

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ СПРИНТЕРСКОГО БЕГА КОНЦЕПЦИЯ РЕАКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ОПОРОЙ (СИСТЕМА ОТСКОКА) И КОНЦЕПЦИЯ «РАСКРУЧИВАНИЯ ТАЗА»

Мухин Олег Анатольевич

Заслуженный тренер Азербайджанской Республики

Главный тренер отделения по лёгкой атлетике

спортивного клуба «Фенербахче» (Турция)

Тренер чемпиона мира и Европы в беге на 200 метров Рамиля Гулиева

1. Введение. Спринтерский бег является одним из наиболее сложных видов двигательной деятельности человека. Для достижения максимальной скорости спортсмены должны за минимальное время контакта с опорой создать большое усилие и максимально эффективно преобразовать его в поступательное движение. Поэтому спортивный результат в беге на короткие дистанции определяется не только уровнем развития скоростно-силовых качеств, но и эффективностью биомеханической организации движений.

На протяжении многих десятилетий исследователи и тренеры стремятся определить, какие механизмы действительно обеспечивают увеличение скорости бега, сокращение времени контакта с опорой и одновременное снижение энергетических затрат организма.

В последние годы широкое распространение получила концепция «раскручивания таза». Её сторонники выдвигают гипотезу, согласно которой активная ротация таза вокруг вертикальной оси способствует увеличению длины шага и, как следствие, повышению скорости бега. По их мнению, вращение таза облегчает вынос маховой ноги вперёд и способствует более эффективному продвижению тела в направлении движения.

Кроме того, сторонники данной концепции предполагают, что активная работа мышц задней поверхности бедра, прежде всего двуглавой мышцы бедра, позволяет увеличить силу отталкивания через опору. Согласно этой гипотезе, сочетание активной ротации таза и более выраженной работы мышц тазобедренного сустава должно приводить к увеличению горизонтальной составляющей силы реакции опоры и, соответственно, к повышению скорости бега.

Однако в настоящее время отсутствуют убедительные экспериментальные данные, подтверждающие, что именно эти механизмы реализуются в описанном виде и являются определяющими факторами повышения скорости у спринтеров высокой квалификации. Следовательно, перечисленные положения следует рассматривать как гипотезу, требующую дальнейшей экспериментальной проверки, а не как установленный научный факт.

Альтернативный подход представляет концепция реактивного взаимодействия с опорой (система отскока). В её основе лежит максимально эффективное использование естественных упругих свойств сухожильно-фасциального аппарата организма при взаимодействии спортсмена с опорой. Основная идея данной концепции заключается не в увеличении амплитуды движений отдельных сегментов тела, а в создании условий для максимально эффективной передачи силы реакции опоры и наиболее полного использования упругой энергии сухожильно-фасциального аппарата.

Ключевым положением данной концепции является формирование в фазе опоры единой жёсткой кинематической цепи всего тела. Основным биомеханическим условием её формирования является осевое выстраивание суставов (выстраивание суставов в ряд друг над другом). Это означает, что в момент опоры позвоночный столб, таз, тазобедренные, коленные и голеностопные суставы должны располагаться максимально на одной оси, обеспечивая передачу силы реакции опоры через всё тело с минимальными механическими потерями.

При этом таз сохраняется в нейтральном положении, а стопа ставится максимально близко к проекции центра масс тела, что способствует сокращению времени контакта с опорой и создаёт оптимальные условия для накопления, сохранения и возврата упругой энергии сухожильно-фасциального аппарата. Такое биомеханическое построение позволяет повысить эффективность каждого бегового шага и одновременно уменьшить энергетические затраты организма.

2. Авторская гипотеза. Автор исходит из предположения, что в течение всей фазы опоры центр масс тела не прекращает поступательного движения вперёд. Следовательно, любое неоправданное увеличение времени контакта с опорой может сопровождаться дополнительными механическими и энергетическими потерями. С этой точки зрения сокращение времени опоры при сохранении эффективной передачи силы реакции опоры следует рассматривать как один из важнейших факторов повышения эффективности спринтерского бега. Данное положение является авторской гипотезой и требует дальнейшей экспериментальной проверки.

