

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕГОВОГО ШАГА НА ТРЕДМИЛЕ И НА ОТКРЫТОМ СТАДИОНЕ

А.А. Чуринов, старший преподаватель
Петрозаводский государственный университет
(Россия, г. Петрозаводск)

DOI:10.24412/2500-1000-2026-5-1-117-121

Аннотация. В статье представлен подробный анализ биомеханики локомоций. Выявлены ключевые отличия в кинематике при беге на открытом стадионе и лабораторном тредмиле. Уделено пристальное внимание длине и частоте шага, углам сгибания в суставах, проявлению силовой асимметрии ног, когнитивным реакциям и теплообмену. Описано влияние сопротивления воздушной среды и движущегося полотна на метрику. Доказана необходимость поправочных коэффициентов при экстраполяции данных на тренировочную практику.

Ключевые слова: беговой шаг; кинематика; тредмил; стадион; силовая асимметрия; видеоанализ; локомоции.

Беговая локомоция выступает одним из наиболее изученных и естественных двигательных актов человека, представляя собой уникальную биомеханическую модель для всестороннего детального анализа. В современных реалиях спортивная индустрия и любительская тренировочная практика претерпевают кардинальные изменения под мощным воздействием цифровых тенденций. Передовые технологии приводят к несравненно более осязаемым результатам в поиске, систематизации, хранении и распределении аналитической и обучающей информации, что способствует качественному изменению организационно-педагогических процессов в сфере физической культуры [3, с. 87]. Высокотехнологичные кардиотренажеры, такие как тредмилы, органично интегрируются в повседневный тренировочный график. Это порождает острую необходимость объективного сопоставления пространственно-временных параметров бега, выполняемого в естественных условиях на жестком тартановом покрытии открытого легкоатлетического стадиона, и бега, воспроизводимого на постоянно движущемся синтетическом полотне тренажера.

В данной статье проведен детальный сравнительный анализ кинематических характеристик бегового шага в этих двух принципиально разных средах. Главный акцент сделан на выявлении того, насколько искусственная, строго управляемая механика тренажера способна имитировать или, напротив, неизбежно исказить естественную биомеханическую

структуру двигательного действия атлета. Внимание сфокусировано на длине и частоте беговых шагов, скорости, времени отдельных фаз опоры и полета, а также на суставных углах сгибания и разгибания нижних конечностей.

Для отчетливого понимания возникающих отличий целесообразно детально рассмотреть эталонную кинематическую модель спринтерского бега на открытом стадионе, демонстрируемую выдающимися атлетами современности. Феноменальные показатели технического мастерства наглядно прослеживаются на примере многократного рекордсмена мира Усейна Болта. Детальный разбор его финального забега на дистанции 100 метров демонстрирует колоссальную взрывную мощь и абсолютно оптимальное соотношение длины и частоты шагов по мере продвижения. На стартовом отрезке от 0 до 30 метров время преодоления составляет ровно 3,83 секунды при скорости 7,83 метра в секунду (что равно 65,80 процентам от его максимальной скорости), количество шагов зафиксировано на отметке 15,1, а средняя длина одного шага достигает 1,99 метра при частоте 3,93 шага в секунду. По мере дальнейшего разгона, на участке от 30 до 60 метров, скорость стремительно возрастает до впечатляющих 11,90 метров в секунду (ровно 100 процентов от индивидуального скоростного максимума в данном финале), длина шага увеличивается до 2,65 метра, а частота поднимается до 4,49 шагов в секунду. На заключительных метрах ди-

станции (от 80 до 100 метров) длина шага доходит до максимальных 2,82 метра, однако скорость несколько снижается до 11,76 метров в секунду. Подобная высокая вариативность длины бегового шага в очередной раз доказывает, что именно этот пространственный показатель в огромной мере воздействует на итоговый результат спортсмена на открытом стадионе [5, с. 68-69].

Аналогичные структурные закономерности прослеживаются и при анализе отечественных высококлассных бегунов. Оценка соревновательной деятельности чемпиона России Игоря Образцова выявила, что в финальном забеге на 100 метров на стартовом отрезке 0-30 метров он затрачивает 16,84 шага со средней длиной 1,78 метра и частотой 4,40 шага в секунду. На отрезке 30-60 метров скорость его продвижения достигает 10,95 метров в секунду при длине шага 2,20 метра. Среднее время, затраченное спортсменом на выполнение одиночного бегового шага, составляет 0,215 секунды, причем этот параметр ритмично колеблется от 0,201 секунды на центральном скоростном участке 30-60 метров до 0,232 секунды в момент начального стартового разгона [6, с. 29-30]. При попытке прямого переноса подобных пиковых соревновательных режимов на беговую дорожку (тредмил) возникает фундаментальное биомеханическое противоречие. Атлету на тренажере не требуется генерировать идентичную горизонтальную проталкивающую мощность для преодоления плотного сопротивления воздушных масс, так как центр тяжести тела остается практически неподвижным относительно окружающего пространства помещения. Отсутствие естественного аэродинамического сопротивления ветра на тренажере зачастую вынуждает спортсменов искусственно завышать угол наклона бегового полотна на 1-1,5 градуса, однако эта мера лишь частично решает сложную проблему адекватной нервно-мышечной активации.

