

Анализ кинематических характеристик движения общего центра массы тела спортсмена при выполнении низкого старта

Людмила Шестерова
Валерий Друзь
Андрей Ефременко

Харьковская государственная академия физической культуры, Харьков, Украина

Цель: определить основные условия минимизации затрат усилия на разгон скорости движения общего центра массы тела спортсмена в заданном направлении его перемещения.

Материал и методы: в исследовании использовались видеоматериалы бега на короткие дистанции ведущих спринтеров мира и легкоатлетов различной квалификации. Для решения поставленных задач были использованы: метод оценки углов между биозвеньями и раскадровки видеоматериала, метод аналогий, метод теории подобия и размерности, метод компьютерного моделирования, статистический анализ, оценивание физического напряжения и импульса силы по методу оценки взаимообусловленности развиваемого усилия на угол разгиба между соответствующими биокинематическими звеньями.

Результаты: установлены основные положения кинематики движения общего центра массы (ОЦМ) тела спортсмена, что позволяет повысить эффективность выполнения низкого старта. Представлены результаты динамики движения общего вектора силы, который определяет направление движения ОЦМ тела в трехмерном пространстве, обеспечивая его движение вдоль осевой линии бега. На основании наблюдаемой динамики изменения направленности результирующего вектора силы при выполнении низкого старта установлено, что траектория его движения представляет геликоид.

Выводы: движение общего центра массы тела осуществляется по геликоиду с последующим уменьшением образующего его радиуса. Изменения длины образующего радиуса геликоида носят систематический характер и отражают экономичность энергетических затрат бега. Динамика изменения геликоидального движения образующего вектора наблюдается в каждой опорной фазе бегового шага, что позволяет оценивать стабильность проявления динамического стереотипа бегового шага и судить по этим показателям о мере утомления спортсмена на дистанции.

Ключевые слова: низкий старт, кинематика движения, динамика движения, геликоид, циклоида, видеоматериалы.

Введение

Актуальность рассмотрения кинематики движения общего центра массы тела в фазе стартового разгона и вывода его на высоту движения вдоль линии дальнейшего перемещения определяется тем, что основная часть времени, затрачиваемая на прохождение дистанции бега, уходит на стартовый разгон.

Решение этой задачи требует рассмотрения кинематики движения всех компонентов биокинематических звеньев тела спортсмена, начиная с позы по команде «Внимание!». Эта команда определяет готовность «номер один» и сопровождается максимальным напряжением всех морфофункциональных систем организма, обеспечивающих динамический стереотип выполнения фазы стартового разгона ОЦМ тела спортсмена. Момент ожидания последующий команды «Марш!» в положении по команде «Внимание!» является максимальным статическим напряжением, которое продолжается до следующего «пускового сигнала». Затрачиваемая на импульс силы энергия за это время остается неизвестной. Полный комплекс двигательных актов биокинематических звеньев тела спортсмена при недоступности их наблюдения также остается без достаточного внимания и учета их долевого вклада в структуру построения результирующей кинематической характеристики движения ОЦМТ. Обычно в исследованиях выделяются только фазы «двойной»

опоры на стартовых колодках и одновременной опоры рук о беговую плоскость. Затем рассматривается фаза, в которой наблюдается только опора ног на стартовых колодках. В это время происходит маятникообразное движение рук в противоположном направлении и падение ОЦМТ, так как он находится за линией опоры. Маховые вращательные движения рук, которые компенсируют падение ОЦМТ не только сохраняющие его на прежнем уровне, но и способствующие подъему на уровень дальнейшего перемещения вдоль линии бега. Определяющий вклад в выполнение этой задачи вносит вращательное движение ЦМ туловища относительно линии оси тазобедренных суставов при изменении угла разгиба туловища к линии направления равнодействующей силы реакции с опорой. В данном случае важной их характеристикой является скорость разгиба угла «ось позвоночника – ось опоры ног». Вращение данного двухзвеньевого биокинематического маятника происходит относительно оси, проходящей через тазобедренные суставы. Важными компонентами, определяющими создание подъемной силы ОЦМ тела, являются вес туловища спортсмена и расстояние нахождения относительно оси вращения, рассматриваемого биокинематического двухзвеньевого маятника «ноги-туловище». В данном случае полностью остается без внимания решение вопросов оптимального значения угла начала разгиба маятника «ноги-туловище»; положение позы тела спортсмена, которая определяет