По мнению автора, именно формирование единой жёсткой кинематической цепи посредством осевого выстраивания суставов, эффективной передачи силы реакции опоры и максимально полного использования упругих свойств сухожильно-фасциального аппарата создаёт наиболее благоприятные условия для достижения высокой скорости и её сохранения на заключительных 20–40 метрах дистанции, когда экономичность техники приобретает решающее значение.

3. Цель исследования. Провести сравнительный анализ концепции реактивного взаимодействия с опорой и концепции «раскручивания таза», определить их биомеханические особенности, оценить степень их научной обоснованности и показать, какая из этих концепций в большей степени соответствует современным представлениям биомеханики, физиологии и энергетики спринтерского бега.

4. Задачи исследования.

1. Проанализировать основные положения концепции «раскручивания таза».
2. Рассмотреть биомеханические основы концепции реактивного взаимодействия с опорой.
3. Сравнить обе концепции с позиций современной биомеханики, физиологии и энергетики движения.
4. Оценить роль осевого выстраивания суставов и сухожильно-фасциального аппарата в повышении эффективности спринтерского бега.
5. Обосновать авторскую гипотезу о связи сокращения времени опоры с повышением энергетической эффективности техники бега.

Сторонники гипотезы «фаскручивания таза» утверждают, что активная ротация таза в горизонтальной плоскости в момент опоры «помогает» протолкнуть тело спортсмена вперед и тем самым увеличить длину шага. Однако анализ биомеханических данных, полученных при изучении техники ведущих спринтеров мира, показывает, что попытки сознательно увеличивать ротацию таза не дают прироста скорости, а напротив, сопровождаются рядом нежелательных эффектов. К ним относятся увеличение времени контакта с опорой, нарушение вертикального положения тела, избыточные энергозатраты и потеря упругой энергии, которая должна быть возвращена в следующем шаге.

Ротационные движения таза действительно присутствуют в спринте, однако они являются естественным следствием работы конечностей и реакций опоры, а не произвольным действием спортсмена, направленным на генерацию скорости. Таз поворачивается в результате асимметричной работы рук и ног, а также как компенсация сохранения равновесия при высоких скоростях. Попытки намеренно увеличивать амплитуду ротации приводят к рассогласованию движений звеньев тела и нарушению целостности кинематической цепи.

Следует отметить, что техника Бена Джонсона в фазе стартового разгона действительно демонстрировала выраженные ротационные движения таза, что нередко приводится сторонниками концепции «фаскручивания таза» в качестве аргумента в её пользу. Однако более детальный биомеханический анализ показывает, что данная техника представляла собой своеобразный гибрид двух подходов. Несмотря на заметную ротацию таза, Бен Джонсон сохранял все ключевые принципы реактивного взаимодействия с опорой: постановку стопы вблизи проекции центра тяжести, жёсткую кинематическую цепь нижней конечности и минимальное время контакта с опорой. По мере завершения фазы стартового разгона и пере-

хода к бегу на максимальной скорости ротационные движения таза уменьшались, а техника становилась характерной для модели реактивного взаимодействия с опорой, наблюдаемой у большинства сильнейших спринтеров мира.

Необходимо также учитывать, что в период своих наивысших спортивных достижений Бен Джонсон обладал исключительными силовыми и скоростно-силовыми качествами, значительно превосходившими показатели большинства спринтеров. Кроме того, нельзя исключать, что особенности его техники сформировались не как результат целенаправленного следования определённой концепции, а под влиянием индивидуальных антропометрических особенностей, морфологии опорно-двигательного аппарата и естественной адаптации организма к реализации максимальных скоростных возможностей.