Спринтерский беговой шаг представляет собой самый сложный циклический акт, который четко подразделяется на строго определенные опорные и безопорные фазы. При подробном сравнении кинематических показателей, выполняемых сильнейшей (толчковой) и не сильнейшей ногой на жесткой поверхности стадиона, выявляется выраженная силовая и

функциональная асимметрия, играющая важную роль в локомоции. Время периода полета в беговом шаге, выполняемом толчковой ногой, значительно меньше и составляет 0,116 секунды, тогда как для не сильнейшей маховой ноги этот показатель заметно выше и равен 0,132 секунды. Напротив, время периода отталкивания для сильнейшей ноги больше – 0,112 секунды против 0,10 секунды. Отношение времени периода полета ко времени всего бегового шага составляет 51% для сильной ноги и 57% для более слабой [7, с. 2]. На непрерывно движущемся полотне тредмила эта природная асимметрия начинает искусственно сглаживаться. Тренажер задает строго механический, равномерный ритм, заставляя обе нижние конечности работать в абсолютно идентичном временном коридоре, что скрывает индивидуальные компенсаторные механизмы атлета.

Рассматривая первую фазу – разведение стоп в безопорном полете, можно отметить, что горизонтальная скорость стопы ноги, выполняющей отталкивание, составляет 11,00 метров в секунду для сильнейшей ноги и 12,20 метра в секунду для не сильнейшей ноги. Вторая фаза локомоции (сведение стоп) характеризуется скоростью 4,80 метра в секунду для толчковой и 4,10 метра в секунду для маховой конечности. Третья фаза – активное подседание или амортизация при контакте с опорой. Проекция центра тазобедренного сустава к центру голеностопного сустава в этот критический момент составляет 0,27 метра для сильной ноги и 0,21 метра для слабой. Угол наклона голени в момент жесткой постановки ноги на опору стадиона равняется 92 градусам для толчковой ноги и 75 градусам для маховой. В четвертой, финальной фазе (разгибание опорной ноги) угол в коленном суставе в момент завершения отталкивания достигает 151 градуса для обеих ног, при этом вертикальная скорость центра коленного сустава составляет 3,90 метра в секунду для сильнейшей и 3,40 метра в секунду для не сильнейшей ноги [7, с. 4-5].

На беговой дорожке тонкая биомеханика фазы отталкивания кардинально меняется. Поскольку эластичное полотно само непрерывно уходит из-под опорной стопы назад, атлету требуется прикладывать в разы меньше мышечных усилий для активного проталкива-

ния центра масс в горизонтальном векторе. Снижается пиковая активация больших ягодичных мышц и мышц задней поверхности бедра в фазе активного отталкивания. Основная энергозатратная работа перераспределяется: резко возрастает нагрузка на сгибатели бедра, так как бегуну необходимо значительно быстрее переносить маховую ногу вперед, чтобы успеть за заданной скоростью движущейся ленты. Это приводит к устойчивому паттерну, при котором на тредмиле бегуны бессознательно увеличивают частоту беговых шагов и существенно укорачивают их длину по сравнению с бегом по естественному грунту или тартановой дорожке.

Степень адаптации к различным видам покрытия во многом зависит от изначальной квалификации и возраста бегуна. Наблюдения за студентами вузов не физкультурного профиля выявляют множество грубых технических ошибок, среди которых выделяется бег на полусогнутых ногах и недостаточная полетная амплитуда движений. Математический расчет доказывает, что наибольшая статистическая зависимость наблюдается между скоростью бега и минимальной величиной угла сгибания маховой ноги в фазе переноса (коэффициент корреляции превышает значение $r > |-0,642|$). У высококвалифицированных бегунов этот важнейший суставной угол достигает своего наименьшего значения к 30 метру дистанции, составляя $43 \pm 5,45$ градуса, и остается в этом оптимальном заданном диапазоне почти до самого финиша. У слабо подготовленных студентов угол сгибания доходит лишь до отметки $51,93 \pm 6,8$ градуса и удерживается в этих границах только в пределах 20–30 метров, после чего стремительно возрастает на фоне нарастающего физического утомления [8, с. 119]. При использовании тредмилов для тренировки данной категории студентов часто наблюдается закрепление неверного двигательного стереотипа: из-за подсознательного страха потерять равновесие и упасть с тренажера бегуны искусственно занижают подъем бедра маховой ноги, что делает угол в коленном суставе еще более тупым и прямо препятствует развитию мощной и экономичной техники.

