

НАЗАРЕНКО Ирина Александровна

БОНДАРЕНКО Константин Константинович, канд. пед. наук, доцент

МАРТИНОВИЧ Светлана Владимировна

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,

Гомель, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ БЕГОВОГО ШАГА ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ПО ПРЯМОЙ И ВИРАЖУ

В статье рассматриваются вопросы кинематической структуры бегового шага при передвижении спортсмена по прямой и виражу легкоатлетического манежа. Структура движения оценивалась на основании механической модели спортсмена и положения центров суставов в момент времени. На основании проведенного видеоанализа бега, определены параметры бегового шага в опорном и безопорном положениях. Проведен сравнительный анализ беговых движений при беге по прямой и по виражу. Выявлены временные параметры и траектории перемещения в коленных и голеностопных сочленениях и пальцев стопы. Определено, что при беге по виражу подъем коленного сустава выполняется быстрее при меньшей его высоте. В опорной фазе шага отмечается более длительный контакт ноги с опорой при беге по виражу по сравнению с бегом по прямой. Отмечается более быстрое разгибание ноги в коленном суставе при беге по виражу по отношению к бегу по прямой за счет большего углового отклонения. При этом, бег по виражу характеризуется более прямым положением ноги в момент контакта с опорой.

Ключевые слова: беговой шаг; бег по виражу; опорное положение; фаза полета; общий центр масс; скорость; траектория.

COMPARATIVE ANALYSIS OF RUNNING STRIDE STRUCTURE IN STRAIGHT AND CURVE RUNNING

The article deals with the issues of the kinematic structure of the running stride when an athlete moves along a straight line and a curve of an athletics arena. The structure of movement has been estimated based on the mechanical model of the athlete and the position of joint centers at the moment of time. Based on video analysis of running, the parameters of running stride in supported and unsupported positions have been determined. A comparative analysis of the running motion in running in a straight line and in a curve has been carried out. Time parameters and trajectories of movement in knee and ankle joints and toes of the foot have been revealed. It has been determined that during running on a curve the knee joint lifting is performed faster at its lower height. In the support phase of the stride, a longer contact of the leg with the support is noted when running on a curve compared to running in a straight line. There is a faster extension of the leg in the knee joint when running on a curve compared to running in a straight line due to the greater angular deviation. At the same time, running on a curve is characterized by a straighter position of the leg at the moment of contact with the support.

Keywords: running stride; curve running; support position; phase of flight, total center of mass; speed; trajectory.

Введение. Организация тренировочного процесса определяется подбором специальных упражнений, представляющих кинематическую и динамическую модель соревновательной деятельности. При этом эффективность применяемых тренировочных средств напрямую зависит от правильности выполнения двигательных действий с учетом угловых перемещений. Особенно данный характер угловых изменений в суставных сочленениях имеет важное значение в фазе амортизации и при оттал-

кивании ноги от опоры, когда создается максимальное мышечное усилие [1].

Бег спортсмена характеризуется двумя основными фазами, а именно: безопорным и опорным положениями [2]. Так же, как и при беге по прямой, безопорная фаза шага при движении по виражу в легкоатлетическом манеже характеризуется перемещением общего центра масс (ОЦМ), наиболее эффективная траектория которой близка к траектории горизонтальной линии. При этом действия свободных ко-

нечностей, способствующие в узловых элементах разгону звеньев с увеличением инерции, позволяют сохранять горизонтальную скорость и поддерживать ее на протяжении всей дистанции [3]. Вместе с тем наклон дорожки на вираже приводит к баллистической траектории ОЦМ в вертикальной плоскости, что вызывает изменения в осанке спортсмена и может привести к дополнительной нагрузке на опорно-двигательный аппарат [4]. В опорной фазе происходит изменение направления движения ОЦМ, что позволяет спортсмену перемещаться по круговой траектории и таким образом не выходить за пределы дорожки. При этом в момент опоры на стопу в среднелатеральном направлении действует сила трения, что приводит к тому, что ее продольная ось в среднем ортогональна дорожке и, следовательно, движение может обладать сагиттальной симметрией [5]. Изменение направления происходит благодаря действию горизонтальной составляющей реакции опоры, действующей на спортсмена [6]. Эта сила придает ОЦМ центростремительное ускорение и позволяет ему двигаться по круговой траектории [7].

