

УДК 796.42
ББК 75.711-55
Ч 57

А.В. Чечин

Старший преподаватель кафедры лёгкой атлетики Института физической культуры и дзюдо Адыгейского государственного университета; т. 8 (8772) 54-17-23

О КИНЕМАТИКЕ СТОПЫ В ОПОРНЫЙ ПЕРИОД В СПРИНТЕРСКОМ БЕГЕ ПО ПОВОРОТУ

(РЕЦЕНЗИРОВАНА)

Аннотация. В статье приведены итоги исследований кинематики стопы и голени в опорный период при спринтерском беге на различных частях поворота и в беге по прямой.

Ключевые слова: спринтерский бег, бег по повороту, стопа, кинематика.

A.V. Chechin

Senior Lecturer of Track and Field Athletics Department at Institute of Physical Training and Judo of the Adyge State University; ph.: 8(8772) 54-17-23

ON FOOT KINEMATICS DURING THE BASIC PERIOD IN THE SPRINTING AT THE BEND OF THE ROAD

Abstract. The paper provides the results of researches of kinematics of foot and a shin during the basic period of a sprinting at various parts of turn and in run along a straight line.

Keywords: a sprinting, run at the bend of the road, foot, kinematics.

В настоящее время техника спринтерского бега достаточно детально изучена и проанализирована многими исследователями [1, 2, 6, 13 и др.]. В то же время исследование техники бега по повороту (виражу) производилось лишь в нескольких работах [5, 11, 12]. При этом целью подобных исследований было либо изучение техники бега по повороту (виражу) в условиях стадиона или манежа в целом, что не позволяло детализировать отдельные её элементы, либо определение пространственно-временных характеристик крупных сегментов тела. Способы постановки стопы как сегмента тела непосредственно контактирующего с опорой, и её кинематика в опорный период изучались в них лишь плоскости движения [12], что значительно упрощало не только сам анализ техники, но и его результаты. В настоящее время ряд исследований позволил восполнить пробел в знаниях о способах постановки и кинематике стопы в опорный период в спринтерском беге по прямой [7-10], а также в стартовом разгоне [4, 9]. Однако эти важнейшие элементы техники спринтерского бега с максимальной скоростью по повороту остаются практически неизученными, что, в свою очередь, не позволяет создать полного представления о ней, подобрать эффективные, научно обоснованные средства и методы для её совершенствования.

В связи с этим **целью** исследования являлось изучение особенностей постановки и кинематики стопы в опорный период в спринтерском беге на различных участках поворота. Кроме этого, рассматривался угол постановки голени как сегмента, непосредственно связанного со стопой, прямо определяющего её кинематику.

Методика. В исследовании применялся плоскостной видеоанализ. Для получения данных о кинематике стопы производилась крупномасштабная съёмка тремя камерами (спереди, сзади и сбоку) стопы и голени спринтеров, выполняющих бег по повороту в трех различных участках (вход, середина и выход) и по прямой (бег по дистанции) по четвертой дорожке стадиона.

В эксперименте приняли участие 20 спринтеров-мужчин, имеющих квалификацию 1 разряд – кандидат в мастера спорта (КМС) (рост $176,5 \pm 6,3$ см, вес $67,5 \pm 5,6$ кг). Каждый из испытуемых дважды преодолевал дистанцию от 30 до 50 метров по четвертой дорожке стадиона (радиусом 40,25 м), начиная бег с высокого старта. Съёмка производилась на следующих участках: 1) на 20-22 метре дистанции 200 метров (вход); 2) на 53-55 метре поворота (середина); 3) на 88-90 метре дистанции 200 м (выход); 4) в беге по прямой на 40-42 метре дистанции 50 м. Съёмка производилась камерами JVC GR-D379E с частотой съёмки 50 кадров в секунду при постоянной выдержке 1/500. На входе, середине и выходе из поворота передняя и задняя камеры располагались на касательной к дуге дорожки в предполагаемом месте постановки стопы. Съёмка на прямой проводилась тремя камерами (спереди, сбоку и сзади) в месте постановки стопы на опору и последующего взаимодействия.

Определялись следующие характеристики стопы при её постановке на опору (рис. 1): 1) угол стопы (α); 2) угол подошвы (β); 3) угол голени (γ).

