

See discussions, stats, and author profiles for this publication at:
<https://www.researchgate.net/publication/274720105>

Interdependencies of kinematic characteristics of athlete's movements in maximal sprinting

Article · March 2015

DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2015.03.121.p84-88

CITATIONS

0

READS

40

5 authors, including:



Oleg Nemtsev

Adyghe State University

27 PUBLICATIONS 12 CITATIONS

SEE PROFILE



Natalia Nemtseva

Adyghe State University

18 PUBLICATIONS 4 CITATIONS

SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by **Oleg Nemtsev** on 10 April 2015.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

3. Совершенствовать обостряющие передачи в одно касание и обыгрыш соперника один в один, так как успешное выполнение этих технико-тактические приемы повлечет за собой повышение результативности команды.

Контактная информация: ben226@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.03.2015.

УДК 796.422.12

ЗАВИСИМОСТИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЙ СПРИНТЕРА В БЕГЕ С МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТЬЮ

Олег Борисович Немцев, доктор педагогических наук, профессор, Наталья Алексеевна Немцева, кандидат педагогических наук, доцент, