

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФАЗОВОГО УГЛА И СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ СПОСОБНОСТЕЙ В ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКЕ

В. Д. Емельянов¹, В. А. Капустинская¹, А. П. Бровкин¹, Е. А. Шуршилина²

¹Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

²Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

Аннотация. Статья посвящена исследованию функциональной подготовленности студенток-легкоатлеток на основе биоимпедансометрии. Параметр фазового угла служит индикатором общего клеточного здоровья, отражающим уровень общей работоспособности и интенсивности обмена веществ спортсменок. Показатели Вингейт-теста применяют для оценки уровня развития алактатной системы энергообеспечения. Взаимосвязь показателей данных тестов позволит индивидуализировать тренировочную нагрузку студенток-легкоатлеток.

Ключевые слова: легкая атлетика, физическая подготовленность, функциональная подготовленность.

Актуальность. Бег на короткие дистанции носит скоростно-силовую направленность в проявлении физических качеств спортсменок, что обуславливает необходимость определенного уровня анаэробной работоспособности. Наиболее доступными методами оценки соответствующих функциональных показателей являются метод биоимпедансометрии и Вингейт-тест.

Проблема, цель, задачи. Проблема исследования заключается в установлении взаимосвязи между показателями фазового угла и физической подготовленности легкоатлеток, как одного из информативных методов контроля. Цель исследования: совершенствовать процесс контроля функциональной подготовленности студенток, специализирующихся в беге на короткие дистанции. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: провести анализ компонентного состава тела спортсменок, уровень проявления мощности и силы нижних конечностей и выявить взаимосвязь между показателями фазового угла и анаэробной производительностью.

Материалы и методы исследования. В исследовании приняли участие 17 студенток, занимающихся легкой атлетикой и специализирующихся в беге на короткие дистанции. Возраст спортсменок от 17 до 19 лет, спортивная квалификация — от 2-го взрослого разряда до КМС. Оценка физической подготовленности проводилась методами биоимпедансометрии на анализаторе состава тела «InBody770», динамометрической установки Knee-ProAntexLab, тензоплатформы АСПП2 и Вингейт-теста.

Результаты и их обсуждение. Выявленная корреляционная зависимость с показателями высоты прыжка подтверждает, что спортсменки достигают большей высоты прыжка за счет быстрой мобилизации энергетических ресурсов; роль анаэробной выносливости в обеспечении стабильности и эффективности выполнения прыжка, особенно в условиях повторяющихся нагрузок.

Выводы и заключение. Определены показатели фазового угла как потенциального биомаркера для мониторинга состояния спортсменок. Полученные данные подчеркивают необходимость комплексного подхода к оценке физической подготовленности легкоатлеток с применением неинвазивных методов.

Введение. Высокий уровень конкуренции, неуклонная профессионализация и коммерциализация спорта обусловили рост соревновательных и тренировочных нагрузок даже в студенческом спорте. Эта тенденция характерна и для легкой атлетики, где происходит постоянный поиск эффективных путей управления тренировочным процессом. Бег на короткие дистанции — дисциплина, результат в которой зависит от проявления спортсменом физических качеств и двигательных способностей, прирост показателей которых зависит от состава мышечных тканей, эффективности энергообеспечения двигательной деятельности.

Добиться высоких результатов в спринте можно за счет оптимизации соотношения тренировочных нагрузок различной направленности с учетом индивидуальных особенностей функционального состояния спортсменок. Это обуславливает необ-

ходимость системного анализа функциональных систем организма на всех этапах подготовки, что позволит индивидуализировать тренировочные программы и прогнозировать динамику роста показателей.

Изучение существующих научных исследований показало, что управление состоянием спортсменок должно строиться на объективной и многофакторной оценке физической и функциональной подготовленности. Именно показатели функциональной подготовленности спортсменок позволяют оценить физическую работоспособность во взаимосвязи с индивидуальными особенностями физического развития [5. С. 108–111].

Для оптимизации планирования тренировочных нагрузок необходимо учитывать индивидуальные биометрические параметры спортсмена. Такие данные, как особенности состава тела, включая соотношение мышечной и жировой массы, уровня содержания воды и минералов в организме, показатели ИМТ, уровень гидратации и метаболические маркеры, — рассматриваются как значимые факторы, определяющие высокую результативность спортивной деятельности.

В условиях повышенных требований к персонализации контроля физического состояния особую диагностическую ценность представляет биоимпедансный анализ (БИА). Данный метод, характеризующийся оперативностью и неинвазивностью, позволяет количественно оценить компонентный состав тела на основе измерения импеданса биологических тканей. БИА обеспечивает комплексную оценку широкого спектра морфофункциональных показателей организма, что делает его одним из ключевых инструментов в практике мониторинга биометрических параметров [2. С. 109–115].