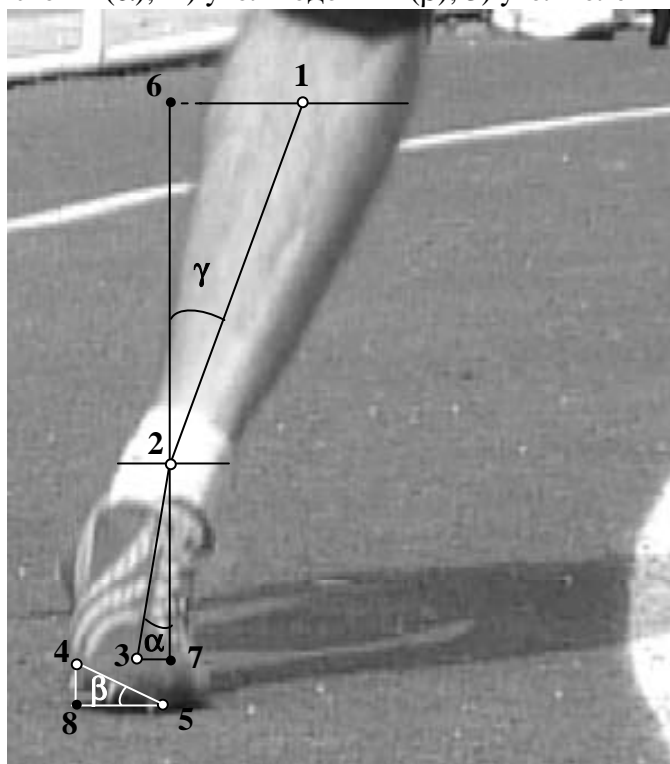


Рис. 1. Способы определения углов стопы (α), подошвы (β), голени (γ)

Координаты точек 1-8 (рис. 1) определялись при помощи стандартного графического редактора Microsoft Paint. Углы вычислялись в Microsoft Excel в соответствии со следующей формулой: $\sin \alpha = a/c$, где α – определяемый угол; a – противолежащий катет; c – гипотенуза.

Достоверность различий выборочных средних определялась при помощи однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA).

Результаты и обсуждение. Как следует из анализа данных таблиц 1 и 2, все рассматривавшиеся показатели значительно различаются у правой и левой ноги при беге на всех участках поворота, в то время как в беге по прямой эти показатели одинаковы.

Так, установлено, что левая (внутренняя) стопа во всех трех точках съёмки на повороте ставится носком, развёрнутым к внутренней линии беговой дорожки (бровке), хотя угол стопы в момент её постановки на дорожку достоверно меньше, чем в беге по прямой. При этом необходимо отметить, что, начиная с входа в поворот, угол стопы постепенно уменьшается (различия показателя на входе в поворот и выходе из него достоверны $p < 0,001$).

Правая (внешняя) стопа развёрнута вправо (а не влево, как считалось ранее [1, 2, 6]). При этом величина угла правой стопы больше, чем левой; в середине поворота этот показатель практически не отличается от зафиксированного в беге по прямой. На входе и

выходе из поворота угол правой стопы несколько больше значений, отмеченных в беге по прямой (различия угла стопы на входе в поворот и на прямой достоверны, $p < 0,01$). Такая постановка правой (внешней) стопы на дорожку, очевидно, обусловлена противодействием центробежной силе.

Как видно из представленных данных, при беге на различных участках поворота значительно отличаются углы правой и левой голени при постановке ноги на дорожку (во всех случаях различия достоверны $p < 0,001$).

Таблица 1.

Угловые характеристики в момент постановки стопы на опору в беге на различных частях поворота и в беге по прямой

Углы	Ноги	Величины ($\bar{x} \pm \delta$) (°)			
		Вход	Середина	Выход	Прямая
Стопы	правая	33,7 ± 2,81	29,3 ± 3,71	31,6 ± 4,17	29,5 ± 4,17
	левая	20,1 ± 3,59	19,6 ± 5,04	17,5 ± 4,22	28,8 ± 1,90
Достоверность различий*		116,10	30,88	73,11	0,32
Голени	правая	3,3 ± 1,36	2,0 ± 1,44	1,4 ± 0,77	8,7 ± 2,25
	левая	20,9 ± 2,76	22,6 ± 2,04	24,1 ± 2,01	8,5 ± 1,89
Достоверность различий*		423,25	871,72	446,28	0,03
Подшвы	правая	8,6 ± 5,37	17,3 ± 3,90	18,4 ± 2,82	35,7 ± 10,34
	левая	28,0 ± 5,82	24,1 ± 5,57	30,4 ± 5,21	31,4 ± 7,09
Достоверность различий*		78,30	13,24	53,39	1,57