Аналогичные выводы получены при сопоставлении кинематики бега у курсантов-первокурсников. Тренированные юноши,

имеющие спортивный опыт, преодолевают дистанцию со средней скоростью 9,60 метра в секунду, выполняя шаги впечатляющей длиной 211,05 сантиметра, при темпе 5,57 шагов в секунду. В то же самое время их нетренированные сверстники демонстрируют скорость лишь 8,70 метра в секунду, скромную длину шага 181,12 сантиметра и темп 5,17 шагов в секунду. Время периода безопорного полета у курсантов-спортсменов равно 0,123 секунды, а время контакта с опорой – всего 0,08 секунды; у нетренированных эти цифры составляют 0,141 и 0,120 секунды соответственно [9, с. 239-240]. Изменение покрытия со стадиона на движущуюся ленту неизменно вызывает падение длины шага и увеличение времени контакта с опорой у обеих групп.

Схожая динамика формирования бегового шага обнаруживается и в детском возрасте. У мальчиков 11-12 лет, регулярно посещающих секции легкой атлетики, средняя длина шага равняется 171,05 сантиметра при скорости 7,60 метра в секунду и темпе 4,57 шагов в секунду. У детей абсолютно того же возраста, не вовлеченных в систематический тренировочный процесс, длина шага составляет лишь 161,12 сантиметра при сниженной скорости 6,70 метра в секунду и темпе 4,17 шагов в секунду. Время всего периода опоры у тренированных детей составляет 0,119 секунды, в то время как у не занимающихся спортом – 0,130 секунды [4, с. 128]. Ранний и необоснованный перевод юных легкоатлетов исключительно на тредмил чреват грубым искажением еще не до конца сформировавшегося навыка активного проталкивания, так как тренажер напрямую провоцирует избыточное «семенение» (высокую частоту при критически малой амплитуде) и пассивную постановку стопы на опору без выраженного захвата грунта.

Правильная кинематика бегового шага жизненно важна не только в чистой легкоатлетической специализации, но и выступает прочным фундаментом для многих других видов спортивной деятельности. В частности, в спортивном туризме и горном трекинге по мере роста туристской компетенции личность начинает уверенно функционировать в пространстве туризма, преодолевая длительные многокилометровые дистанции с естественными пересеченными препятствиями. В ходе тренировочных сборов, длившихся в общей

сложности 1200 часов, студенты активно преодолевали пересеченную местность, что исключительно положительно сказалось на их физическом состоянии, заметно снизив индекс восстановления сердечно-сосудистой системы [1, с. 156-158]. Подготовка к подобным сложным экспедициям исключительно на беговой дорожке имеет очень существенные проприоцептивные ограничения. Тредмил позволяет плавно варьировать градиент продольного уклона, прекрасно тренируя общую выносливость кардиореспираторной системы, однако он совершенно не способен симулировать жесткую биомеханику спуска и непредсказуемые латеральные (боковые) нагрузки, возникающие при постановке стопы на скользкие камни или рыхлый неровный грунт. Вследствие этого снижается координационная реактивность мышц-стабилизаторов голеностопного сустава.

В ситуационных игровых видах спорта колоссальная разница между открытым пространством стадиона или площадки и линейным тренажером проявляется еще более ярко. В большом теннисе важнейшую, определяющую роль играют развитые психомоторные навыки, в частности, взрывная скорость зрительной реакции и абсолютная точность сложнокоординированных двигательных действий. Специфическое тестирование показало, что средняя скорость реакции на сигнал у парней-теннисистов составляет 225 миллисекунд, а у девушек – 220 миллисекунд [2, с. 85]. Интенсивные физические нагрузки на реальном корте непрерывно сопровождаются сложнейшей когнитивной обработкой поступающей визуальной информации. Бег на открытом стадионе в условиях постоянно меняющейся внешней среды и необходимости грамотно преодолевать крутые виражи дорожек также активно задействует когнитивные модули мозга. В полную противоположность этому, монотонный, ритмичный бег на тред-

миле переводит работу центральной нервной системы в пассивный фоновый режим. Закрытая кинематическая среда тренажера полностью лишает спортсмена необходимости молниеносно принимать решения о корректировке темпа, изменении вектора направления или длины бегового шага в ответ на резкие внешние раздражители.

