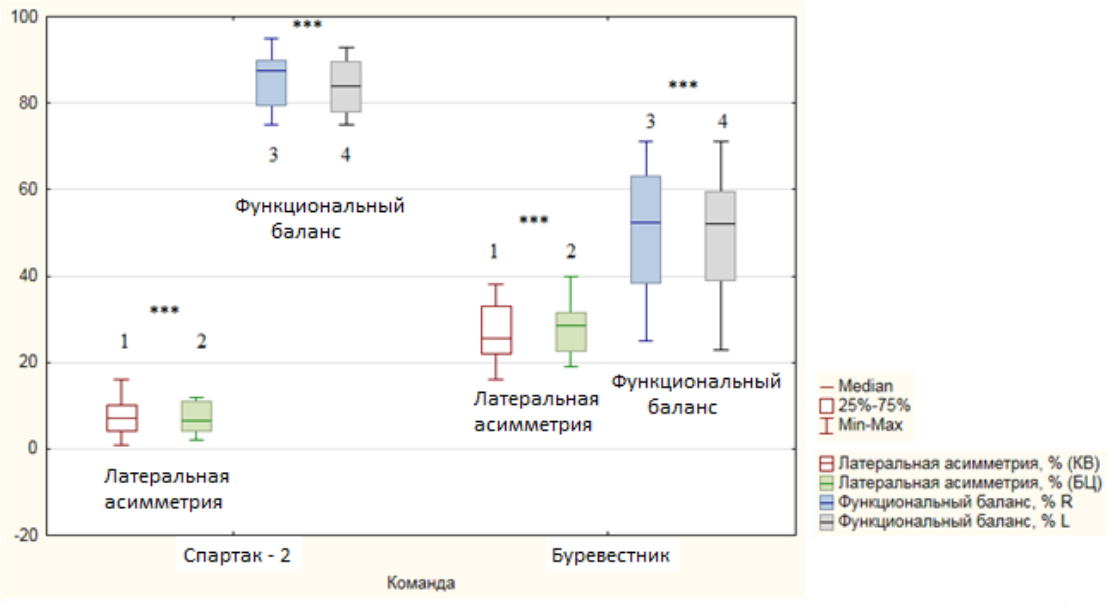


Рис. 4. Достоверные отличия базовых изокинетических характеристик по латеральной асимметрии и функциональному балансу ног футболистов в различных режимах биомеханического тестирования

Примечание: по оси ординат величины указаны в %; БЦ – m. biceps femoris, КВ – m. quadriceps femoris, R – правая нога, L – левая нога.

На следующем этапе выполнялся поиск корреляционных связей по непараметрическому критерию Rs-Спирмена. В результате анализа были выявлены взаимосвязи между исследуемыми параметрами нагрузочного теста, биомеханических особенностей футболистов и результатами беговых тестирований (скоростные качества), которые имели различный характер у футболистов разных команд (рис. 5).

В первой команде обнаружена одна отрицательная (Rs= -0,485) корреляционная связь средней силы между физиологическим параметром (относительный показатель PWC_{170} (Вт/кг)) и бегом на 100 м. Также выявлены четыре положительные прямые связи между показателями бега на 30 м и 100 м и биомеханическими параметрами максимальной силы m. biceps femoris правой и левой ног (Rs=0,545, Rs=0,553), (Rs=0,642, Rs=0,629). Функциональный баланс правой и левой ноги напрямую связан (Rs=0,578, Rs = 0,621) со скоростными характеристиками (максимальная скорость на 100 м) (рис. 5).