*Приведены расчётные величины F-критерия, граничные значения F-критерия следующие: $F_{0,05} = 4,10$, $F_{0,01} = 7,35$, $F_{0,001} = 12,71$

Причем наибольшая разница зафиксирована на участке выхода из поворота. Это не позволяет считать, что в беге по повороту наклон в сторону центра поворота осуществляется всем телом [1, 11, 12], во всяком случае углы наклона у различных сегментов тела могут значительно различаться.

У большинства испытуемых правая (внешняя) голень особенно при пробегании входа и середины поворота в момент постановки стопы находилась в почти вертикальном положении. Более того, двое из испытуемых в момент постановки стопы имели небольшой отрицательный угол голени. Несомненно, это является следствием противодействия центробежной силе, хотя механизм противодействия в этом случае менее очевиден, чем при развороте правой (внешней) стопы наружу.

Необходимость противодействовать центробежной силе при беге по повороту, очевидно, объясняет и тот факт, что, как было установлено, правая (внешняя) стопа ставится на дорожку более плоско, чем левая (внутренняя) стопа. Так, как видно из табл. 1, угол подошвы правой стопы достоверно меньше, чем левой на всех участках поворота. Также достоверно меньше угол подошвы правой стопы на всех участках поворота, чем в беге по прямой. Правая стопа ставится наиболее плоско при входе в поворот (различия угла подошвы на входе в поворот и в его середине, а также на выходе из поворота достоверны), а в середине и выходе поворота углы практически одинаковы ($p > 0,05$).

Различия угла подошвы левой стопы в беге по повороту и на прямой лишь один раз достигают достоверных величин – в середине поворота.

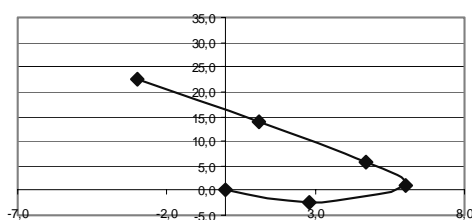
Различия угловых характеристик сегментов правой и левой ног при постановке стопы на дорожку в беге по повороту привели к различиям показателей кинематики этих сегментов тела в период опоры. Так, маркер, укрепленный на бугре пяточной кости обеих стоп, за период опоры на всех трёх различных участках поворота двигался внутрь. Однако траектории движения маркера, укрепленного на правой и левой стопе, значительно отличаются на всех участках поворота (рис. 2). Значительно меньше различий траекторий маркеров в опорный период на различных участках поворота у одной и той же ноги (рис. 2).

Таблица 2.

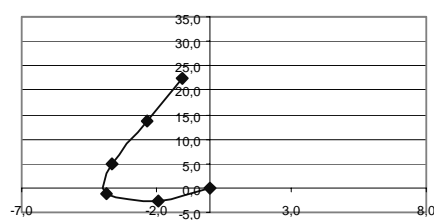
Достоверность различий рассматриваемых показателей при постановке стопы на опору на различных участках поворота и прямой

Углы	Участки поворота	F-критерий	Достоверность различий
Правой стопы	вход-середина	11,75	p<0,01
	вход-выход	2,36	p>0,05
	вход-прямая	9,12	p<0,01
	середина-выход	2,18	p>0,05
	середина-прямая	0,02	p>0,05
	выход-прямая	1,60	p>0,05
Левой стопы	вход-середина	0,06	p>0,05
	вход-выход	59,76	p<0,001
	вход-прямая	54,74	p<0,001
	середина-выход	1,38	p>0,05
	середина-прямая	37,51	p<0,001
	выход-прямая	77,31	p<0,001
Правой голени	вход-середина	6,32	p<0,05
	вход-выход	20,72	p<0,001
	вход-прямая	45,51	p<0,001
	середина-выход	0,82	p>0,05
	середина-прямая	68,85	p<0,001
	выход-прямая	101,28	p<0,001
Левой голени	вход-середина	2,89	p>0,05
	вход-выход	10,95	p<0,01
	вход-прямая	177,86	p<0,001
	середина-выход	3,63	p>0,05
	середина-прямая	328,82	p<0,001
	выход-прямая	411,14	p<0,001
Правой подошвы	вход-середина	22,43	p<0,001
	вход-выход	34,35	p<0,001
	вход-прямая	70,56	p<0,001
	середина-выход	0,73	p>0,05
	середина-прямая	36,15	p<0,001
	выход-прямая	33,81	p<0,001
Левой подошвы	вход-середина	2,98	p>0,05
	вход-выход	1,26	p>0,05
	вход-прямая	1,74	p>0,05
	середина-выход	8,84	p<0,01
	середина-прямая	8,33	p<0,01
	выход-прямая	0,14	p>0,05

