

МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ ТА СПОРТУ

УДК 796.422.12:796.015.134

ДРУЗЬ В. А., ОМЕЛЬЧЕНКО М. В., ОМЕЛЬЧЕНКО Д. А.

Харьковская государственная академия физической культуры

Основы техники спринтерского бега

Аннотация. *Цель:* установить биомеханические закономерности перемещения тела, обеспечивающие максимально высокую скорость спринтерского бега. **Материал и методы:** анализ научно-методической литературы по рассматриваемой проблеме, антропометрические характеристики обследуемого контингента спортсменов, анализ скоростных съёмок ведущих бегунов мира. **Результаты:** биомеханические основы техники спринтерского бега составляют разгон и перемещение общего центра массы тела спортсмена по параболической кривой в фазе старта с учётом начальной высоты его нахождения в позе низкого старта. Дальнейшее его перемещение происходит по циклоидальной траектории, которая образуется за счёт маятникообразного движения конечностей, создающих подъёмную силу, обеспечивающую в беговом шаге длительность полёта большую, чем длительность опорной фазы. **Выводы:** полученные биомеханические закономерности техники спринтерского бега позволяют повысить эффективность подготовки спортсменов в спринтерском беге.

Ключевые слова: индекс активности, техника бега, параболические и циклоидальные траектории перемещения общего центра массы тела, антропометрические характеристики.

Введение. Вопрос перемещения человека и животных связан с осуществлением шагового движения. Наибольшее внимание в исследовании этого двигательного акта направлено на изучение биомеханических характеристик ходьбы и бега. В теории спорта основной интерес сосредоточен на исследовании бега на короткие дистанции с целью установления механизмов перемещения тела с максимально достижимой скоростью. В бионике эта задача связана с построением шагающих механизмов в робототехнике, так как такого рода перемещение не требует гладкого дорожного покрытия.

Касаясь бега на короткие дистанции, можно говорить, что основной задачей двигательного действия является достижение максимальной скорости передвижения, которая зависит от метаболических возможностей организма, исполнительных систем и биокинематических характеристик опорно-двигательного аппарата.

Связь исследования с научными программами, планами, темами. Исследование выполнено в соответствии с планом научных исследований кафедры легкой атлетики ХГАФК.

Цель исследования: представление определяющих биомеханических закономерностей, которые лежат в основе осуществления кинематики передвижения в гладком беге на короткие дистанции.

Материалы и методы исследования: анализ научно-методической литературы по рассматриваемому вопросу, анализ скоростных видеосъёмок бега ведущих спринтеров мира и антропометрических характеристик структуры их телосложения, а также основных закономерностей биокинематических характеристик перемещения тела в опорных и безопорных его положениях.

Результаты исследования и их обсуждение. В беге на короткие дистанции определяющими фазами «разгона» массы тела являются старт и стартовое ускорение. Последующая эффективность бега определяется возможностью сохранения необходимой интенсивности метаболических процессов в обеспечении запроса работающих компонентов динамического стереотипа, определяющего установившейся

цикл шага скоростного бега [1].

В фазе стартового разгона с положения низкого старта происходит разгон общего центра массы тела (ОЦМТ) по заданной траектории, которая определяется действием двух ортогональных друг к другу сил. Одна направлена на подъём и удержание ОЦМТ на необходимой высоте над плоскостью опоры, а другая обеспечивает его горизонтальное перемещение. Взаимодействие этих сил определяет технику выполнения ухода со стартовых колодок и кинематику первых стартовых шагов.

Первые стартовые шаги, с момента отрыва рук от опоры, связаны с необходимостью выведения падающего ОЦМТ на оптимальную траекторию его последующего перемещения. Возвращаясь к взаимодействующим силам, необходимо рассмотреть оптимальные условия их соотношения и поведение биокинематических звеньев тела, обеспечивающих их возникновение. Во всех случаях начальная поза спортсмена обеспечивает расположение ОЦМТ относительно плоскости опоры, а равнодействующая сила, проходящая через него, определяет траекторию перемещения ОЦМТ по вертикальному и горизонтальному направлению. Такое перемещение может осуществляться только по параболической траектории до следующей стадии опорного положения на другую ногу. При этом вертикальная составляющая равнодействующей силы должна обеспечивать подъёмную силу не меньше силы гравитационного притяжения на всем периоде до момента следующей фазы опоры. Затем этот процесс повторяется. Вертикальная составляющая возникает за счёт перемещения маховой ноги, разгиба спины в период опоры двух ног на стартовые колодки и маятникообразных маховых движений рук, выполняемых в разном направлении. В зависимости от этого происходит подъём ОЦМТ на возможную высоту рабочей траектории гладкого бега. В последующей фазе опоры продолжается вывод ОЦМТ на высоту рабочей траектории его перемещения. В реальных условиях этот процесс занимает три – четыре первых беговых шага [2].