Концепция реактивного взаимодействия с опорой рассматривает спринтерский бег как процесс максимально эффективного использования упругих свойств опорно-двигательного аппарата. В её основе лежат следующие ключевые положения: минимизация времени контакта с опорой, оптимальное построение суставов нижней конечности в единую жёсткую цепь, постановка стопы под центр тяжести или слегка впереди него, использование энергии растяжения ахиллова сухожилия и подошвенной фасции и возврат этой энергии в фазе отталкивания. При этом таз находится в нейтральном положении, что обеспечивает оптимальное положение позвоночного столба и эффективную передачу сил от опоры через таз к верхним конечностям и далее в фазу полёта.

Эта модель соответствует естественным биомеханическим возможностям человека и подтверждена практикой подготовки спринтеров мирового уровня. Она позволяет сокращать время опоры на максимальной скорости и тем самым уменьшать тормозящее действие горизонтальных сил в фазе опоры, что является основным условием сохранения скорости на заключительном отрезке дистанции.

2. Концепция «раскручивания таза»: суть и предполагаемые механизмы

Сторонники концепции «раскручивания таза» считают, что во время опоры спортсмен должен сознательно создавать вращательный импульс таза в горизонтальной плоскости. По их мнению, вращательное движение инициируется за счёт активного включения мышц задней поверхности бедра, прежде всего бицепса бедра опорной ноги. Предполагается, что возникающий вращательный импульс передаётся через таз к противоположной стороне тела и способствует увеличению скорости и мощности отталкивания.

Согласно данной концепции, после создания вращательного импульса с одной стороны таза спортсмен должен сформировать аналогичный импульс с противоположной стороны. При этом таз сохраняет нейтральное положение и не переводится ни в передний, ни в задний наклон. Таким образом, основой концепции является последовательное создание вращательных импульсов через работу бицепса бедра во время каждой фазы опоры. Сторонники данной модели утверждают, что именно такая работа бицепса бедра обеспечивает более активное выведение маховой ноги вперёд и увеличивает скорость и мощность отталкивания от опоры.

Практические рекомендации, вытекающие из этой концепции, заключаются в том, что во время опоры спортсмен должен «раскручивать» таз назад относительно направления движения за счёт активного включения бицепса бедра опорной ноги, а в момент отталкивания — «раскрывать» таз вперёд, переводя вращение в противоположную сторону. Предполагается, что таким образом создаётся более мощное отталкивание.

С практической точки зрения возникает вопрос о механизме реализации данной модели. Поскольку изменить направление вращения таза возможно только во время контакта с опорой, спортсмену необходимо сначала создать мощный вращательный импульс с одной стороны таза, затем дождаться начала его реализации и лишь после этого сформировать импульс в противоположную сторону. По моему мнению, подобная последовательность неизбежно требует дополнительного времени нахождения на опоре по сравнению с концепцией реактивного взаимодействия с опорой (системой отскока), где движение носит более прямолинейный характер и не требует последовательного формирования разнонаправленных вращательных импульсов.

В истории спринтерского бега одним из наиболее известных спортсменов, техника которого рассматривается сторонниками данной концепции, является олимпийский чемпион Донован Бейли. Во время бега по дистанции в его технике действительно наблюдались выраженные элементы горизонтальной ротации таза. Последователи концепции рассматривают эту особенность как подтверждение своей модели, полагая, что вращение таза осуществляется за счёт активного включения бицепса бедра и способствует увеличению скорости и мощности отталкивания.

Вместе с тем нельзя исключать, что подобные особенности техники могли быть обусловлены индивидуальными антропометрическими данными, строением тела и природными двигательными особенностями спортсмена, а не являлись результатом сознательного применения определённой биомеханической концепции. В частности, длина конечностей, подвижность в тазобедренных суставах, пропорции тела, уровень силовых и скоростно-силовых качеств могут влиять на характер движений таза в беге и создавать впечатление активной ротации, даже если она не является сознательно управляемой.