исходное место расположения ОЦМТ над уровнем беговой дорожки перед началом его разгона, и силы, которая прилагается при этом для обеспечения подъема ОЦМТ тела. Такие антропометрические характеристики, как отношение веса биокинематических звеньев тела к общему весу тела, длины частей тела к общей длине тела, практически не исследовались при биомеханическом анализе стартового разгона ОЦМТ и последующем его перемещении на дистанции бега. Вышеизложенные нерешенные вопросы биомеханики отдельных фаз двигательного динамического стереотипа бега на короткие дистанции и, в частности, начальной фазы бега, низкого старта, явились задачами проведенного исследования.

Анализ кинематических и динамических характеристик движения тела спортсмена при выполнении низкого старта позволит внести изменения в структуру стартовой позы спортсмена в соответствии с индивидуальными особенностями антропометрических характеристик телосложения и оптимальным для него начальным расположением биокинематических звеньев.

В настоящее время широкое распространение получил анализ видеоматериалов двигательных действий спортсменов. Впервые изучение морфо-физических процессов с помощью фотографии осуществил Френсис Гальтон. Решая вопрос изменения человеческого тела, Гальтон предложил способ «коллективных фотографий». Суть его состояла в том, что, снимая много индивидов на одну пластину, их уравнивали в масштабе. При этом общие их черты оказались выраженными четкими линиями, а изменчивые расплывались в полутени. Способ очень наглядный и кропотливый. Будучи мало доступным для широкого использования, он не нашел применения и был надолго забыт [7]. Развитие киноиндустрии еще в первой половине XX века позволило осуществлять ускорение и замедление съемки, что существенно расширило возможности исследования двигательных актов как в трудовой, так и в спортивной деятельности. Большой вклад в теорию трудовых движений внесли Н. А. Бернштейн, М. И. Виноградов [2]. Однако сохранившиеся трудности использования метода киносъемки и стробоскопии не позволили сделать этот метод допустимым в практических целях, и он долгое время не использовался в научных исследованиях в спорте. В настоящее время доступность осуществления видеосъемки и одновременных методов ее обработки позволяют получить необходимую информацию в реальном масштабе времени. Спустя почти полтора века разработанный Ф. Гальтоном метод нашел широкое и повсеместное применение, прежде всего, в исследованиях особенностей кинематических характеристик двигательных действий спортсменов. Имея временные и пространственные характеристики спортсмена и зная его антропометрические данные, метод видеосъемки позволяет изучать не только кинематические закономерности, но и динамические особенности построения движения, что представлено в материале исследования.

Цель исследования: определить основные условия минимизации затрат усилий на разгон общего центра массы тела спортсмена в заданном направлении его перемещения при выполнении низкого старта.

Материал и методы исследования

В исследовании использовались видеоматериалы бега на короткие дистанции ведущих спринтеров мира

и легкоатлетов различной квалификации. Для решения поставленных задач были использованы: метод оценки углов между биозвеньями и раскадровки видеоматериала [8; 10; 11], метод аналогий, метод теории подобия и размерности [6; 4], метод компьютерного моделирования [5], антропометрические методы оценки структуры соматотипа [1], оценивание физического напряжения и импульса силы по методу оценки взаимообусловленности развиваемого усилия на угол разгиба между соответствующими биокинематическими звеньями, что характеризуется приращением:

$$\frac{dF}{dy} [3].$$

Результаты исследования и их обсуждение

Биокинематические звенья тела имеют в процессе перемещения в пространстве строго согласованное взаимодействие, которое определяется принципом минимизации расхода энергии на получение одинакового конечного результата. Эти взаимодействия описываются аналитическими закономерностями, которые обеспечивают процесс минимизации расхода энергии. Таковыми являются: движения по циклоиде ОЦМ двухзвеньевых биокинематических маятников в опорной фазе перемещения тела и парабола в безопорном перемещении. Образующей циклоиды является окружность. В зависимости от характеристик расположения элементов биокинематического двухзвеньевых маятника он может формировать определенный диапазон окружностей различного радиуса, что определяет соответствующую длину дуги и амплитуду циклоиды. Так как ОЦМТ перемещается в трехмерном пространстве, то отмеченные перемещения осуществляются во всех трех направлениях: вертикальном, продольно-поперечном и передне-заднем.