Оптимальные условия соотношения движения биокинематических звеньев, обеспечивающих перераспределение движущих сил, состоит в том, что ОЦМТ выходит на параболическую траекторию, которая обеспечивает максимальную дальность полёта

[dx.doi.org/10.15391/sns.v.2015-3.007](https://doi.org/10.15391/sns.v.2015-3.007)

© ДРУЗЬ В. А., ОМЕЛЬЧЕНКО М. В., ОМЕЛЬЧЕНКО Д. А., 2015



та. Такая траектория достигается при перемещении ОЦМТ под углом 45° относительно плоскости опоры. В практически осуществляемых наблюдениях угол движения ОЦМТ при уходе со стартовых колодок составляет около $40,8 \pm 1,19^\circ$. Отклонение данной величины зависит как от оптимально выполняемой техники, так и от антропометрических данных спортсмена. Фактически, приведенная величина отражает усредненную характеристику, но в любом случае она остается 45° , что составляет наиболее эффективный угол вывода ОЦМТ на уровень рабочей высоты гладкого бега.

Такое разногласие наблюдений и теории баллистики перемещения тела в безопорном состоянии объясняется тем, что ОЦМТ бегуна в стартовом положении находится уже над опорой на определённой высоте и исходная точка, при правильно выполняемой технике старта, лежит на промежуточной точке параболы с углом вылета 45° .

Исходное положение ОЦМТ в положении низкого старта зависит от индивидуальных антропометрических характеристик соматотипа спортсмена и его текущего физического состояния. Чем выше расположен центр тяжести, тем в большей мере возможно перераспределение между вертикальной и горизонтальной составляющей равнодействующей силы в сторону горизонтальной составляющей, что обеспечивает более высокую начальную скорость стартового разгона ОЦМТ. Этот эффект проверяется физической моделью, которая отражает уменьшение угла вылета для обеспечения более быстрого горизонтального перемещения тела, что чётко проявляется при незначительных расстояниях перемещения объекта и относительно небольших скоростях его движения. В легкоатлетических видах этот эффект наблюдается во всех видах метания, толкания ядра, прыжках в длину, в тройном прыжке.

Эффективность техники выполнения низкого старта полностью зависит от правильной позы спортсмена, что определяется расстоянием стартовых колодок и местом отдалённости от линии старта. Отмеченные характеристики носят индивидуальные проявления и прежде всего зависят от антропометрических данных спортсмена, но определяющим фактором является общая закономерность, связанная с импульсом силы, которую придаёт спортсмен разгибом ног в коленных суставах. Во всех случаях главным показателем является быстрота развития силы и продолжительность её действия. Наиболее характерным, на что обращается внимание в обеспечении импульса, является скорость развития силы во времени или величина, которая определяется как $\frac{df}{dt}$, но при этом остаётся без внимания такой фактор, как начальное и конечное значение развиваемой силы за время её действия. Начальная сила, как показатель начала развития процесса её роста, полностью определяется углом разгиба ноги в коленном суставе. Этот процесс характеризуется приращением силы на угол разгиба биомеханических звеньев, представленных голенью и бедром. Эта величина определяется как $\frac{df}{d\alpha}$ и её значение на каждое линейное изменение угла разгиба, протекающего по арифметической прогрессии, даёт приращение силы, которое изменяется по геометрической прогрессии. Будучи представленные в полярных координатах, изменения этой величины

описываются логарифмической кривой. Данная особенность приращения $\frac{df}{d\alpha}$ представлена на рис. 1 [3].