Следует подчеркнуть, что идея использования горизонтальной ротации таза в спринте привлекательна с точки зрения возможного увеличения скорости и мощности отталкивания за счёт активизации крупных мышечных групп, таких как бицепс бедра. Однако реализация такой модели требует высокой степени развития силовых качеств, координации и способности управлять вращательными движениями таза в условиях предельно короткого времени опоры.

Во всех биомеханических концепциях существуют исключения, подтверждающие общие закономерности. Отдельные выдающиеся спортсмены благодаря своим уникальным морфофункциональным особенностям могут демонстрировать индивидуальные варианты техники, отличающиеся от общепринятой модели. Однако отдельные примеры сами по себе ещё не являются доказательством универсальности той или иной концепции и требуют дальнейшего биомеханического анализа и сравнения с альтернативными моделями.

3. Концепция реактивного взаимодействия с опорой: биомеханические основы

Альтернативный подход представляет концепция реактивного взаимодействия с опорой (система отскока). В её основе лежит максимально эффективное использование естественных упругих свойств сухожильно-фасциального аппарата организма при взаимодействии спортсмена с опорой. Основная идея данной концепции заключается не в увеличении амплитуды движений отдельных сегментов тела, а в создании условий для максимально эффективной передачи силы реакции опоры и наиболее полного использования упругой энергии сухожильно-фасциального аппарата.

Ключевым положением данной концепции является формирование в фазе опоры единой жёсткой кинематической цепи всего тела. Основным биомеханическим условием её формирования является осевое выстраивание суставов, при котором позвоночник, таз, тазобедренные, коленные, голеностопные суставы и стопа располагаются максимально на одной оси, как железные шарики, поставленные друг на друга. Такое построение обеспечивает передачу силы реакции опоры через всё тело с минимальными механическими потерями и создаёт оптимальные условия для эффективного формирования импульса отталкивания.

При этом таз сохраняется в нейтральном положении, без наклона вперёд или назад, что обеспечивает стабильность и оптимальную передачу силы. Стопа ставится максимально близко к проекции центра масс тела, а опорная нога располагается строго под позвоночным столбом. Во время контакта с опорой тело спортсмена не прекращает поступательного движения вперёд, поэтому сокращение времени опоры позволяет уменьшить механические и энергетические потери, одновременно повышая эффективность передачи силы реакции опоры.

В результате создаются оптимальные условия для накопления, сохранения и возврата упругой энергии сухожильно-фасциального аппарата, что способствует увеличению мощности импульса отталкивания и повышению эффективности каждого бегового шага при меньших энергетических затратах.

Основная цель этой концепции — минимизировать время контакта с опорой и максимально эффективно преобразовать горизонтальную силу реакции опоры в поступательное движение тела вперёд.

2. Авторская гипотеза

Автор исходит из предположения, что на протяжении всей фазы опоры центр масс тела продолжает непрерывное поступательное движение вперёд. Следовательно, любое неоправданное увеличение времени контакта с опорой сопровождается дополнительными механическими и энергетическими потерями. С этой точки зрения сокращение времени опоры при сохранении высокой эффективности передачи силы реакции опоры следует рассматривать как один из важнейших факторов повышения эффективности спринтерского бега. Данное положение является авторской гипотезой и требует дальнейшей экспериментальной проверки.

По мнению автора, формирование единой жёсткой кинематической цепи посредством осевого выстраивания позвоночника, таза (в нейтральном положении), тазобедренных, коленных, голеностопных суставов и стопы обеспечивает наиболее эффективную передачу силы реакции опоры и максимально полное использование упругих свойств сухожильно-фасциального аппарата. Такое построение позволяет значительно увеличить мощность импульса отталкивания при сокращении времени контакта с опорой.

Увеличение мощности импульса отталкивания неизбежно приводит к убыстрению одиночного движения — сведения бёдер в одном беговом шаге. Более быстрое и мощное сведение бедра опорной ноги с бедром маховой ноги сокращает продолжительность шага, повышает скорость его выполнения и позволяет быстрее подготовить опорную ногу к следующему контакту с опорой. В результате возрастает частота беговых движений, что ведёт к ускорению серии шагов.