При выполнении бега вдоль линии определенной направленности результирующая траектория перемещения ОЦМТ является геликоидом. Имея конкретно выраженные границы происходящих периодических отклонений ОЦМТ от линии направленности его движения и зная массу тела можно определить динамические характеристики, формирующие определенную траекторию движения, импульс силы, кинетическую энергию, объем выполнения работы и коэффициент полезной затраты энергии на разгон ОЦМТ при выполнении низкого старта.

После отрыва рук от опоры тело утрачивает равновесие и начинает падать. Маятникообразное движение рук, разгиб туловища относительно опоры и шаговые движения более разогнутой в опоре ноги создают подъемную силу ОЦМТ, определяя его движение по параболической траектории. В момент опоры двумя ногами с различным углом разгиба в коленных суставах при максимальном мышечном напряжении импульс развиваемого усилия, вложенного в разгон тела, имеет существенную разницу долевого значения каждой из опорных ног [9; 12]. Это приводит к смещению результирующего вектора силы от линии направления бега на несколько градусов. Такой эффект является естественным падением тела в неравновесном состоянии при размещении опоры ног на линии перпендикулярной направлению бега. Однако с момента «отрыва» рук от опоры ОЦМТ начинает подниматься вверх. Его подъем обеспечивается вращательным движением ОЦМ двухзвеньевых биокинематических

маятников рук и ОЦМ туловища, которые вращаются при разгибе относительно оси, проходящей через тазобедренные суставы. Покадровое перемещение ОЦМТ показывает траекторию его подъема, что позволяет определить развиваемую силу и продолжительность ее действия до момента «отрыва» второй ноги от стартовой колодки (рис. 1).

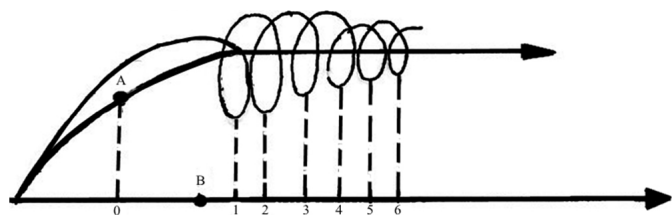


Рис. 1. Движение ОЦМТ в фазе стартового разгона:

1. Спираль геликоида отражает динамику направления равнодействующей силы, перемещающей ОЦМТ.
2. Ассимптотическая линия, которая проходит на высоте h над плоскостью перемещения, является траекторией движения ОЦМТ.
3. Точка А – начальное положение ОЦМТ по команде «Внимание!».
4. Точка В – линия старта.
5. Цифры 1, 2, 3, 4, 5, 6 соответствуют фазам опоры беговых шагов стартового разгона ОЦМТ.

В фазе полета ОЦМТ перемещается по параболе. Это, при учете его начального места нахождения в фазе опоры, позволяет с высокой точностью установить истинный угол вылета, при условии, если ОЦМТ начинал свое движение с уровня плоскости бега. Идеально выполненная техника выхода со стартовых колодок осуществляется под углом 45° вне зависимости от конституции тела. Во всех случаях, когда спортсмен стремится увеличить горизонтальную составляющую результирующего вектора силы, этот угол оказывается меньше 45° . Такое начало старта приводит к тому, что на последующих шагах стартового разгона продолжается подъем ОЦМТ до необходимого рабочего состояния. При этом в амортизационной фазе опоры происходит торможение горизонтальной составляющей, либо приложения существенно большего мышечного усилия, прежде всего, мышц опорной ноги и туловища. Поэтому энергетическая стоимость этих шагов значительно большая, чем при правильно выдержанном направлении угла движения вектора силы ОЦМТ. Смещение угла направленности общего результирующего вектора силы ОЦМТ относительно плоскости приводит к необходимости его коррекции в обратном направлении. Этот процесс отчетливо виден при использовании метода Гальтона. Первые шаги стартового разбега полностью напоминают технику конькового бега (рис. 2).

Возможность определять временные параметры покадрового перемещения ОЦМТ и кинематику траектории его движения позволяет выявить силу нагрузки, которую испытывает опорная нога на пути ее погашения, осуществляемой в фазе амортизации. Фактически фаза амортизации представляет собой типичное плиометрическое упражнение. На основании анализа видеоматериала, обработанного методом Гальтона, определялось начальное значение кинематической энергии, путь и время ее погашения, что полностью дает возможность составить динамические характеристики фазы амортизации.