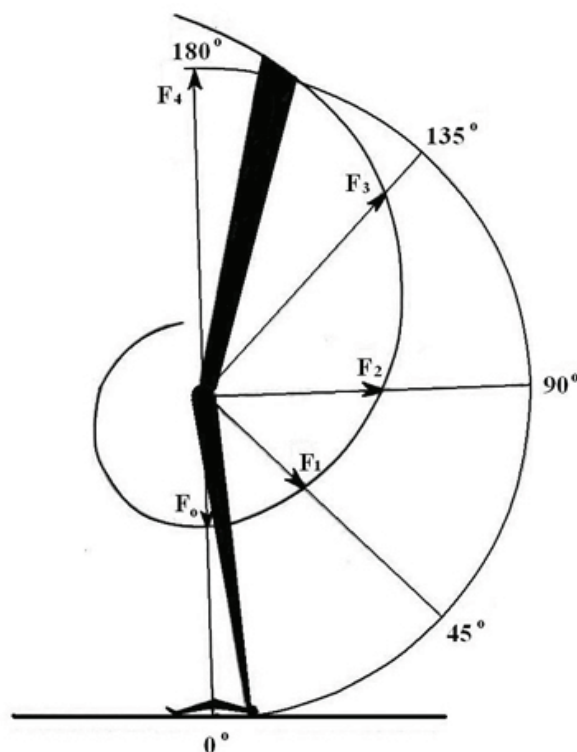


Рис. 1. Приращение величины силы на угол разгиба ноги в коленном суставе, где каждому значению угла разгиба отмечена соответствующая ему растущая величина усилия

Увеличение угла разгиба даёт увеличение начального значения силы и её дальнейшего роста, но при этом сокращается время протекания процесса. Оптимизация значения величины импульса силы сводится к обычной вариационной задаче. Именно эта закономерность определяет расстояние стартовых колодок между собой, а возможность сохранения стартовой позы определяет отдалённость стартовых колодок от стартовой линии.

При разгоне ОЦМТ наблюдается промежуток времени совместного разгибания ног, каждая из которых имеет свой начальный угол разгиба. Разница этих углов за промежуток времени совместного разгиба опорной (толчковой) ноги и маховой ноги позволяет достичь участка разгиба толчковой ноги, на котором приращение усилия на угол разгиба достигает своего максимального значения и такой продолжительности усилия, при которой сообщаемый импульс силы (Ft) достигает своей максимальной величины. Именно такое расстояние между стартовыми колодками является наиболее эффективным. Более близкое расстояние не обеспечивает достаточного разгона (маховой ноги) и длина первого шага значительно короче, чем необходимо. В обратном случае, при большом расстоянии стартовых колодок, первый шаг очень длинный, но скорость его незначительная.

Общая структура движения ОЦМТ при выполнении низкого старта представлена на рис. 2 [4–5].

График разложения сил в стартовом положении и развиваемых ими скоростей движения ОЦМТ, отра-