Одним из показателей эффективности продвижения бегуна относительно опоры является время контакта стопы с опорой – чем оно меньше, тем эффективнее происходит продвижение на опоре [8]. Особенно данный показатель оказывает влияние на характер разгона туловища спортсмена в момент стартового разбега. При этом характер положения звеньев тела и угловых положений в суставных сочленениях влияют на временные параметры опорных действий [9, 10].

Цель исследования заключалась в определении биомеханических характеристик структуры бегового шага при беге по прямой и по виражу.

Основная часть. Исследование проводилось в научно-исследовательской ла-

боратории Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины. В нем приняли участие 7 студентов факультета физической культуры, специализирующиеся в спринтерском беге на 100–400 метров в возрасте 17–22 года.

Проведение исследования осуществлялось на беговых дорожках легкоатлетического манежа. Бег выполнялся по прямой и по виражу. Видеосъемка бега выполнялась при пробегании отрезков 50 метров на максимальной скорости с предварительным разгоном, составляющим двадцать метров. Скорость видеосъемки составляла 120 к/с и выполнялась видеокамерой в стационарном положении. Время пробега отрезков фиксировалось при помощи электронного секундомера, синхронизированного с фотоэлементами, установленными в начале и в конце 50-ти метровых отрезков. На центры суставов спортсменов были нанесены светоотражающие точки (21 точка) для построения механической модели спортсмена. На основании кинематических параметров механической модели определялось положение ОЦМ тела спортсмена в каждый момент времени, с учетом расчетных показателей масс и центров масс сегментов тела [11]. Видеоанализ движения осуществлялся при помощи фоторедактора Photoshop и вспомогательной программы «РасчетОЦМ».

Время начала и окончания фаз движения стопы определялось по траекториям маркеров, расположенных на пятке и носке. Ширина шага измерялась как расстояние между положением маркеров на пальцах ног в момент окончания контакта двух последовательных шагов. Для расчета расстояния на дорожке были установлены метки. Частота шага рассчитывалась как обратная величина его продолжительности. Безопорная фаза шага определялась по моменту окончания контакта с опорой носка стопы и моменту начала контакта с опорой другой ноги.

Для определения различий бега по прямой и виражу, сравнивались траектории перемещения маркеров, нанесенных на сочленения колена, лодыжки и пальцы ног. Кинематические характеристики движения в суставах нижних конечностей оценивались на основании механической модели спортсмена и положения центров суставов в момент времени. Данная модель определялась одной степенью сво-

боды (сгибание-разгибание) и имела 180° для полностью вытянутой конечности и 0° для гипотетически полностью согнутой конечности. Кроме того, оценивалась полная механическая энергия общего центра масс и, исходя из ее изменений, внешняя механическая работа, выполняемая мышцами нижних конечностей спортсмена.