Именно этот механизм, по мнению автора, создаёт наиболее благоприятные условия для достижения высокой скорости и её сохранения на заключительных 20–40 метрах дистанции, когда экономичность техники приобретает решающее значение.

Задача исследования

Оценить роль осевого выстраивания позвоночника, таза (в нейтральном положении), тазобедренных, коленных, голеностопных суставов и стопы в формировании единой жёсткой кинематической цепи, обеспечивающей эффективную передачу силы реакции опоры, увеличение мощности импульса отталкивания, сокращение времени контакта с опорой, убыстрение сведения бёдер в одном беговом шаге и, как следствие, повышение частоты беговых движений и эффективности спринтерского бега.

4. Сравнительный анализ биомеханических параметров обеих концепций

Сравнение биомеханических параметров, характерных для концепции «фаскручивания таза» и концепции реактивного взаимодействия с опорой, позволяет выявить принципиальные различия в механизмах генерации скорости и определить факторы, оказывающие решающее влияние на эффективность спринтерского бега.

Сторонники концепции «фаскручивания таза» утверждают, что намеренное выполнение движения преимущественно за счёт мышц задней поверхности бедра способствует увеличению мощности импульса отталкивания и, как следствие, повышению скорости бега. Однако в настоящее время данное положение не имеет достаточного экспериментального биомеханического подтверждения и остаётся предметом научной дискуссии. Более того, биомеханический анализ позволяет предположить, что искусственное увеличение амплитуды горизонтальной ротации таза может нарушать согласованность работы звеньев тела, увеличивать время контакта с опорой, повышать энергозатраты и снижать эффективность передачи силы реакции опоры в поступательное движение.

В концепции реактивного взаимодействия с опорой движения таза имеют лишь минимально необходимую амплитуду, обеспечивающую естественную асимметрию работы рук и ног. Горизонтальные движения таза не являются самостоятельной целью, а представляют собой естественное следствие взаимодействия спортсмена с опорой. Таз не отводится назад, а подтягивается под позвоночный столб, формируя совместно с позвоночником и нижними конечностями единую жёсткую кинематическую цепь.

Ключевым условием данной концепции является осевое выстраивание суставов нижней конечности в момент опоры. Тазобедренный, коленный и голеностопный суставы располагаются практически на одной линии, что обеспечивает передачу силы реакции опоры через всё тело с минимальными механическими потерями. Стопа ставится под собой или максимально близко к проекции общего центра тяжести. Такое положение уменьшает тормозящее действие опоры, сокращает время контакта с дорожкой и увеличивает мощность импульса отталкивания. В результате возрастает скорость выполнения одиночного движения, ускоряется сведение и разведение бёдер по принципу «ножницы», что приводит к увеличению частоты беговых шагов и росту скорости бега.

Таким образом, сравнительный биомеханический анализ показывает, что попытки намеренно увеличить горизонтальную ротацию таза не являются обязательным условием достижения высокой скорости. Даже в тех случаях, когда отдельные элементы концепции «фаскручивания таза» используются в технике ведущих спринтеров мира, решающее значение для эффективного бега сохраняют фундаментальные принципы системы реактивного взаимодействия с опорой: формирование жёсткой кинематической цепи, осевое выстраивание суставов, постановка стопы под центр тяжести, сокращение времени контакта с опорой и максимально эффективное использование силы реакции опоры. Именно эти биомеханические закономерности обеспечивают наиболее рациональный механизм генерации скорости в современном спринтерском беге.

Концепция реактивного взаимодействия с опорой не предполагает существования единственного эталонного двигательного стереотипа. Её фундаментальные биомеханические принципы неизменны, однако особенности их внешнего проявления во многом определяются индивидуальными антропометрическими данными спортсмена, строением его опорно-двигательного аппарата, особенностями позвоночника, таза и нижних конечностей.