Обработка материалов фронтальной съемки позво-

ляет определить колебания ОЦМТ во фронтальной плоскости, составить характеристику его движения по вертикальной координате и в продольно-поперечном направлении. Обработка покадрового перемещения траектории движения тела в опорной и безопорной фазах позволила установить на фоне роста горизонтальной составляющей вектора силы его замедление в фазе амортизации и рост в фазе «отталкивания». Все три пространственные, кинематические и динамические характеристики начальной фазы бега на короткие дистанции, связанные с низким стартом и первым циклом двух его шагов, показывают траекторию перемещения ОЦМТ, которой является геликоид. Ее характерной особенностью является сужение колебаний ОЦМТ относительно среднего своего значения по всем трем направлениям. Ранжированные значения кинематических и динамических характеристик движений в фазах опорного перемещения указывают, что наиболее энергоемкими являются старт и первые шаги, которые по полной траектории их перемещения относятся к максимально доступной интенсивности работы в физическом состоянии, в котором пребывает спортсмен.

Возникающие отклонения, связанные с импульсацией движения ОЦМТ в трех направлениях его перемещения, полностью определяются стартовой позой, которая, в свою очередь, зависит от размещения стартовых колодок. Вне зависимости от квалификации спортсмена потеря времени в период разгона связана с тем, что выход со стартовых колодок до первой амортизационной реакции опорной фазы значительной частью своей траектории проходит до линии старта. Отдаленность ближней стартовой колодки от линии старта определяет высоту исходного положения ОЦМТ над плоскостью дорожки. При растянутом старте ОЦМТ находится ниже и требует больших затрат энергии для его выноса на уровень «гладкого» бега. Отдаленность стартовых колодок в продольном направлении друг от друга определяет разницу импульса силы каждой ноги во время разгона ОЦМТ в период совместной опоры. Расстояние в продольно-поперечном направлении между стартовыми колодками влияет на величину угла отклонения направления начального движения от линии бега. Такого рода отклонения в продольно-поперечном направлении стабилизируются только на третьем, четвертом шагах стартового разгона и являются наиболее энергозатратными.

Все отмеченные сложности, возникающие при выполнении низкого старта, являются результатом традиционно сложившейся формы построения и эмпирического поиска более эффективного способа его совершенствования.

Вскрытие закономерностей формирования кинематической траектории перемещения ОЦМТ в спринтерском беге и динамических закономерностей ее построения позволяет за счет коррекции каждого элемента, традиционно сложившихся условий выполнения низкого старта, внести необходимые изменения, которые повысят эффективность его выполнения. С целью уменьшения отдаленности от стартовой линии первого шага, который начинается с момента выхода со стартовых колодок и проходит через стартовую линию, следует перенести стартовые колодки на предельно близкое расстояние к стартовой линии. Расстояние между стартовыми колодками вдоль направления движения должно определяться оптимальным суммарным импульсом силы двух ног, который создает максимальные колебания ОЦМТ относи-