В конечном итоге, глубокий анализ представленных пространственных, временных и угловых биомеханических параметров позволяет сделать однозначный вывод о наличии критически важных различий между беговым шагом на открытом стадионе и на беговом тренажере. Естественное, мощное передвижение по твердому неподвижному покрытию требует максимального активного вовлечения мышц задней поверхности бедра, больших ягодичных мышц и икроножных мышц для создания сильного горизонтального проталкивания тела. Искусственная среда беговой дорожки берет значительную часть этой кинетической работы на себя за счет непрерывного механического движения ленты назад. Это неизбежно провоцирует рост частоты беговых шагов при одновременном заметном снижении их длины и искажении суставных углов. Кардиотренажеры являются отличным и безопасным инструментом для базового поддержания общей физической кондиции, эффективной тренировки сердечно-сосудистой системы и обеспечения точно заданного темпа без негативного влияния погодных условий. Это позволяет успешно использовать их в реабилитации и любительском фитнесе. Тем не менее, для формирования, шлифовки и окончательного закрепления эталонной биомеханической техники спринтерского бега, развития нейромышечной проприоцепции и адекватной пространственной реакции абсолютно необходимы регулярные, систематические тренировки на открытых легкоатлетических стадионах.

Библиографический список

1. Гринев Д.Д. Обоснованная концепция воспитывающего образования посредством трекинга / Д.Д. Гринев, А.В. Лыткин, Г.Е. Тюпенькова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 12(214). – С. 156-159. – DOI 10.34835/issn.2308-1961.2022.12.p156-159. – EDN UNCSID.
2. Гринев Д.Д. Влияние занятий большим теннисом на скорость реакции и точность двигательных действий у студентов / Д.Д. Гринев, Н.А. Синельникова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2023. – № 10(224). – С. 84-86. – DOI 10.34835/issn.2308-1961.2023.10.p84-86. – EDN PUGGSK.

3. Гудков Ю.Э. Особенности цифровой трансформации сферы физической культуры и спорта / Ю.Э. Гудков, Г.В. Степанов, Н.В. Мазитова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2023. – № 10(224). – С. 87-90. – DOI 10.34835/issn.2308-1961.2023.10.p87-90. – EDN TLUYZE.
4. Ключкова Е.Ю. Исследование особенностей параметров бегового шага в спринтерском беге детей, занимающихся и не занимающихся легкой атлетикой / Е.Ю. Ключкова, В.В. Чемов // Проблемы и перспективы развития легкой атлетики в России: Сборник материалов Всероссийской научной конференции, Волгоград, 30-31 октября 2014 года. – Волгоград: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградская государственная академия физической культуры», 2014. – С. 126-130. – EDN WIXGUP.
5. Мирзоев О.М. Феномен Усейна Болта. Ключевые моменты кинематических показателей технического мастерства в беге на 100 м / О.М. Мирзоев, В.В. Власов // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 4. – С. 66-71. – EDN TYSBGL
6. Мирзоев О.М. Анализ соревновательной деятельности чемпиона России 2020 и 2021 гг. в беге на 100 и 60 метров / О.М. Мирзоев, С.Р. Шамилова, О.В. Калинина // Вестник спортивной науки. – 2021. – № 3. – С. 27-33. – EDN RZYPAQ.
7. Свешникова И.А. Влияние силовой асимметрии нижних конечностей на кинематическую структуру бегового шага спортсменов высокой спортивной квалификации / И.А. Свешникова // Современные тенденции развития физической культуры, спорта и адаптивной физической культуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Липецк, 17-18 октября 2017 года. – Липецк: Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2017. – С. 71-79. – EDN ZPUHOX.
8. Сидоренко А.С. Совершенствование техники спринтерского бега студентов вузов за счет улучшения кинематической структуры бегового шага / А.С. Сидоренко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 10(116). – С. 118-122. – DOI 10.5930/issn.1994-4683.2014.10.116.p118-122. – EDN SXLWWD.
9. Сидоренко О.А. Исследование особенностей техники спринтерского бега у курсантов-первокурсников / О.А. Сидоренко, Д.М. Петров, Е.Ю. Барабанкина // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2017. – № 2(144). – С. 238-241. – EDN XXZMQF.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE KINEMATIC CHARACTERISTICS OF A RUNNING STRIDE ON A TREADMILL AND AN OPEN STADIUM

A.A. Churinov, Senior Lecturer
Petrozavodsk State University
(Russia, Petrozavodsk)

***Abstract.** The article presents an analysis of locomotion biomechanics. Differences in kinematics when running on an open stadium and a laboratory treadmill are identified. Attention is paid to stride length and frequency, joint flexion angles, leg power asymmetry, cognitive reactions, and heat exchange. The influence of the environment and the moving belt on metrics is described. The necessity of correction factors when extrapolating data to training practice is proven.*

***Keywords:** running stride; kinematics; treadmill; stadium; power asymmetry; video analysis; locomotions.*