Именно поэтому среди сильнейших спринтеров мира можно наблюдать определённые различия в положении таза. Одни спортсмены демонстрируют нейтральное положение таза, другие — умеренный передний наклон, а у некоторых отчётливо выражена лордозная осанка. Однако эти индивидуальные особенности не являются определяющими для эффективности бега и не изменяют фундаментальных принципов системы реактивного взаимодействия с опорой.

Всех ведущих спринтеров объединяет наличие основных биомеханических признаков системы отскока. В момент контакта с опорой они формируют жёсткую кинематическую цепь, выстраивая суставы нижней конечности практически в одну линию друг над другом. Таз подтягивается под позвоночный столб, стопа ставится под собой или максимально близко к центру тяжести, а работа бёдер осуществляется по принципу «свел — развел» («ножницы»). Совокупность этих факторов обеспечивает максимально эффективное использование реактивных свойств сухожильно-фасциального аппарата и силы реакции опоры.

Особый интерес представляют спортсмены, техника которых сочетает элементы различных биомеханических концепций. У Бена Джонсона в беге со старта, в стартовом разгоне и транзитной зоне — переходе от стартового разгона к бегу по дистанции — намеренно использовались элементы концепции «фаскручивания таза». Однако его техника носила гибридный характер, поскольку одновременно сохраняла все основные принципы системы отскока.

У Донована Бейли также прослеживаются отдельные элементы обеих концепций. Хотя в его технике наблюдаются признаки горизонтальной работы таза, в опоре он неизменно реализует фундаментальные принципы системы отскока. Поэтому технику Бена Джонсона и Донована Бейли целесообразно рассматривать как гибридные модели, в которых отдельные элементы концепции «фаскручивания таза» сочетаются с основополагающими принципами реактивного взаимодействия с опорой.

5. Физиологические аспекты обеих концепций

Физиологическая эффективность техники спринтерского бега определяется не только величиной генерируемой силы, но и тем, как эта сила используется для продвижения тела вперед при минимальных энергозатратах. В этом отношении концепции «раскручивания таза» и реактивного взаимодействия с опорой существенно различаются.

Концепция «раскручивания таза» требует активного участия мышц кора, особенно наружных и внутренних косых мышц живота, а также пояснично-подвздошных мышц, которые обеспечивают поворот таза в горизонтальной плоскости. Такая активность не только увеличивает мышечное напряжение, но и требует дополнительных энергетических затрат. При высоких скоростях бега избыточная активация этих мышц может приводить к преждевременному утомлению, снижению мощностных показателей и ухудшению координации движений.

Кроме того, увеличение амплитуды ротации таза связано с усилением работы антагонистических мышечных групп. Для стабилизации позвоночника и предотвращения чрезмерных боковых отклонений требуется повышенная коактивация мышц спины и тазового пояса. Это увеличивает общий уровень мышечной активности, но не способствует увеличению горизонтальной скорости.

В концепции реактивного взаимодействия с опорой мышечная активность имеет более рациональный характер. Основная нагрузка приходится на мышцы-разгибатели бедра, голени и стопы, а также на стабилизаторы таза, которые работают в режиме динамической стабилизации без избыточных усилий. Благодаря использованию упругих структур опорно-двигательного аппарата, таких как ахиллово сухожилие и подошвенная фасция, часть механической работы выполняется пассивными структурами, что позволяет снизить метаболические затраты.

Исследования показали, что при коротком времени опоры и эффективном использовании упругих свойств тканей потребление кислорода при беге уменьшается, а экономичность движений повышается. Это особенно важно на заключительной части дистанции, где утомление является лимитирующим фактором сохранения максимальной скорости.

Особое значение для спринтерского бега, особенно на дистанциях 200 и 400 метров, имеет способность спортсмена быстро и свободно «катить», то есть умение бежать с высокой скоростью без излишнего напряжения. Эта способность в большей степени соответствует концепции реактивного взаимодействия с опорой. Благодаря эффективному использованию упругих свойств сухожильно-фасциального аппарата и минимизации избыточных мышечных усилий, спортсмен может поддерживать высокую скорость с меньшими энергозатратами и сохранять технику на протяжении всей дистанции.