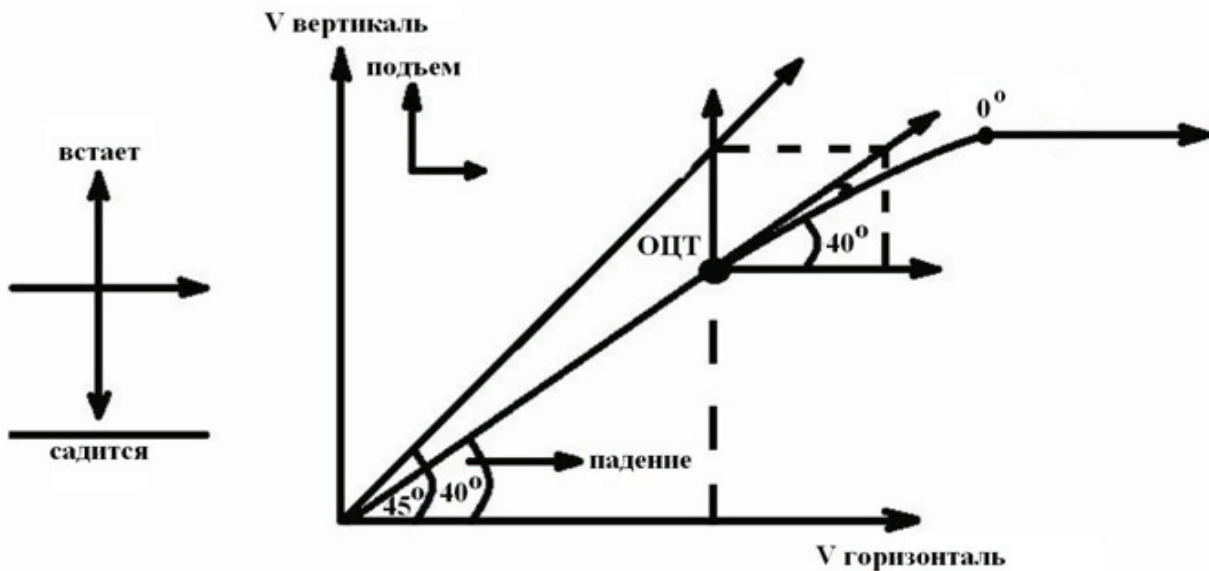


Рис. 2. Движение ОЦМТ при выполнении низкого старта

жающих причину его движения под углом меньше 45° , где участок параболы, отмеченный жирной линией, соответствует реальной траектории движения ОЦМТ; участок, отмеченный пунктиром, соответствует предполагаемому движению ОЦМТ при условии, если бы разгон начинался с линии опоры [6–8].

Подъём ОЦМТ до исходного положения при гладком беге достигается у квалифицированных спортсменов на первых трех шагах, что представлено на рис. 3. Индекс активности (отношение времени фазы опоры ко времени фазы полёта) на первых 10 шагах остаётся больше единицы, затем происходит стабилизация длины и частоты беговых шагов сопровождающаяся изменением времени фазы опоры и полёты. После полного разгона тела время опоры становится короче, а полёта продолжительнее, что сопровождается уменьшением индекса активности. Равенство индекса активности единице свидетельствует о завершении первой фазы ускорения бега и начала второй фазы, отражающей бег с максимальной скоростью. Эффективность стартового разгона определяется значением индекса активности, равного единице и достигнутого за наиболее короткое время.

Наиболее эффективной техникой гладкого бега является минимальный показатель индекса активности. Изучение биокинематических характеристик шагов гладкого бега показывает, что кинематические характеристики ОЦМТ «машущих» конечностей представляют двухзвеньевые маятники, которые перемещаются по циклоидальным траекториям, что создает подъёмную силу, достаточную для полёта ОЦМТ. В каждой фазе опоры идёт определённое снижение горизонтальной скорости перемещения за счёт перераспределения потенциальной и кинематической энергии движения. К этому периоду маховые движения рук начинают активное движение, которое создаёт подъёмную силу и дополнительный амортизационный разгиб туловища, что в сумме обеспечивает необходимую подъёмную силу для полёта тела при коэффициенте активности меньше единицы. Такая