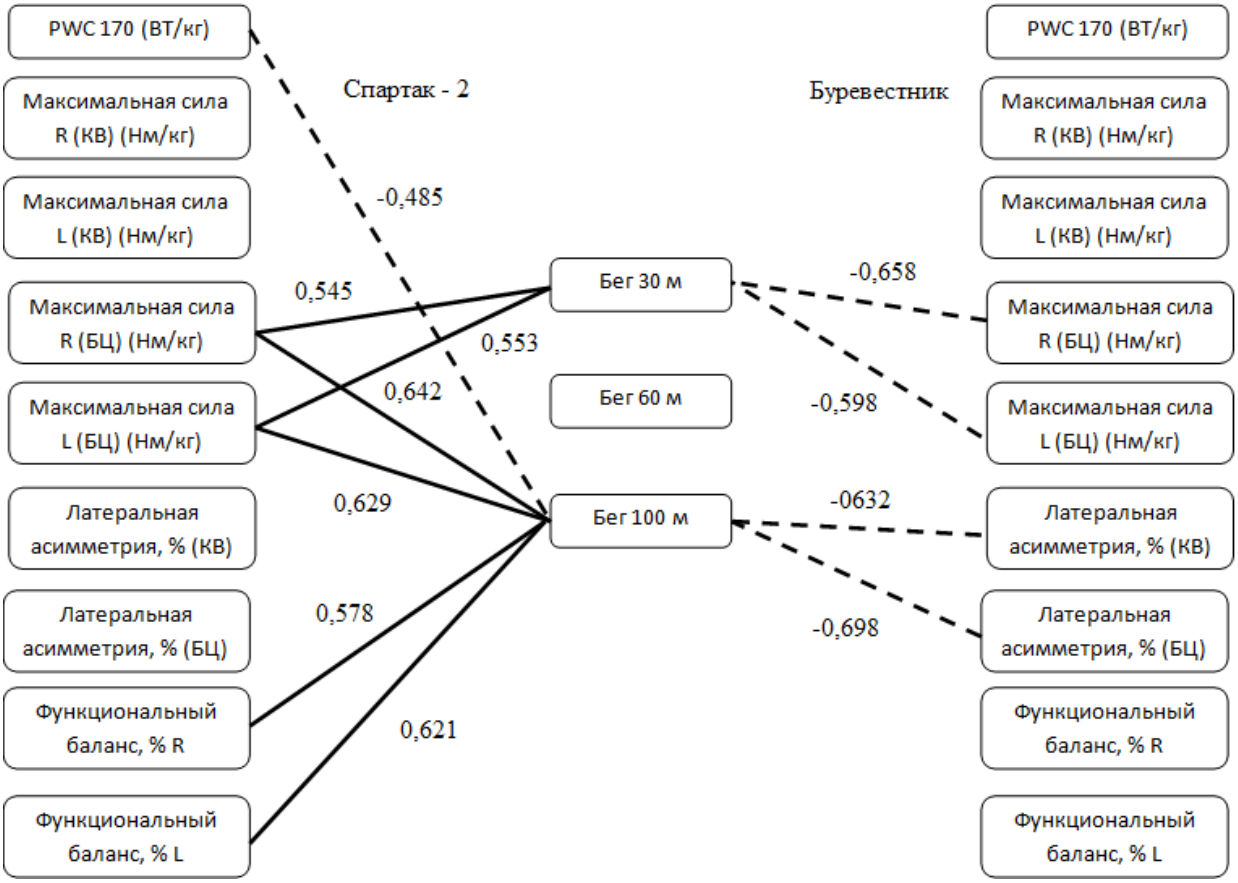


Рис. 5. Результаты корреляционного анализа между физиологическими и изокинетическими характеристиками и скоростными параметрами беговых тестирований футболистов

Примечание: Rs – коэффициент корреляции Спирмена. Сплошные линии – положительные корреляции, штриховые линии – отрицательные корреляции; толщина линий отражает силу корреляций (тонкие линии – Rs от 0,1 до 0,29 – слабые корреляционные связи, полужирные линии – Rs от 0,3 до 0,69 – корреляционные связи средней силы, жирные линии – Rs от 0,7 до 1 – сильные корреляционные связи).

У футболистов второй команды обнаружены средние отрицательные корреляционные связи (Rs = -0,658; Rs = -0,598) между максимальной силой m. biceps femoris правой и левой ног и результативностью бега на 30 м, а также отрицательно взаимосвязаны параметры латеральной асимметрии правой и левой ног и максимальная скорость в беге на 100 м (Rs = -0,632; Rs = -0,698).

Значения коэффициента корреляции Rs средней силы были выявлены между параметрами, которые можно определить, как

ведущие критерии, влияющие в системной организации на успешность реализации скоростных качеств.

На основе сравнительного анализа U-критерия Манна-Уитни установлены различия у футболистов двух команд по характеристикам результативности бегового тестирования, изокинетического теста и физической работоспособности. Исследование показало, что ранняя диагностика работоспособности футболистов на тренировочном этапе и всех факторов, которые связаны с ней, положительно влияет на развитие скоростных качеств и специальной выносливости, на игроков всех амплуа в команде. Это подтверждается работами Nocera A. ets. (2023) [8].