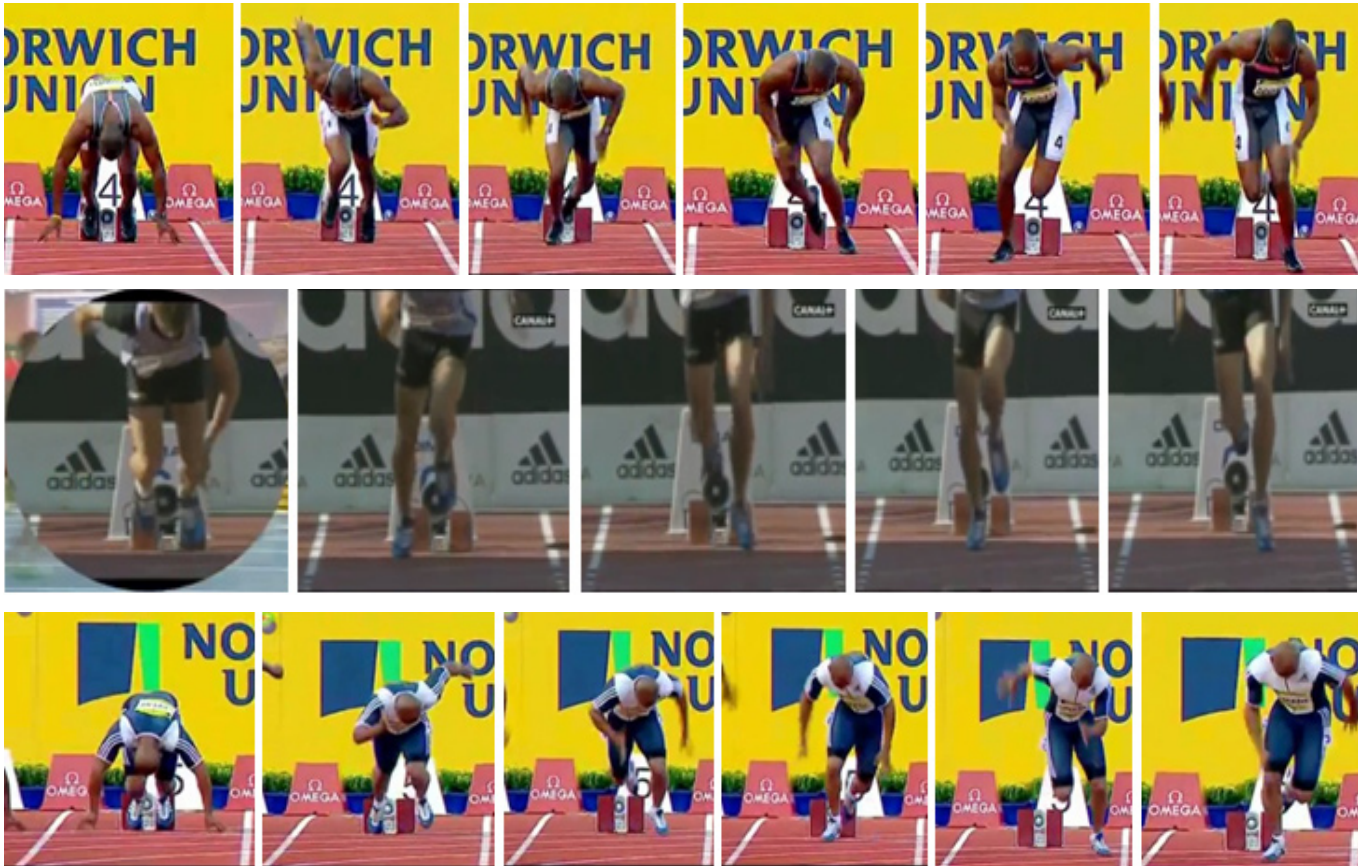


Рис. 2. Первые шаги стартового разбега (коньковый бег)

тельно среднего своего значения по всем трем направлениям. Для уменьшения боковых отклонений ОЦМТ, возникающих на первых стартовых шагах, необходимо, кроме сближения расстояний между стартовыми колодками, как в «передне-заднем», так и в «продольно-поперечном» направлениях, повернуть их в противоположном направлении на такой угол, который возникает в направлении равнодействующей силы в период неустойчивого равновесия при опоре двумя ногами на стартовые колодки.

Финальная стартовая поза определяется таким наклоном туловища и положением рук, которые обеспечат при их циклоидальном движении выход ОЦМТ на требуемую высоту траектории его параболического движения в первом стартовом шаге. Естественно, что такая стартовая поза будет существенно отличаться от традиционного стартового положения.

Выводы

1. Основной кинематической траекторией перемещения ОЦМТ в беге на спринтерские дистанции вдоль осевой линии бега является геликоид.

2. Движение ОЦМТ из положения низкого старта осуществляется строго по параболической траектории. Оптимальный угол «вылета» ОЦМТ с точки начального положения должен быть таким, чтобы его продолжение в сторону стартовых колодок, между которым находится условное начало движения, представляло параболу с наклоном 45° .

3. Подъемная сила, обеспечивающая выход ОЦМТ на необходимый уровень его перемещения по дистанции, создается циклоидальными движениями ОЦМ биокине-

матических двухзвеньевых маятников, в качестве которых выступают верхние конечности, маховая нога и разгибающиеся звенья «опорная нога – туловище».

4. Согласованность всех кинематических характеристик в беговом шаге определяется возможностями усиления опорной ноги при взаимодействии с опорой стартовых колодок и в последующих опорных фазах как во время амортизации, так и во время ускорения при отталкивании.