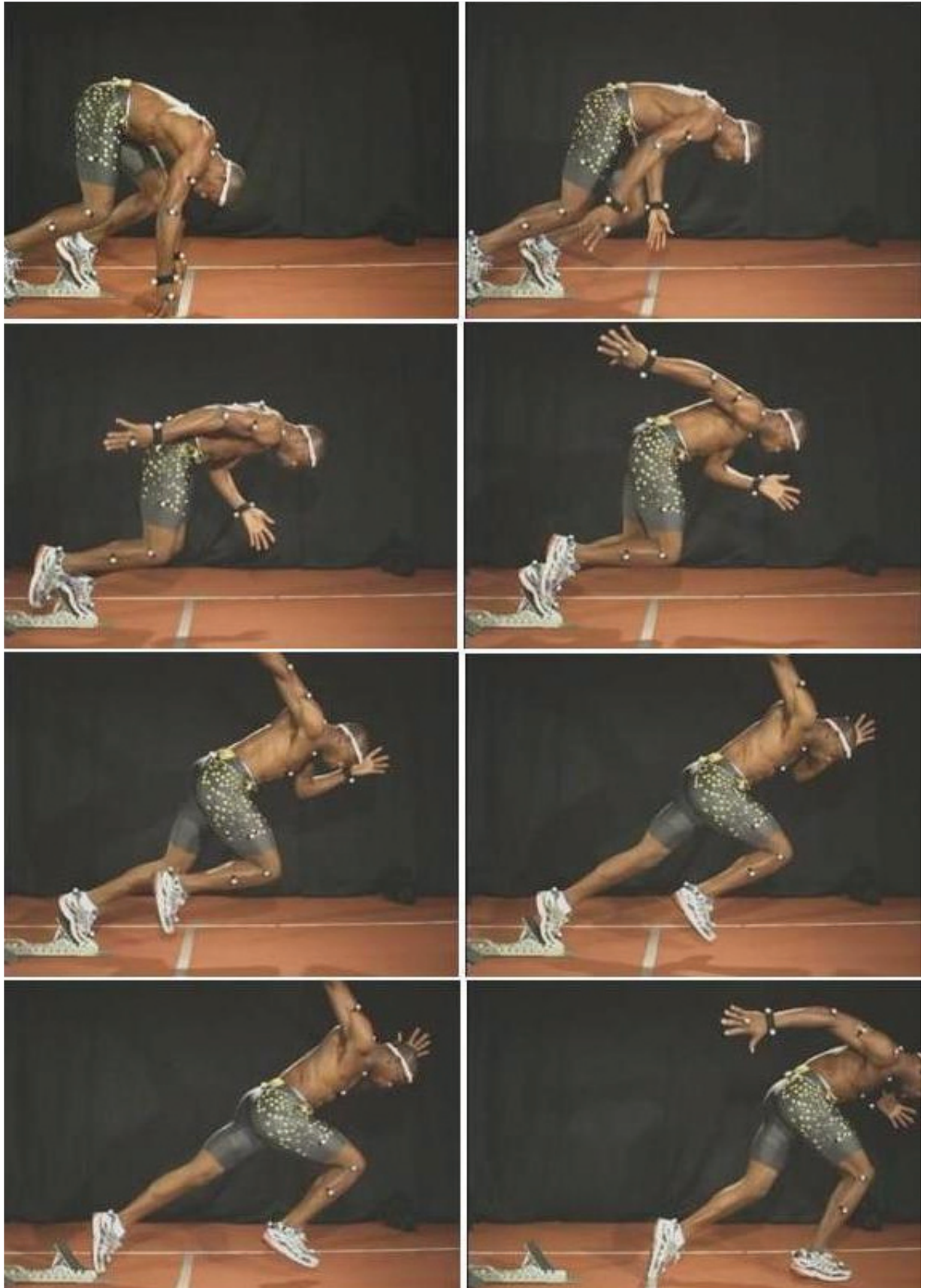
техника движения сохраняется до 30 шагов у спортсменов высшей квалификации. Затем индекс вновь возрастает к единице и начинает превосходить это значение.

Индекс активности характеризует интенсивность происходящих метаболических процессов в организме, что влияет на длительность их протекания. Общая зависимость этих отношений изменяется по экспоненциальной закономерности, что позволяет определить оптимальный индекс активности для прохождения дистанции.

Основная причина быстрого роста индекса активности к концу дистанции связана с утомлением, вызванным изменением соотношения парциальных давлений кислорода и углекислого газа в крови, что характерно для механизма удушья. При этом наблюдается напряжённость верхнего плечевого пояса. Циклоидальная форма движения ОЦМТ, двухзвеньевых кинематических маятников осуществляется по образующей с меньшим радиусом, увеличивается частота шагов и сокращается их длина, что в результате ведёт к уменьшению скорости бега.

Улучшение результата бега в этом случае зависит от развития скоростной выносливости, что достигается специальной физической подготовкой гемокордио-респираторных взаимоотношений. Реализация различных подходов в построении структуры тренировочного процесса бегунов на короткие дистанции допускает широкую их вариацию, но во всех случаях она требует учёта антропометрического анализа телосложения, характера протекания метаболических процессов и оптимизации объёма и содержания специальной физической подготовки и долевого соотношения общей и специальной подготовки.

Выводы. Спринтерский бег характеризуется фазами его протекания, к которым относятся: разгон ОЦМТ с низкого старта и вывод его на рабочую высоту гладкого бега по дистанции, что осуществляется при выполнении первых 3–4 шагов; вторая составляющая



ДРУЗЬ В. А., ОМЕЛЬЧЕНКО М. В., ОМЕЛЬЧЕНКО Д. А. Основи техніки спринтерського бега

Рис. 3. Выполнение первого шага низкого старта экс рекордсмена мира в беге на 100 м Асафы Пауэлла

стартового разгона характеризуется стабилизацией длины и частоты бегового шага, что приводит к изменению индекса активности и достижению максимальной скорости бега за счёт сокращения времени опоры и увеличения времени полёта; и третья фаза заключается в выполнении бега с максимально доступной скоростью.