Фазовый угол (ФУ), среди множества параметров, оцениваемых с помощью биоимпедансного анализа, показывает общий уровень работоспособности организма. По изменению динамики метаболических процессов можно судить о емкостных свойствах клеточных мембран и интенсивности обмена веществ. Увеличение значений фазового угла (ФУ) — количественного индикатора состояния мышечной ткани — указывает на улучшение ее структурно-функциональных характеристик и ассоциировано со снижением маркеров биологического возраста организма, так как напрямую связан с процессами адаптации к нагрузкам и скоростью восстановления [3. С. 21–24].

Сниженные значения ФУ соотносят с нарушением диэлектрических свойств клеточных мембран и повышением доли дегенерированных клеток в тканях. Напротив, увеличенные значения ФУ отражают оптимизацию емкостного сопротивления мембран, свидетельствующую об улучшении их функционального состояния и, как следствие, жизнеспособности самих клеток. На основании этого полагают, что чем больше величина ФУ, тем лучше состояние организма. В контексте спортивной медицины повышенный ФУ ассоциирован с большей долей активной клеточной массы и интерпретируется как объективный маркер уровня тренированности [1. С. 74–76].

Цель исследования: совершенствовать процесс контроля функциональной подготовленности студентов, специализирующихся в беге на короткие дистанции.

Задачи исследования: провести анализ компонентного состава тела спортсменок, уровень проявления мощности и силы нижних конечностей и выявить взаимосвязь между показателями фазового угла и анаэробной производительностью.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на базе научно-исследовательского института Поволжского ГУФКСИТ с участием 17 студенток, занимающихся легкой атлетикой и специализирующихся в беге на короткие дистанции. Возраст спортсменок от 17 до 19 лет, спортивная квалификация — от 2-го взрослого разряда до КМС. Исследование выполнялось в утренние часы (с 9:00 до 10:00) в стандартизированных условиях: натощак, после предварительного дня отдыха. Прыжковый и Вингейт-тест проводились в разные дни.

Биоимпедансное обследование проводилось на анализаторе состава тела «InBody770» — современном устройстве, обеспечивающем высокоточную оценку морфофункциональных параметров за счет комбинации многочастотного тока и сегментарного анализа.

Перед началом измерения испытуемая вставала на измерительную платформу прибора босиком, четко фиксируя стопы на поверхности контактных электродов. Для обеспечения точности данных использовался тетраполярный 8-точечный тактильный метод, предполагающий размещение электродов не только на стопах, но и на руках. Испытуемая держала ручные электроды таким образом, чтобы большие пальцы находились на верхних овальных контактах.

Позиция тела строго регламентировалась: руки выпрямлены и не касались туловища, ноги не соприкасались друг с другом. Такое положение обеспечивало равномерное распределение электрического импульса. После автоматического измерения веса тела в систему вручную вносились персональные параметры — пол, возраст и рост, необходимые для корректной интерпретации результатов.

Для фиксации показателей анаэробной производительности применялся механический ножной велоэргометр MonarkPeakBike 894E. В ходе предварительной подготовки в программное обеспечение тестирующей системы вносились индивидуальные антропометрические параметры каждой спортсменки (дата рождения, пол, рост, масса тела). Процедура тестирования соответствовала стандартизированному протоколу анаэробного Вингейт-теста. На подготовительном этапе производилась индивидуальная регулировка высоты сиденья велоэргометра до положения, обеспечивающего незначительное сгибание ноги в коленном суставе при нахождении педали в нижней точке.

Величина механической нагрузки устанавливалась пропорционально массе тела спортсменки и составляла 7,5 % от данного показателя. Заданное сопротивление автоматически прикладывалось к педальной системе в момент достижения испытуемой частоты педалирования 100 оборотов в минуту. Непосредственно тестовая нагрузка заключалась в максимально интенсивном педалировании, которое продолжалось ровно 5 секунд. В ходе выполнения теста регистрировались следующие ключевые показатели анаэробной производительности: PP — Peakpowerwatts (абсолютная пиковая мощность, Вт); PPW/kg — Peakpowerwatts/kg (относительная пиковая мощность, Вт/кг); TRP — Timereakpowersec (время достижения пиковой мощности, мс), APW/kg — Averagepowerwatts (средняя мощность) [4. С. 119–123].