Траектория маркера на пяточном бугре левой (внутренней) стопы в период опоры на всех участках поворота аналогична траектории, отмеченной в опорный период в спринтерском беге по прямой [8, 9]: при амортизации он движется вниз и внутрь, смещаясь по горизонтали с момента касания дорожки на входе, середине и выходе из поворота на 6,1, 5,9 и 6,3 см соответственно, а в беге по прямой – на 6,3 см.



вход – левая стопа



вход – правая стопа

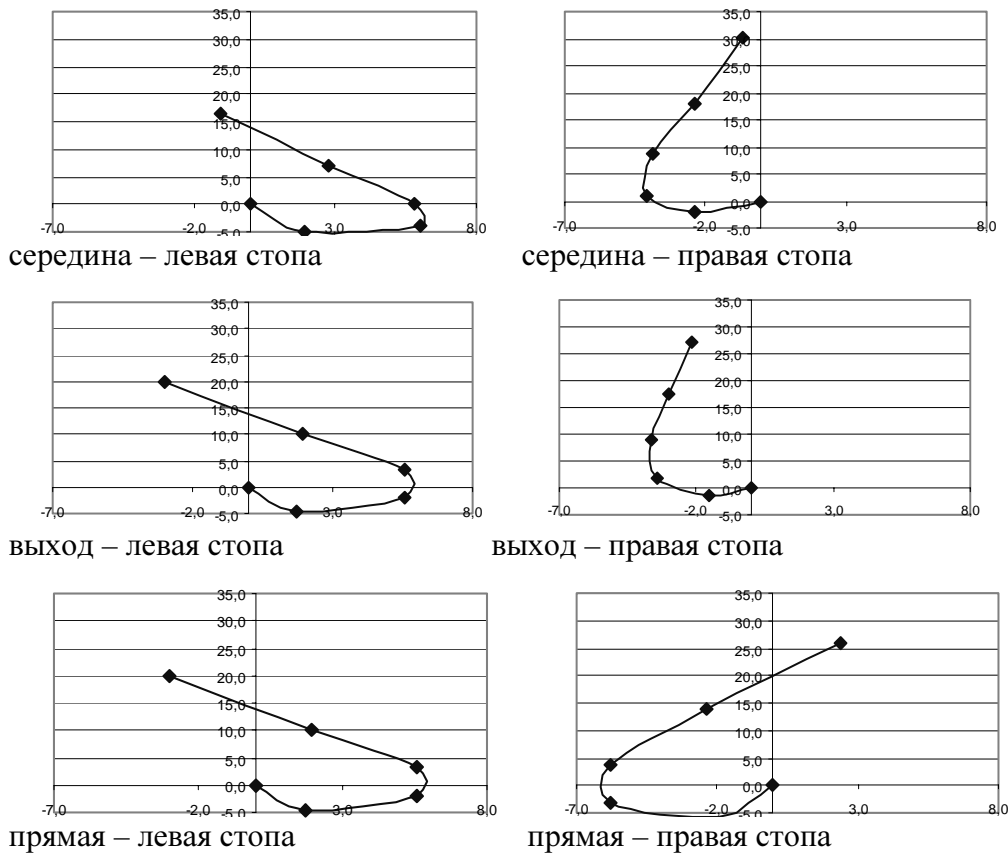


Рис. 2. Траектория маркера, укрепленного на бугре пяточной кости в опорные периоды в беге на различных участках поворота и прямой (испытуемый П-ий, КМС)

При рассмотрении траектории маркера, укрепленного на бугре пяточной кости правой (внешней) стопы, становятся заметны явные отличия в его движении. Так, гораздо менее выражено движение маркера вниз, а его горизонтальное смещение внутрь значительно меньше, чем в беге по прямой (6,6 см) на всех участках поворота (4,2 см на входе, 4,0 см в середине и 4,2 см при выходе из поворота).