Оптимальное условие техники выполнения низкого старта заключается в обеспечении движения ОЦМТ по параболической траектории, которая проходит через точку ОЦМТ в принятой позе спортсмена после команды «внимание». Данная парабола составляет линию, выходящую под углом 45° от основания опоры, и в начальной точке движения ОЦМТ этот угол направления его движения всегда остается меньше 45° . Величина этой разницы зависит от антропометрических особенностей соматотипа спортсмена.

Наиболее эффективное расположение стартовых колодок относительно друг друга и их отдалённость от стартовой линии полностью зависит от особенности увеличения силы на угол разгиба биомеханических звеньев нижней конечности и положения ног, при котором развивается наиболее высокий импульс силы, обеспечивающий разгон ОЦМТ.

Максимальная скорость линейного перемещения по дистанции достигается при соотношении в беговом шаге более высокой длительности времени полёта, чем времени опоры, что характеризуется индексом активности, который отражает уровень ква-

лификации спортсмена. Необходимые соотношения возникают благодаря тому, что центры массы, двухзвеньевых маятников конечностей осуществляют движения по циклоидальной траектории и при определённой её образующей и скорости её движения возникает достаточная подъёмная сила, обеспечивающая фазу полёта.

Длительность сохранения такого режима бега определяются уровнем активности метаболических процессов и длительностью сохранения их для обеспечения необходимой скорости бега. Увеличение продолжительности обеспечения необходимой интенсивностью метаболических процессов, что характеризуется скоростной выносливостью, достигается специальной физической подготовкой, состоящей в повышении эффективности гемо-кардиореспираторных показателей в их взаимообусловленном функционировании.

Перспективы дальнейших исследований. Изложенные положения составляют основу биомеханических характеристик спринтерского бега, что позволяет использовать метод математического компьютерного моделирования для построения оптимальной техники бега на базе учёта индивидуальных антропометрических данных соматотипа спортсмена и его текущего физического состояния. Развитие этого направления представляет содержание дальнейших исследований в совершенствовании подготовки спортсменов в спринтерском беге.

Список использованной литературы:

1. Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности / Н. А. Бернштейн. – М. : Медицина. – 1966. – с. 349.
2. Мирзоев О. Эстафетный бег 4x100 м / О. Мирзоев // Лёгкая атлетика. – № 1. – 2014. – С. 14–17.
3. Теоретико-методологическое обоснование развития скоростно-силовых качеств в скалолазании / Ж. Л. Козина, Е. А. Репко, К. Прусик и др. // Физическое воспитание студентов. – 2014. – № 1. – С. 27–33.
4. Гросс Х. Х. Рационализация спортивной техники на основе моделирования систем движения / Х. Х. Гросс, Д. Д. Донской // Теория и практика физической культуры. – 1974. – № 11. – С. 9–11.
5. Лапутин А. М. Биомеханика спорта : навч. посібн. / А. М. Лапутин, В. В. Гамалій, О. А. Архипов та ін. – К. : Олімпійська література, 2005. – С. 320.
6. Суорц Кл. Э. Необыкновенная физика обыкновенных явлений, Т. 1 / Кл. Э. Суорц. – М. : Наука, 1986. – С. 67–69.
7. Донской Д. Д. Биомеханика : учебник для институтов физической культуры / Д. Д. Донской, В. М. Зацюрский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – С. 182–183.
8. Бернштейн Н. Л. О ловкости и ее развитии / Н. Л. Бернштейн. – М. : Физкультура и спорт, 1991. – С. 288.

Стаття надійшла до редакції: 12.05.2015 р.

Опубліковано: 30.06.2015 р.

Анотація. Друзь В. А., Омельченко М. В., Омельченко Д. О. Основи техніки спринтерського бігу. **Мета:** встановити біомеханічні закономірності переміщення тіла, що забезпечують максимально високу швидкість спринтерського бігу. **Матеріали і методи:** аналіз і обробка науково-методичної літератури з даної проблеми, антропометричні характеристики обстежуваного контингенту спортсменів і аналіз швидкісних зйомок провідних бігунів світу. **Результати:** біомеханічні основи техніки спринтерського бігу складають розгін і переміщення загального центру маси тіла спортсмена по параболическій кривій у фазі старту з урахуванням початкової висоти його знаходження в позі низького старту. Подальше його переміщення відбувається за циклоїдальною траєкторією, яка утворюється за рахунок маятниковподібних рухів кінцівок, що створюють підйомну силу, що забезпечує в біговому кроці тривалість польоту більшу, ніж тривалість опорної фази. **Висновки:** отримані біомеханічні закономірності техніки спринтерського бігу дозволяють підвищити ефективність підготовки спортсменів у спринтерському бігу.