Сила мышц нижних конечностей оценивалась с использованием динамометрической установки Knee-ProAntexLab. Регистрировались два режима мышечного сокращения: изометрический и изотонический (концентрический). Тестирование изометрической силы разгибателей коленного сустава выполнялось при фиксированных углах сгибания: 90°, 120° и 150°. Каждое измерение проводилось однократно с интервалом отдыха 30 секунд для минимизации эффекта утомления. В концентрическом режиме использовалось угловое ускорение 30 гр/с для стандартизации динамического усилия.

Количество попыток составило 1 для исключения влияния повторных нагрузок на результат.

Кинетические характеристики прыжка в высоту с места регистрировались с помощью тензоплатформы АСП2. Испытуемая выполняла однократный вертикальный прыжок в высоту с места из стандартного исходного положения — стойка ноги врозь, руки на пояс. Перед контрольным прыжком выполнялись несколько (4–5) разминочных прыжков.

Результаты исследования и их обсуждение.

В ходе тестирования были выявлены слабые и умеренные положительные корреляции фазового угла с мощностью. Фазовый угол туловища (TR) демонстрирует умеренную связь с относительной пиковой и средней мощностью $r=0,27$ и $r=0,32$ соответственно. Фазовый угол правой ноги (RL) и всего тела также показывают слабые корреляции с PP ($r=0,25$) и AP ($r=0,24$). Фазовый угол левой ноги (LL) имеет минимальное влияние на мощность ($r=0,11–0,12$). Все параметры фазового угла слабо коррелируют с tPP ($r=0,25–0,35$), что указывает на отсутствие значимой связи между клеточным здоровьем и скоростью мобилизации энергии. Низкие коэффициенты корреляции (в среднем $r<0,4$) указывают, что фазовый угол не является ключевым предиктором анаэробной производительности.

Показатели относительной и абсолютной пиковой мощности PP (Вт/кг), PP (Вт) и средняя мощность AP (Вт/кг), зафиксированные в 5-секундном Вингейт-тесте, демонстрируют умеренную положительную корреляцию с высотой прыжка, зафиксированной на тензоплатформе, $r=0,47$; $r=0,54$ и $r=0,46$.

Алактатные анаэробные процессы энергообеспечения отражены в показателях пиковой мощности и свидетельствуют о работоспособности фосфагенной системы, чем выше пиковая мощность, тем лучше способность мышечных волокон генерировать больше количество механической энергии в кратчайший временной промежуток за счет анаэробных систем. Выявленная корреляционная зависимость с показателями высоты прыжка подтверждает, что спортсменки достигают большей высоты прыжка за счет быстрой мобилизации энергетических ресурсов.

Показатель средней мощности (Averagepower) отражает интенсивность анаэробного гликолиза в активной мускулатуре и служит интегральным индикатором уровня развития скоростно-силовой выносливости. Её связь с прыжком подчеркивает роль анаэробной выносливости в обеспечении стабильности и эффективности выполнения прыжка,

особенно в условиях повторяющихся нагрузок (например, выполнения квалификационных и соревновательных попыток в горизонтальных и вертикальных прыжках легкой атлетики) [6].

Фазовый угол всего тела (50 кГц) демонстрирует сильную положительную корреляцию с высотой прыжка ($r=0,78$). Это свидетельствует о том, что спортсмены с более высокими значениями фазового угла, отражающими оптимизацию емкостных свойств клеточных мембран и тканевой жизнеспособности, достигают большей высоты прыжка. Физиологически это объясняется улучшенной передачей энергии в мышцах и снижением резистентности клеток.

Фазовый угол туловища (50 кГц) также тесно связан с высотой прыжка ($r=0,72$). Данная корреляция подчеркивает роль стабильности корпуса в эффективной передаче усилия от мышц туловища к нижним конечностям.

Фазовый угол правой (50 кГц, $r=0,63$) и левой ног (50 кГц, $r=0,59$) демонстрирует умеренную положительную связь с высотой прыжка. Это указывает, что локальное состояние мышц ног (состояние клеточных структур мышц ног) вносит вклад в прыгучесть, однако его влияние менее выражено по сравнению с показателями фазового угла всего тела.

Высокая корреляция между фазовыми углами ног ($r=0,97$) подтверждает симметричное распределение мышечной массы и функциональную сбалансированность, что является ключевым фактором профилактики травм и поддержания стабильности движений.