Меньшая величина смещения пятки правой стопы внутрь также подтверждает, что правая (внешняя нога) в значительной мере решает задачу противодействия центробежной силе, возникающей при беге на различных участках поворота.

Выводы. Биомеханические особенности спринтерского бега по повороту (в первую очередь, необходимость противодействия центробежной силе) обуславливают выраженные различия кинематики стопы и голени правой и левой ног. В ходе исследования выявлены значительные различия в постановке стопы в беге на различных участках поворота и в беге по прямой. Стопа левой (внутренней) ноги в беге по повороту ставится с разворотом носка внутрь поворота с углом подошвы незначительно меньшим, чем при беге по прямой; стопа правой (внешней) ноги ставится больше развернутой носком наружу и более плоско. Смещение пятки стопы вниз-внутрь, характерное для бега по прямой, гораздо более выражено при беге по повороту у левой стопы.

В момент постановки стопы на дорожку угол голени левой и правой ног в беге на различных участках поворота значительно отличается: левая голень наклонена внутрь поворота своим проксимальным концом; правая голень имеет незначительный наклон внутрь, а в некоторых случаях ставится под прямым и даже под отрицательным углом.

Окончательное заключение об особенностях постановки стопы на различных участках поворота и её кинематики в опорный период в беге с максимальной скоростью и их эффективности может быть сделано после детального изучения техники как можно большего числа высококвалифицированных спринтеров на различных дорожках стадиона, а также с

применением более информативных методов исследования. Это определяет направленность дальнейших исследований в этом направлении.

Примечания:

1. Бег на короткие дистанции / Е.Е. Аракелян [и др.] // Легкая атлетика: учебник / под ред. Н.Г. Озолина, В.И. Воронкина, Ю.Н. Примакова. М.: ФиС, 1989. С. 201-254.
2. Биомеханика спринтерского бега: учеб. пособие / В.В. Тюпа [и др.]. М., 1981. 77 с.
3. Биомеханические аспекты визуальной оценки техники бега: метод. разработки / В.В. Тюпа [и др.]. М.: ГЦОЛИФК, 1991.
4. Булькин Д.О. Техника стартовых действий в футболе и легкоатлетическом спринте: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 2007. 22 с.
5. Евеньев А.А. Формирование оптимальной темпо-ритмовой структуры бега с максимальной скоростью по повороту и методика её совершенствования на этапе высшего спортивного мастерства: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Киев, 1990. 20 с.
6. Левченко А.В. Соревновательная деятельность в беге на короткие дистанции. М.: РГАФК, 1996. 77 с.
7. Немцев О.Б., Доронина Е.А. Взаимодействие стопы с опорой в спринтерском беге. Майкоп: Изд-во АГУ, 2008. 117 с.
8. Немцев О.Б., Доронина Е.А., Чечин А.В. Об особенностях постановки и кинематики стопы в период опоры в беге на 100 метров // Физическая культура, спорт: наука и практика. 2008. № 2. С. 24-30.
9. Немцев О.Б., Чечин А.В. Об особенностях постановки стопы спринтерами в стартовом разбеге и беге по дистанции // Физическое воспитание и спорт: проблемы и решения: науч. тр. кафедры легкой атлетики ИФК и дзюдо АГУ. Майкоп: Изд-во АГУ, 2007. С. 69-74.
10. Немцев О.Б., Доронина Е.А. Об эффективности различных способов постановки стопы на опору в спринтерском беге // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2007. № 10. С. 60-62.
11. Умаров А.А., Примаков Ю.Н., Тюпа В.В. Бег по виражу – техника и поиск // Легкая атлетика. 1992. № 8-9. С. 14-15.
12. Умаров А.А. Особенности техники бега с максимальной скоростью по виражу // Научный атлетический вестник. М.: СпортАкадемПресс, 2000. Т. 2, № 1. С. 15-20.
13. Hommel H., Vittori C., Piaff D. NSA Photosequence 15: 200 metres start. Carl Lewis // New Studies in Athletics. 1991. V. 6, N. 1. P. 75-84.