Таким образом, с физиологической точки зрения концепция реактивного взаимодействия с опорой более экономична и соответствует естественным возможностям человеческого организма. Она позволяет снизить уровень мышечного напряжения, отложить наступление утомления и сохранить высокую скорость на протяжении всей дистанции, включая заключительные 20–40 метров, где решается исход соревнования.

Концепция «раскручивания таза», напротив, увеличивает энергозатраты, требует дополнительной мышечной работы и снижает устойчивость техники при нарастании утомления, что приводит к более раннему снижению скорости.

6. Энергетическая эффективность и экономичность движений

Техника спринтерского бега прежде всего представляет собой способ наиболее экономичного выполнения движения. Чем выше степень экономизации двигательного акта, тем меньше энергетические затраты на выполнение каждого бегового шага и тем дольше спортсмен способен поддерживать максимальную скорость без выраженного развития утомления. С позиций концепции реактивного взаимодействия с опорой (системы отскока) техническое совершенство определяется не увеличением мышечной работы, а способностью максимально эффективно использовать упругие свойства сухожильно-фасциального аппарата, минимизировать механические потери и направлять основную часть усилий на поступательное продвижение тела вперёд. Именно поэтому экономизация движения рассматривается как один из важнейших критериев эффективности техники спринтерского бега.

Концепция реактивного взаимодействия с опорой основана на максимально полном использовании упругих свойств ахиллова сухожилия, подошвенной фасции и других элементов сухожильно-фасциального комплекса. Эти структуры способны накапливать механическую энергию в момент взаимодействия с опорой и возвращать её во время отталкивания, благодаря чему уменьшается потребность в дополнительной активной работе мышц и снижается энергетическая стоимость каждого бегового шага.

Ключевое значение при этом имеет положение стопы относительно общего центра масс спортсмена. При постановке стопы непосредственно под проекцией центра масс или в непосредственной близости от неё создаются оптимальные условия для предварительного натяжения подошвенной фасции и ахиллова сухожилия. Благодаря этому свод стопы функционирует как упругая биомеханическая система, эффективно накапливающая механическую энергию в фазе нагружения и возвращающая её в фазе отталкивания.

Значительная часть механической работы при этом выполняется за счёт упругих свойств сухожильно-фасциального комплекса, что уменьшает необходимость в дополнительной активной работе мышц нижней конечности и повышает экономичность бега.

При вынесении стопы далеко вперёд относительно центра масс предварительное натяжение подошвенной фасции выражено значительно слабее. В этих условиях её вклад в накопление и возврат упругой энергии существенно уменьшается. Одновременно возрастает тормозящее действие реакции опоры, увеличивается доля активной работы мышц тазобедренного сустава и бедра, необходимой для повторного разгона тела после контакта с опорой. В результате возрастает энергетическая стоимость каждого бегового шага, а развитие утомления происходит быстрее.

С позиций концепции «раскручивания таза» значительная часть мышечной энергии расходуется на создание и контроль выраженной ротации тазового пояса. Дополнительная активность мышц кора, пояснично-подвздошных мышц и мышц бедра увеличивает общий объём мышечной работы и не обеспечивает столь эффективного использования естественных упругих механизмов опорно-двигательного аппарата. Кроме того, чрезмерное вынесение стопы вперёд относительно центра масс может сопровождаться увеличением тормозящего воздействия реакции опоры, что ещё больше повышает энергетические затраты на выполнение бегового шага.

Практический опыт подготовки высококвалифицированных спринтеров показывает, что техника, основанная на принципах реактивного взаимодействия с опорой, позволяет поддерживать высокую скорость движения при меньших энергетических затратах. Рациональное использование упругих свойств сухожильно-фасциального комплекса, снижение доли избыточной мышечной работы и эффективное преобразование энергии реакции опоры в поступательное движение обеспечивают более экономичное выполнение каждого бегового шага и позволяют спортсмену дольше сохранять максимальную скорость на заключительной части дистанции.