5. Время амортизации и угловые изменения в биокинематических звеньях опорной ноги определяют возможность создания фазы безопорного движения ОЦМТ (фазы полета).

6. Показателем эффективного бегового шага является отношение фазы опорного перемещения ОЦМТ к фазе безопорного его перемещения.

7. Определяющим фактором расхода энергии в беге на короткие дистанции и причиной быстрого утомления спортсмена является большое мышечное напряжение статического усилия на протяжении всей дистанции, обеспечивающее рабочую позу, на базе которой возможно осуществление соответствующих кинематических взаимодействий бегового шага.

8. Отношение полезной работы перемещения ОЦМТ по дистанции бега к общей работе перемещения ОЦМТ по геликоиду дает коэффициент экономичности выполненной работы.

Перспективы дальнейших исследований. Предполагается провести исследования, посвященные полному анализу каждого бегового шага и построению геликоидальной характеристики перемещения ОЦМТ на всей беговой дистанции.

Конфликт интересов. Авторы заявляют, что нет конфликта интересов, который может восприниматься как такой, что может нанести вред беспристрастности статьи.

Источники финансирования. Эта статья не получила финансовой поддержки от государственной, общественной или коммерческой организации.

Список использованной литературы

1. Ажиппо А. Ю. Онтология теории конституциональной диагностики физического развития и индивидуальных особенностей проявления физического развития и индивидуальных особенностей проявления биологического возраста / А. Ю. Ажиппо, Л. Е. Шестерова, В. А. Друзь и др. – Харьков : ХГАФК, 2016. – 284 с.
2. Бернштейн Н. А. О построении движений / Н. А. Бернштейн – М. : Медгиз, 1947. – 255 с.
3. Друзь В. А. Основы техники спринтерского бега / В. А. Друзь, М. В. Омельченко, Д. А. Омельченко // Слобожанский научно-спортивный вестник. – № 3(47). – 2015. – С. 41–45.
4. Кох М. Кинематический анализ старта и ускорения в спринте / М. Кох, К. Томазин // Легкоатлетический вестник ИААФ. – № 3. – 2006. – С. 23–33.
5. Пугач Я. И. Основные положения построения семантических пространств для упорядоченного представления результатов исследования / Я. И. Пугач // Материалы IX Международной научно-практической конференции «Будущего вопросы от света на надката». – София : «БялГрад-БГ», 2013. – Т. 39. – С. 5–13.
6. Седов А. И. Методы подобия и размерности в механике / А. И. Седов. – Москва : Наука, 1981. – С. 11–115.
7. Терентьев П. В. К истории биометрии. Методы современной биометрии / П. В. Терентьев. – Москва : Изд. Москов. Ун-та. – 1978. – С. 5–23.
8. Brazil A. Lower limb joint kinetics in the starting blocks and first stance in athletic sprinting / A. Brazil, T. Exell, C. Wilson, S. Willwacher, I. Bezodis & G. Irwin // Journal of Sports Sciences, 2016. – PP. 1–7.
9. Ciacci S. Sprint Start Kinematics During Competition in Elite and World-Class Male and Female Sprinters / S. Ciacci, F. Merni, S. Bartolomei, R. Di Michele // J Sports Sci. - 2016. – PP. 1-9.
10. Druz V. Kinematic characteristics of a sprinting technique and morphofunctional structures of its providing / V. Druz, S. Iermakov, Ya. Pugach, L. Shesterova, W. Zukow, M. Cieślicka // Journal of Education, Health and Sport, 2016. – V. 6 (11). – PP. 271–280.
11. Čoh M. Differences between the elite and sub-elite athletes in kinematic and dynamic variables of sprint – start / M. Čoh, M. Žvan // Research in Physical Education, Sport & Health, 2015. – Vol. 4 Issue 2. – PP. 3–6.
12. Slawinski J. Mechanics of standing and crouching sprint starts / J. Slawinski, N. Houel, A. Bonnefoy-Mazure, K. Lissajoux, V. Bocquet & N. Termoz // Journal of Sports Sciences. – 2017. – Volume 35. – Issue 9. – PP. 858–865.

Стаття надійшла до редакції: 07.03.2017 р.

Опубліковано: 30.04.2017 р.