Латеральная асимметрия более 15% считается существенным мышечным дисбалансом (то есть одна нога значительно сильнее другой). Для спортсменов с высокой латеральной асимметрией, где одна нога сильнее другой, характерно снижение результата в беге на дистанции более 60 м. Функциональный баланс между мышцами-антагонистами менее 60% говорит о недостаточной силовой подготовленности мышц задней поверхности бедра по отношению к мышцам передней поверхности той же ноги. Существенные отклонения баланса от нормы могут приводить к травмам и снижению спортивного результата в длинном спринте, в т.ч. и на протяжении всего матча. При выявлении таких отклонений необходимо уделить дополнительное внимание силовой подготовке отстающих мышечных групп, что согласуется с мнением Prieto-Lage I, Argibay-González JC (2021) [9].

Обнаруженные взаимосвязи отдельных параметров изокинетического тестирования (латеральной асимметрии и функционального баланса правой и левой ног) с показателями скоростных качеств указывают на достаточно выраженную интеграцию двигательных качеств, отражающую состояние системной организации и, соответственно, влияющую на успешность реализации скоростных качеств. Это согласуется с данными Alt T., Komnik I., Severin J., et al. (2021) [10], где выявлена необходимость дополнительного учета биоимпедансного анализа состава тела при интерпретации результатов в скоростных тестах.

Заключение. Следовательно, в профессиональном футболе индивидуальные различия в работоспособности и биомеханических характеристиках нижних конечностей демонстрируют системную взаимосвязь с результатами скоростных качеств на определенных циклах тренировочного процесса. Использование системного подхода для изучения и анализа физиологических и биомеханических параметров нижних конечностей у футболистов может помочь в правильном выборе направленности тренировочного процесса, нацеленном на ликвидацию дисбаланса и латеральной асимметрии у футболистов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ взаимосвязи параметров состава тела с параметрами скоростных качеств у футболистов на этапе углубленной специализации / Ш.Ш. У. Эркинов, С.С. Шукурова, Б.Н. Акрамов [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21. – № S1. – С. 38-44. – DOI: 10.14529/hsm21s106.
2. Калинин, Д.И. Развитие основных физических качеств футболистов / Д.И. Калинин // Молодой ученый. – 2016. – № 19(123). – С. 426-428.
3. Взаимосвязь результативности бегового теста и мотивационной структуры личности / И.М. Мазикин, М.М. Лапкин, М.В. Акулина [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2025. – № 1. – С. 42-44.
4. Влияние биомеханических характеристик девушек-спринтеров на результативность нагрузочного тестирования / И.М. Мазикин, М.М. Лапкин, А.Л. Похачевский [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2024. – № 2. – С. 27-29.
5. Мазикин, И.М. Системная организация целенаправленной деятельности у спортсменок-спринтеров при выполнении нагрузочного теста / И.М. Мазикин, М.М. Лапкин, А.Л. Похачевский // Материалы ежегодной научной конференции, посвященной Десятилетию науки и

технологий и 80-летию Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, 2023. – С. 13-15.
6. Monitoring Accumulated Training and Match Load in Football: A Systematic Review / J.E. Teixeira, P. Forte, R. Ferraz [et al.] // Int J Environ Res Public Health. –2021. – Vol. 18(8). – P. 3906. DOI: 10.3390/ijerph18083906.
7. Effects of Intensity Modulated Total-Body Circuit Training Combined with Soccer Training on Physical Fitness in Prepubertal Boys after a 6-Month Intervention / M. Boraczyński, T. Boraczyński, J. Gajewski [et al.] // J Hum Kinet. – 2021. – No. 80. – P. 207-222. DOI: 10.2478/hukin-2021-0102.
8. Physiological and Biomechanical Monitoring in American Football Players: A Scoping Review / A. Nocera, A. Sbrollini, S. Romagnoli [et al.] // Sensors (Basel). – 2023. – Vol. 23(7). – P. 35-38. DOI: 10.3390/s23073538.
9. Patterns of Injury in the Spanish Football League Players / I. Prieto-Lage, J.C. Argibay-González, A. Paramés-González [et al.] // Int J Environ Res Public Health. – 2021. – Vol. 19(1). – P. 252. DOI: 10.3390/ijerph19010252.
10. Swing Phase Mechanics of Maximal Velocity Sprints-Does Isokinetic Lower-Limb Muscle Strength Matter / T. Alt, I. Komnik, J. Severin [et al.] // Int J Sports Physiol Perform. – 2021. – Vol. 16(7). – P. 974-984. DOI: 10.1123/ijspp.2020-0423.