7. Заключение

Проведённый сравнительный анализ двух концепций спринтерского бега — концепции реактивного взаимодействия с опорой и концепции намеренного «раскручивания таза» — позволяет сделать однозначный вывод о преимуществе первой концепции с точки зрения биомеханики, физиологии и практической эффективности.

Намеренное «раскручивание таза» не имеет достаточного биомеханического и физиологического обоснования как самостоятельный механизм повышения скорости. Увеличение амплитуды горизонтальной ротации таза требует дополнительной мышечной работы, удлиняет время контакта с опорой, снижает частоту шагов и нарушает согласованность движений. Это приводит к росту энергозатрат, ускоренному наступлению утомления и снижению способности спортсмена сохранять высокую скорость на заключительном отрезке дистанции.

Наблюдаемая у элитных спринтеров ротация таза в горизонтальной плоскости является естественным следствием бега и результатом работы кинематической цепи «ноги — таз — туловище — плечевой пояс». Эта ротация возникает произвольно в ответ на действие сил реакции опоры и инерционные процессы, направлена на обеспечение равновесия и создаёт условия для эффективной передачи энергии от нижних конечностей к верхним, а не служит целью, к которой необходимо стремиться.

Концепция реактивного взаимодействия с опорой полностью соответствует современным представлениям о биомеханике спринтерского бега и обеспечивает следующие преимущества перед концепцией «раскручивания таза»:

1 Сокращение времени опоры. Минимизация времени контакта с опорой за счёт рационального построения суставов и постановки стопы под центр масс позволяет направить большую часть времени цикла на полётную фазу, увеличивая общую скорость бега.

2 Построение суставов в единую кинематическую цепь. Лёгкий наклон таза вперёд, выравнивание позвоночника и голеностопного сустава в одной линии обеспечивают жёсткость и устойчивость опорно-двигательного аппарата, позволяя эффективно передавать силу от опоры к телу и вперёд-вверх.

3 Использование упругих свойств ахиллова сухожилия и подошвенной фасции. Натяжение этих структур при постановке стопы близко к центру масс создаёт условия для аккумуляции упругой энергии, которая возвращается в момент отталкивания, уменьшая нагрузку на мышцы и повышая экономичность движений.

4 Снижение энергозатрат. За счёт использования пассивных упругих структур и уменьшения времени опоры снижается метаболическая стоимость каждого шага, что позволяет экономить энергетические ресурсы на протяжении всей дистанции.

5 Сохранение скорости на последних 20–40 м. Более экономичная техника и меньшая мышечная нагрузка замедляют наступление утомления, что даёт возможность спортсмену поддерживать высокую скорость до финиша и эффективно ускоряться на заключительном участке дистанции.

6 Соответствие естественным возможностям организма. Концепция реактивного взаимодействия с опорой опирается на анатомические и физиологические особенности человека, отражает естественные механизмы движения и подтверждается наблюдениями за техникой ведущих спринтеров мира.

Практическая подготовка спринтеров должна быть направлена на развитие способности быстро и эффективно взаимодействовать с опорой, а не на искусственное увеличение ротации таза. Тренерам следует уделять особое внимание построению техники бега с опорой под центр масс, развитию упругих свойств стопы и голеностопного сустава, укреплению мышц-разгибателей бедра и голени, а также сокращению времени опоры через специальные упражнения.

Перспективы дальнейших исследований связаны с углублённым изучением взаимодействия упругих структур стопы и голеностопного сустава с различными типами опоры, влияния вариаций техники бега на экономичность движений и динамику утомления, а также с разработкой объективных методов оценки эффективности техники спринтерского бега на основе биомеханических и физиологических показателей.

Таким образом, концепция реактивного взаимодействия с опорой представляет собой научно обоснованную, физиологически целесообразную и практически подтверждённую основу техники спринтерского бега, обеспечивающую максимальную скорость и её сохранение на дистанциях 100 и 200 метров.