Показатели сил, возникающих между спортсменом и дорожкой, рассчитывались

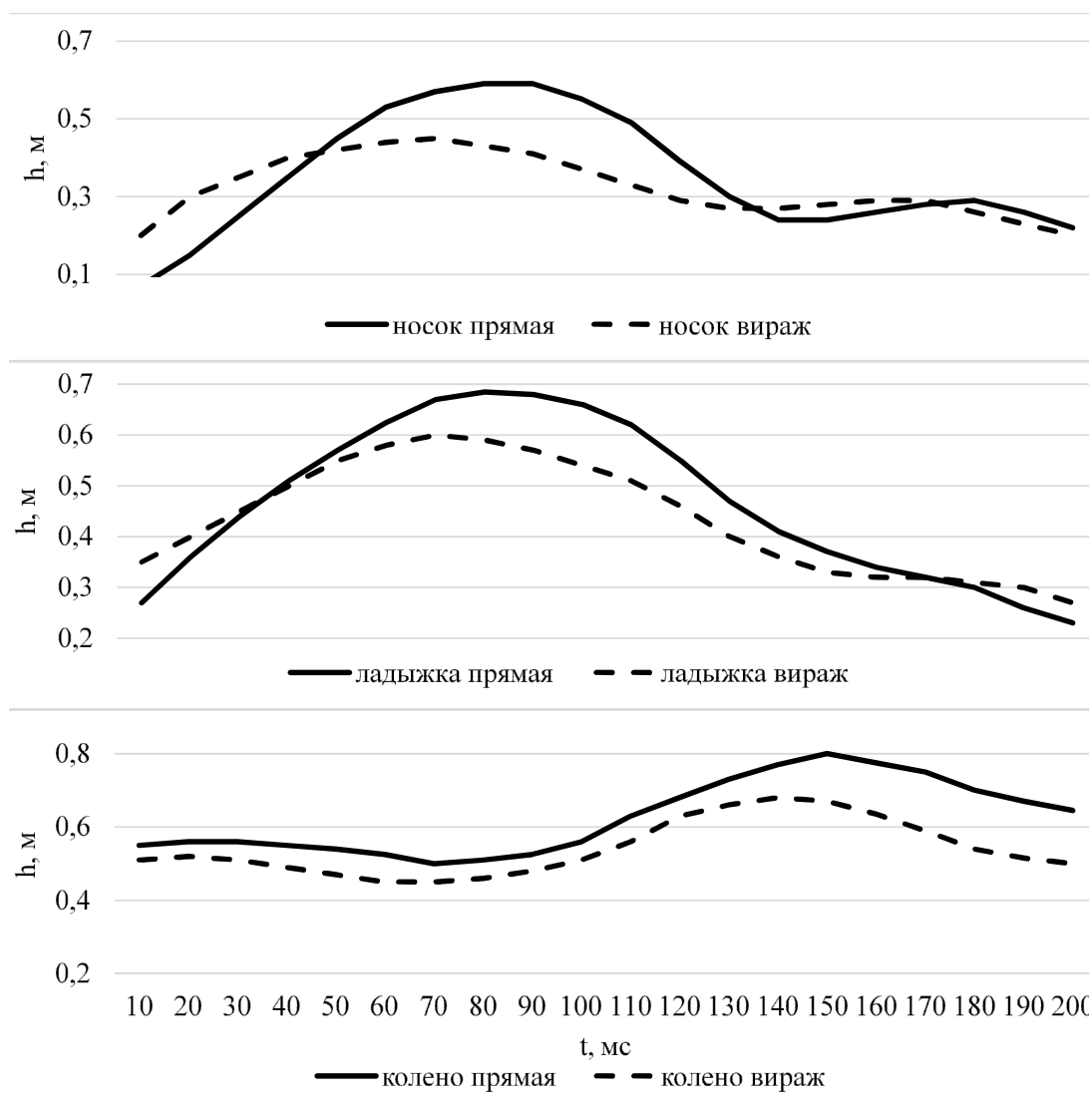


Рисунок – Вертикальная прогрессия траекторий колена, голеностопного сустава и пальцев ног, характеризующая безопорную фазу бегового шага

по изменению механической энергии, связанной с ОЦМ. Это позволяло количественно определить силовые характеристики, возникающие между спортсменом и опорой во время опорной фазы на вираже. Изменение механической энергии при перемещении ОЦМ тела спортсмена на опоре, определялось суммой кинетической (E_k) и потенциальной (E_p) энергии, где скорость движения и высота ОЦМ, используемые для расчета, являлись мгновенными значениями.

При проведении исследования были выявлены различия в скорости бега по прямой и по виражу, что объяснялось различиями в условиях перемещения. Средняя скорость бега исследуемой группы спортсменов по прямой составила $8,41 \pm 0,12$ м/с. При беге по виражу, средняя групповая скорость бега составила $8,07 \pm 0,11$ м/с.

Структура бегового шага оценивалась по траекториям перемещения меток, расположенных на коленных суставах, голеностопных суставах и передней части легкоатлетических туфель в районе нахождения пальцев ног (рисунок).

Как видно из графиков, представленных на рисунке, траектории вертикального перемещения суставных сочленений фактически одинаковы. Вместе с тем, при беге по виражу продолжительность безопорной фазы шага уменьшается. Это предполагает, что на вираже траектория перемещения звеньев должна быть выполнена за меньшее время. Если выделить в данной фазе бегового шага бега по виражу временной период от начала отталкивания до окончания разгона бедра, во время которой происходит уменьшение угла между голенью и бедром, и от начала опускания ноги на опору до ее касания, во время которой угол между голенью и бедром увеличивается, то временные па-

раметры данных действий в процентном соотношении фактически равнозначны с временными периодами бега по прямой ($68,8 \pm 1,4$ % и $31,3 \pm 0,9$ % на вираже и $69,2 \pm 1,1$ % и $30,7 \pm 1,0$ % на прямой).