Заключение. Проведенное исследование позволило выявить ряд взаимосвязей между фазовым углом (ФУ), показателями анаэробной производительности (Вингейт-тест) и высотой прыжка у легкоатлетов, специализирующихся в скоростно-силовых дисциплинах. Установлено, что фазовый угол всего тела и туловища демонстрирует сильную корреляцию с высотой прыжка ($r=0,78$ и $r=0,72$ соответственно), что свидетельствует о важности общего клеточного здоровья и стабильности корпуса для эффективного выполнения взрывных движений. В то же время связь ФУ с показателями мощности в Вингейт-тесте оказалась слабой или умеренной ($r < 0,4$), что указывает на ограниченную роль фазового угла как предиктора анаэробной производительности в кратковременных нагрузках.

Статья поступила в редакцию 06.06.2025; одобрена после рецензирования 28.06.2024; принята к публикации 15.07.2025.

Несмотря на полученные результаты, для точного подтверждения выявленных закономерностей и установления причинно-следственных связей необходимы дополнительные исследования с увеличенной выборкой, учетом гендерных различий.

Таким образом, полученные результаты позволяют рассматривать фазовый угол как потенциальный биомаркер для контроля состояния спортсменов. Тем не менее, валидность и надежность его использования в современной практике спорта высших достижений требуют дальнейшего изучения. Данное исследование подчеркивает особую значимость комплексной оценки показателей физической подготовленности.

Список литературы

1. Аксенов, М. О. Построение тренировочного процесса спортсменов тяжелоатлетических видов спорта с учетом данных биоимпедансного анализа / М. О. Аксенов, А. В. Аксенова // Теория и практика физической культуры. 2015. № 12. С. 74–76
2. Боровик, С. Г. Динамика биоимпедансных показателей спортсменок, специализирующихся в беге на короткие дистанции / С. Г. Боровик, Д. В. Мостяков, В. А. Капустинская и др. // Казанская наука. 2024. № 9. С. 21–24.
3. Мельников, С. В. Сравнительный анализ компонентного состава тела пловцов различной квалификации / С. В. Мельников, А. Г. Нарский // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. 2014. № 2 (83). С. 109–115.
4. Павлов, С. Н. Динамика анаэробной производительности спортсменок, специализирующихся в беге на короткие дистанции / С. Н. Павлов, А. П. Бровкин, В. А. Капустинская // Наука и спорт: современные тенденции. 2024. Т. 12, № 3 (46). С. 119–123.
5. Рылова, Н. В. Актуальные аспекты изучения состава тела спортсменов / Н. В. Рылова // Казанский медицинский журнал. 2014. Т. 95. № 1. С. 108–111.
6. Хроменкова, Е. В. Взаимосвязь показателей тензодинамометрического прыжкового теста и Вингейт-теста спортсменов игровых видов спорта / Е. В. Хроменкова, Е. Г. Тычина, Е. М. Титова // Прикладная спортивная наука. 2022. № 1 (15). С. 41–50.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Емельянов, В. Д. Взаимосвязь показателей фазового угла и скоростно-силовых способностей в легкой атлетике / В. Д. Емельянов, В. А. Капустинская, А. П. Бровкин, Е. А. Шуршилина // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. 2025. Т. 10, № 3. С. 63–68. DOI: 10.47475/2500-0365-2025-10-3-63-68.

Сведения об авторе

Емельянов Василий Дмитриевич — доцент кафедры теории и методики легкой атлетики и гребных видов спорта им. Г.В. Цыганова, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. Казань, Россия. **ORCID ID:** 0009-0008-1480-4014. **SPIN-код:** 6564-0961, **AuthorID:** 959581. **E-mail:** emelianov68@list.ru

Капустинская Валерия Алексеевна — Магистрант 1 курса кафедры теории и методики легкой атлетики и гребных видов спорта им. Г.В. Цыганова, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. Казань, Россия. **ORCID ID:** 0009-0008-2704-2485. **SPIN-код:** 1996-5838, **AuthorID:** 1249459. **E-mail:** v_kapustinskaya@list.ru

Бровкин Андрей Павлович — доцент кафедры теории и методики легкой атлетики и гребных видов спорта им. Г.В. Цыганова, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. Казань, Россия. **ORCID ID:** 0000-0001-9451-3445. **SPIN-код:** 4800-6403, **AuthorID:** 1047122. **E-mail:** brovkin333@list.ru

Шуршилина Евгения Александровна — Преподаватель кафедры физической культуры и спорта, Тюменский индустриальный университет. Тюмень, Россия. **ORCID ID:** 0009-0002-4397-3286. **SPIN-код:** 7438-4095, **AuthorID:** 1288936. **E-mail:** evgenbasket1@mail.ru

PHYSICAL CULTURE. SPORT. TOURISM. MOTOR RECREATION
2025, vol. 10, no. 3, pp. 63–68.