Ключові слова: індекс активності, техніка бігу, параболическі та циклоїдальні траєкторії переміщення загального центру маси тіла, антропометричні характеристики.

Abstract. Druz V. A., Omelchenko M. V., Omelchenko D. O. Bases of technique of sprinting. **Purpose:** to determine the biomechanical consistent patterns of a movement of a body providing the highest speed of sprinting. **Material and Methods:** the analysis of scientific and methodical literature on the considered problem, the anthropometrical characteristics of the surveyed contingent of sportsmen, the analysis of high-speed shootings of the leading runners of the world. **Results:** the biomechanical bases of technique of sprinting make dispersal and movement of the general center of body weight of the sportsman on a parabolic curve in a start phase taking into account the initial height of its stay in a pose of a low start. Its further movement happens on a cycloidal trajectory which is formed due to a pendulum movement of the extremities creating the lifting power which provides flight duration more in a running step, than duration of a basic phase. **Conclusions:** the received biomechanical regularities of technique of sprinting allow increasing the efficiency of training of sportsmen in sprinting.



Keywords: *index of activity, technique of run, parabolic and cycloidal trajectories of movement of the general center of a body weight, anthropometrical characteristics.*

References:

1. Bernshteyn N. A. *Ocherki po fiziologii dvizheniy i fiziologii aktivnosti [Essays on the physiology of movements and activity physiology]*, Moscow, 1966, p. 349. (rus)
2. Mirzoyev O. *Legkaya atletika [Light athletics]*, vol. 1, 2014, p. 14–17. (rus)
3. Kozina Zh. L., Repko Ye. A., Prusik K. at al. *Fizicheskoye vospitaniye studentov [Physical education students]*, 2014, vol. 1, p. 27–33. (rus)
4. Gross Kh. Kh., Donskoy D. D. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury [Theory and Practice of Physical Culture]*, 1974, vol. 11, p. 9–11. (rus)
5. Laputin A. M., Gamaliy V. V., Arkhipov O. A. at al. *Biomekhanika sportu [Sport Biomechanics]*, Kyiv, 2005, p. 320. (ukr)
6. Suorts Kl. E. *Neobyknovennaya fizika obyknovennykh yavleniy [The extraordinary physics of ordinary phenomena]*, vol. 1, Moscow, 1986, p. 67–69. (rus)
7. Donskoy D. D., Zatsiorskiy V. M. *Biomekhanika : uchebnik dlya institutov fizicheskoy kultury [Biomechanics]*, Moscow, 1979, p. 182–183. (rus)
8. Bernshteyn N. L. *O lovkosti i yeye razvitiy [About dexterity and its development]*, Moscow, 1991, p. 288. (rus)

Received: 12.05.2015.

Published: 30.06.2015.

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., професор; 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

Омельченко Марина Володимирівна: Школа вищої спортивної майстерності з легкої атлетики: пр. Московський 246а, Харків, 61099, Харків, Україна.

Омельченко Марина Владимировна: Школа высшего спортивного мастерства по легкой атлетике: пр. Московский 246а, Харьков, 61099, Харьков, Украина.

Maryna Omelchenko: High school sports skills Athletics: Moscovskiy Ave. 246a, Kharkov, 61099, Kharkov, Ukraine.

ORCID.ORG/0000-0001-9890-0987

E-mail: morskaymm@inbox.ru

Омельченко Дмитро Олексійович: Харківська державна академія фізичної культури: вул Клочківська 99, м. Харків, 61058, Україна.

Омельченко Дмитрий Алексеевич: Харьковская государственная академия физической культуры: ул Клочковская 99, г. Харьков, 61058, Украина.

Dmytro Omelchenko: Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.

ORCID.ORG/0000-0002-3761-9419

E-mail: omelchenko_dmitriy@inbox.ru

Бібліографічний опис статті:

Друзь В. А. Основы техники спринтерского бега / В. А. Друзь, М. В. Омельченко, Д. А. Омельченко // Слобожанський науково-спортивний вісник. – Харків : ХДАФК, 2015. – № 3(47). – С. 41–46. – dx.doi.org/10.15391/sns.v.2015-3.007