Высота подъема коленного сочленения в безопорной фазе при беге по прямой по сравнению с бегом по виражу имеет достоверность различий ($P < 0,05$). Это объясняется тем, что при беге по виражу при меньшей высоте подъема коленного сустава, данное действие выполняется быстрее, чем при беге по прямой. В опорной фазе шага отмечается более длительный контакт ноги с опорой при беге по виражу по сравнению с бегом по прямой.

Заключение. Проведенное исследование кинематических параметров бегового шага при беге по прямой и по виражу выявило тенденцию более быстрого сгибания ноги в коленном суставе при беге по прямой по отношению к бегу по виражу. При этом разница во времени достигает 0,2 с. За счет большего углового отклонения, отмечается более быстрое разгибание ноги в коленном суставе при беге по виражу по отношению к бегу по прямой на такой же период времени.

Бег по виражу характеризуется более прямым положением ноги в момент контакта с опорой. Разница в угловом положении коленного сустава в момент опоры между беговым шагом на прямой и на вираже составляет $9,74^\circ \pm 0,97^\circ$.

Определение кинематических параметров бега по прямой и по виражу, позволяет подобрать наиболее эффективные средства подготовки бегунов на короткие дистанции. Кроме того, это дает возможность своевременного определения ошибок в структуре движения и подбору подводящих и корректирующих упражнений.

1. Назаренко, И. А. Кинематические характеристики бегового шага на средние дистанции / И. А. Назаренко // Актуальные вопросы физического воспитания молодежи и студенческого спорта : Материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции молодых ученых, Елец, 21 апреля 2023 года. – Елец: Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2023. – С. 129–133.
2. Бондаренко, А. Е. Биомеханические параметры движения ноги на опоре при беге на короткие дистанции / А. Е. Бондаренко // Проблемы физической культуры и спорта в современных социально-экономических условиях : сборник научных статей международной научно-практической заочной конференции, Гомель, 27 марта 2020 года. – Гомель: Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации, 2020. – С. 8–11.
3. Рационализация техники бега на основе скоординированных движений всех звеньев маховой ноги / А. А. Миронов, Л. А. Кирьянова, Л. В. Морозова, О. В. Ляшенко // Теория и практика физической культуры. – 2024. – № 6. – С. 49–51.
4. Шиманский, А. А. Направленность совершенствования технической подготовленности спортсменов в спринтерском беге по виражу / А. А. Шиманский // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2024. – № 5(231). – С. 220–225.
5. Чушева, Е. В. Положение стопы при беге у бегунов на короткие дистанции / Е. В. Чушева, К. К. Бондаренко // Оптимизация учебно-воспитательного и тренировочного процесса в учебных организациях высшего образования. Здоровый образ жизни как фактор профилактики наркомании : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 16 мая 2020 года / ответственный редактор Е. В. Панов. – Красноярск: Сибирский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации, 2020. – С. 192–195.
6. Показатели опорной кинематики спринтера при различной степени абдукции стопы в момент касания дорожки / О. Б. Немцев, А. М. Доронин, Н. А. Немцева, М. С. Шубин // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2013. – № 8(102). – С. 124–128.
7. Двигательная асимметрия бегового шага / А. А. Померанцев, В. М. Коршиков, В. С. Сычев [и др.] // Культура физическая и здоровье. – 2017. – № 2(62). – С. 43–47.
8. Хало, П. В. Профотбор спринтеров на основе измерения времени отталкивания от опоры при беговом шаге / П. В. Хало, И. Г. Лебединская, Т. Г. Мишина // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2019. – № 6(172). – С. 276–280.
9. Биомеханические параметры техники старта и стартового разгона в гладком и барьерном спринте у мужчин / С. И. Баландин, Д. С. Зайко, А. В. Масленников, И. В. Дмитриев // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 6. – С. 6–8.
10. Бондаренко, А. Е. Биомеханические параметры стартового разбега юных бегунов в коротком спринте / А. Е. Бондаренко // Спорт и спортивная медицина : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию со дня основания Чайковского государственного института физической культуры, Чайковский, 09–11 апреля 2020 года. – Чайковский: Чайковский государственный институт физической культуры, 2020. – С. 44–49.
11. Самборский, А. Г. Технология регистрации и анализа динамики скорости в спринтерском беге / А. Г. Самборский // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 10. – С. 81.

Поступила в редакцию: 27.06.2024