Анотація. Людмила Шестерова, Валерій Друзь, Андрій Єфременко. Аналіз кінематичних характеристик рухів загального центру маси тіла спортсмена при виконанні низького старту. **Мета:** визначити основні умови мінімізації витрат зусилля на розгін швидкості руху загального центру маси (ЗЦМ) тіла спортсмена в заданому напрямі його переміщення. **Матеріал і методи:** у дослідженні використовувалися відеоматеріали бігу на короткі дистанції провідних спринтерів світу та легкоатлетів різної кваліфікації. Для вирішення поставлених завдань були використані: метод оцінки кутів між біоланками і розкадровування відеоматеріалу, метод аналогій, метод теорії подібності та розмірності, метод комп'ютерного моделювання, статистичний аналіз, оцінювання фізичної напруги й імпульсу сили за методом оцінки взаємообумовленості зусилля, що розвивається, на кут розгину між відповідними біокінематичними ланками. **Результати:** встановлено основні положення кінематики руху ЗЦМ тіла спортсмена, що дозволяє підвищити ефективність виконання низького старту. Представлені результати динаміки руху загального вектора сили, який визначає напрям руху ЗЦМ тіла в трьохвимірному просторі, забезпечуючи його рух уздовж осьової лінії бігу. На підставі спостереження динаміки зміни спрямованості результуючого вектора сили при виконанні низького старту встановлено, що траєкторія його руху представляє гелікоїд. **Висновки:** рух загального центру маси тіла здійснюється по гелікоїду з наступним зменшенням радіуса, що його утворює. Зміни довжини радіуса гелікоїда носять систематичний характер і відбивають економічність енергетичних витрат бігу. Динаміка зміни руху гелікоїда спостерігається в кожній опорній фазі бігового кроку, що дозволяє оцінювати стабільність прояву динамічного стереотипу бігового кроку і судити за цими показниками про міру стомлення спортсмена на дистанції.

Ключові слова: низький старт, кінематика руху, динаміка руху, гелікоїд, циклоїда, відеоматеріали.

Abstract. Liudmyla Shesterova, Valeriy Druz & Andriy Yefremenko. Analysis of kinematic movement characteristics of the common center of athlete's body mass while performing the crouch start. **Purpose:** to determine the basic conditions for minimizing the cost of effort to accelerate the movement speed of the common center of athlete's body mass in the specified direction of his movement. **Material & Methods:** the study used video footage for short distances of the world's leading sprinters and athletes of various qualifications. To solve the problems, we used: a method for estimating the angles between biosigns and storyboard video, method of analogies, method of the theory of similarity and dimension, the method of computer modeling, statistical analysis, estimation of physical stress and strength impulse using the method of estimating the interdependence of the developed effort on the angle of expansion between the corresponding biokinematic links. **Results:** it sets the basic position kinematics movement common center of the athlete's body mass (CCM), which improves the efficiency of performance crouch start. The results of the dynamics of the movement of a common force vector are presented, which determines the direction of movement of the body's CCM in three-dimensional space, ensuring its movement along the center line of the run are presented. On the basis of the observed dynamics of the change in the direction of the resultant force vector, when a crouch start is performed, it is established that the trajectory of its movement is a helicoid. **Conclusion:** movement of the common center of body mass is carried out along the helicoid with subsequent reduction of its radius. Changes in the length of the helix forming the radius are systematic and reflect the energy efficiency of the running costs. The dynamics of the helicoidal movement of the generating vector is observed in each supporting phase of the running step, which makes it possible to assess the stability of the dynamic stereotype manifestation of the running step, and to judge by these indicators about the degree of athlete fatigue at the distance.

Keywords: crouch start, kinematic movement, dynamics of movement, helicoid, cycloid, video footage.

References

1. Azhippo, A. Yu., Shesterova, L. Ye., Druz, V. A. & others (2016), *Ontologiya teorii konstitutsionalnoy diagnostiki fizicheskogo razvitiya*

i individualnykh osobennostey proyavleniya fizicheskogo razvitiya i individualnykh osobennostey proyavleniya biologicheskogo vozrasta [Ontology of the theory of constitutional diagnostics of physical development and individual features of the manifestation of physical development and individual features of the manifestation of biological age], KhSAPC, Kharkov. (in Russ.)