The Relationship Between the Indicators of Phase Angle and Speed-Strength Abilities in Athletics

Emelianov V. D.¹, Kapustinskaya V. A.¹, Brovkin A. P.¹, Shurshilina E. A.²

¹*The Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia*

²*Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia*

Abstract. The article is devoted to the study of the functional preparedness of female athletes based on bioimpedansometry. The phase angle parameter serves as an indicator of general cellular health, reflecting the level of general performance and metabolism of sportsmen. Wingate test indicators are used to assess the level of development of the alactate power supply system. The interconnection of the indicators of these tests will allow individualizing the training load of female athletes.

Keywords: *athletics, physical fitness, functional fitness.*

References

1. Aksenov M.O., Aksenova A.V. Postroenie trenirovochnogo processa sportmenov tyazheloatleticheskikh vidov sporta s uchetom dannyh bioimpedansnogo analiza [Building the training process of weightlifting athletes taking into account the data of bioimpedance analysis]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury* [Theory and practice of physical culture], 2015, no. 12, pp. 74–76. (In Russ.).

2. Borovik S.G., Mostyakov D.V., Kapustinskaya V.A. et al. Dinamika bioimpedansnyh pokazatelej

sportmenok, specializiruyushihya v bege na korotkie distancii [Dynamics of bioimpedance indicators of athletes specializing in short-distance running]. *Kazanskaya nauka* [Kazan science], 2024, no. 9, pp. 21–24. (In Russ.).

3. Melnikov S.V., Narskin A.G. Sravnitelnyj analiz komponentnogo sostava tela plovcov razlichnoj kvalifikacii [Comparative analysis of the component composition of the body of swimmers of various qualifications]. *Izvestiya Gomelskogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny* [Izvestia of Gomel State

University named after F. Skorina], 2014, no. 2 (83). pp. 109–115. (In Russ.).

4. Pavlov S.N., Brovkin A.P., V. A. Kapustinskaya V.A. Dinamika anaerobnoj proizvoditelnosti sportsmenok, specializiruyushihya v bege na korotkie distancii [Dynamics of anaerobic performance of athletes specializing in short-distance running]. *Nauka i sport: sovremennye tendencii* [Science and sports: modern trends], 2024, vol. 12, no. 3 (46), pp. 119–123. (In Russ.).

5. Rylova N.V. Aktualnye aspekty izucheniya sostava tela sportsmenov [Actual aspects of studying the

body composition of athletes]. *Kazanskij medicinskij zhurnal* [Kazan Medical Journal], 2014, vol. 95, no. 1, pp. 108–111. (In Russ.).

6. Khromenkova E.V., Tychina E.G., Titova E.M. Vzaimosvyaz pokazatelej tenzodinamometricheskogo pryzhkovogo testa i Vingejt-testa sportsmenov igrovyyh vidov sporta [Communication between the indicators of the strain dynamometric jump test and the Wingate test of athletes of game sports]. *Prikladnaya sportivnaya nauka* [Applied sports science], 2022, no. 1 (15), pp 41–50. (In Russ.).

Information about the author

Emelianov Vasily Dmitrievich — Associate Professor at the G.V. Tsyganov Department of Theory and Methodology of Athletics and Rowing, Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism. Kazan, Russia. **ORCID ID:** 0009-0008-1480-4014. **SPIN-code:** 6564-0961, **AuthorID:** 959581. **E-mail:** emelianov68@list.ru

Kapustinskaya Valeria Alekseevna — 1st-year Master's student at the G.V. Tsyganov Department of Theory and Methodology of Athletics and Rowing, Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism. Kazan, Russia. **ORCID ID:** 0009-0008-2704-2485. **SPIN-code:**1996-5838, **AuthorID:** 1249459. **E-mail:** v_kapustinskaya@list.ru

Brovkin Andrey Pavlovich — Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of Athletics and Rowing named after G.V. Tsyganov, Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism. Kazan, Russia. **ORCID ID:** 0000-0001-9451-3445. **SPIN-code:** 4800-6403, **AuthorID:** 1047122. **E-mail:** brovkin333@list.ru

Shurshilina Evgeniya Alexandrovna — lecturer at the Department of Physical Culture and Sports, Tyumen Industrial University. Tyumen, Russia. **ORCID ID:** 0009-0002-4397-3286. **SPIN-code:** 7438-4095, **AuthorID:** 1288936. **E-mail:** evgenbasket11@mail.ru



Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-NonCommercial» («Атрибуция — Некоммерческое использование») 4.0 Всемирная — <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>