REFERENCES

1. Erkinov Sh.Sh., Shukurova S.S., Akramov B.N., Erdonov O.L., Pulatova M.D. Correlation between body composition and speed qualities in football players at the stage of sports specialization. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. S1, pp. 38-44. DOI: 10.14529/hsm21s106.
2. Kalinin D.I. Development of main physical qualities of soccer players. *Young Scientist*, 2016, no. 19 (123), pp. 426-428. (in Russ.)
3. Mazikin I.M., Lapkin M.M., Akulina M.V., Kulikova N.A., Poryadkov S.S. The relationship between the performance of the running test and the motivational structure of the person. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2025, no. 1, pp. 42-44. (in Russ.)
4. Mazikin I.M., Lapkin M.M., Pokhachevskij A.L, Akulina M.V., Volkov V.F. Influence of biomechanical characteristics of female sprinters on the performance of load testing. Practice of Physical Culture, 2024, no. 2, pp. 27-29. (in Russ.)
5. Mazikin I.M. Lapkin M.M., Pokhachevskij A.L. Systematic organization of purposeful activity among female sprinters in a stress test. Materials of the Annual Scientific Conference dedicated to the Decade of Science and Technology and the 80th Anniversary of the Ryazan State Medical University. Ryazan: Ryazan State Medical University, 2023. pp. 13-15. (in Russ.)
6. Teixeira J.E., Forte P., Ferraz R. et al. Monitoring Accumulated Training and Match Load in Football: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, vol. 18(8), p. 3906. DOI: 10.3390/ijerph18083906.
7. Boraczyński M., Boraczyński T., Gajewski J., Kamelska-Sadowska A.M., Gronek P., Laskin J. Effects of Intensity Modulated Total-Body Circuit Training Combined with Soccer Training on Physical Fitness in Prepubertal Boys after a 6-Month Intervention. *J Hum Kinet*, 2021, no. 80, pp. 207-222. DOI: 10.2478/hukin-2021-0102.
8. Nocera A., Sbrollini A., Romagnoli S., Morettini M., Gambi E., Burattini L. Physiological and Biomechanical Monitoring in American Football Players: A Scoping Review. *Sensors (Basel)*, 2023, vol. 23(7), pp. 35-38. DOI: 10.3390/s23073538.
9. Prieto-Lage I., Argibay-González J.C., Paramés-González A., Pichel-Represas A., Bermúdez-Fernández D., Gutiérrez-Santiago A. Patterns of Injury in the Spanish Football League Players. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, vol. 19(1), pp. 252. DOI: 10.3390/ijerph19010252.
10. Alt T., Komnik I., Severin J. et al. Swing Phase Mechanics of Maximal Velocity Sprints-Does Isokinetic Lower-Limb Muscle Strength Matter. *Int J Sports Physiol Perform*, 2021, vol. 16(7), pp. 974-984. DOI: 10.1123/ijspp.2020-0423.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Иван Михайлович Мазикин – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии спорта и физического воспитания Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования города Москвы «Московский государственный университет спорта и туризма», Москва, Россия, e-mail: ivan_triple_jump@mail.ru.
Мария Викторовна Акулина – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры нормальной физиологии с курсом психофизиологии Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова, Рязань, Россия, e-mail: akulina_mariya@mail.ru.
Михаил Михайлович Лапкин – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой нормальной физиологии с курсом психофизиологии Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова, Рязань, Россия, e-mail: lapkin_rm@mail.ru.

Николай Николаевич Сентябрев – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры медико-биологических дисциплин Волгоградской государственной академии физической культуры, Волгоград, Россия, e-mail: nnsentyabrev@mail.ru.
Галина Владимировна Пономарева – кандидат педагогических наук, доцент, зав. кафедрой физического воспитания, лечебной физкультуры и спортивной медицины Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова, Рязань, Россия, e-mail: g.ponomareva@rzgmu.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Ivan M. Mazikin – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at Moscow State University of Sports and Tourism, Moscow, Russia, e-mail: ivan_triple_jump@mail.ru.
Maria V. Akulina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology with a course of Psychophysiology at Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia, e-mail: akulina_mariya@mail.ru.
Mikhail M. Lapkin – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Normal Physiology with a course of psychophysiology at Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia, e-mail: lapkin_rm@mail.ru.
Nikolaj N. Sentyabrev – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Biomedical Disciplines at Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, Russia, e-mail: nnsentyabrev@mail.ru.
Galina V. Ponomareva – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education, Physical Therapy and Sports Medicine at Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia, e-mail: g.ponomareva@rzgmu.ru.

Для цитирования: Анализ физиологических и биомеханических параметров, влияющих на скоростные качества в футболе / И.М. Мазикин, М.В. Акулина, М.М. Лапкин [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_14

For citation: Mazikin I.M., Akulina M.V., Lapkin M.M., Sentyabrev N.N., Ponomareva G.V. Analysis of physiological and biomechanical parameters affecting speed performance in football. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_14