2. Bernshtein, N. A. (1947), *O postroenii dvizheniy* [On the construction of motions], Medgiz, Moscow. (in Russ.)
3. Druz V. A., Omelchenko, M. V. & Omelchenko, D. A. (2015), "Basics of Sprint Running Technique", *Slobozans'kij naukovо-sportivnij visnik*, No 3(47), pp. 41–45. (in Russ.)
4. Koch, M. & Tomazin, K. (2006), "Kinematic analysis of the start and acceleration in the sprint", *Legkoatleticheskiy vestnik*, No 3, pp. 23–33. (in Russ.)
5. Pugach, Ya. I. (2013), "Basic provisions for constructing semantic spaces for the orderly presentation of research results", *Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Будущего вопросы от света на над ката"*. БялГрад-БГ, Sophia, T. 39, pp. 5–13. (in Russ.)
6. Sedov, A. I. *Metody podobiya i razmernosti v mekhanike* [Similarity and dimension methods in mechanics], Nauka, Moscow. (in Russ.)
7. Terentev, P. V. (1978), *K istorii biometrii. Metody sovremennoy biometrii* [To the history of biometrics. Methods of modern biometrics], Izd. Moskov. Un-ta, Moscow. (in Russ.)
8. Brazil, A., Exell, T., Wilson, C., Willwacher, S., Bezodis, I. & IrwinLower, G. (2016), "limb joint kinetics in the starting blocks and first stance in athletic sprinting", *Journal of Sports Sciences*, pp. 1–7.
9. Ciacci, S., Merni, F., Bartolomei, S. & Di Michele, R. Sprint (2016), Start Kinematics During Competition in Elite and World-Class Male and Female Sprinters, *J Sports Sci.*, pp. 1–9.
10. Druz, V., Iermakov, S., Pugach, Ya., Shesterova, L., Zukow, W., & Cieślicka, M. (2016), "Kinematic characteristics of a sprinting technique and morphofunctional structures of its providing", *Journal of Education, Health and Sport*, V. 6 (11). – pp. 271–280.
11. Čoh, M. & Žvan, M. (2015), "Differences between the elite and sub-elite athletes in kinematic and dynamic variables of sprint – start", *Research in Physical Education, Sport & Health*, – Vol. 4, Issue 2. – pp. 3–6.
12. Slawinski, J., Houel, N., Bonnefoy-Mazure, A., Lissajoux, K., Bocquet, V. & Termoz, N. (2017), "Mechanics of standing and crouching sprint starts", *Journal of Sports Sciences*, Vol. 35, Issue 9, pp. 858–865.

Received: 07.03.2017.

Published: 30.04.2017.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Шестерова Людмила Єгорівна: к. фіз. вих., доцент; Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська 99, Харків, 61058, Україна.

Шестерова Людмила Егоровна: к. физ. восп., доцент; Харьковская государственная академия физической культуры: ул. Клочковская 99, Харьков, 61058, Украина.

Liudmyla Shesterova: PhD (Physical Education and Sport), Associate Professor; Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkovskaya str. 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.

ORCID.ORG/0000-0001-8777-6386

E-mail: shesterova1@mail.ru

Друзь Валерій Анатолійович: д. б. н., професор; Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська 99, м. Харків, 61058, Україна.

Друзь Валерий Анатольевич: д. б. н., профессор; Харьковская государственная академия физической культуры: ул. Клочковская 99, г. Харьков, 61058, Украина.

Valeriy Druz: Doctor of Science (Biology), Professor; Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.

ORCID.ORG/0000-0002-4628-6791

E-mail: valeriidruz@gmail.com

Єфременко Андрій Миколайович: Харківська державна академія фізичної культури: Україна, м. Харків, вул. Клочківська-ка, 99.

Ефременко Андрей Николаевич: Харьковская государственная академия физической культуры: ул. Клочковская 99, г. Харьков, 61058, Украина.

Andriy Yefremenko: Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkovskaya str. 99, Kharkiv, 61058, Ukraine. E-mail:

ORCID.ORG/0000-0003-0924-0281

E-mail: ukrnac@ukr.net

Бібліографічний опис статті (ДСТУ ГОСТ 7.1:2006):

Шестерова Л. Анализ кинематических характеристик движения ОЦМ тела спортсмена при выполнении низкого старта / Людмила Шестерова, Валерий Друзь, Андрей Ефременко // Слобожанський науково-спортивний вісник. – Харків : ХДАФК, 2017. – № 2(58). – С. 113–118. – doi:10.15391/sns.v.2017-2.020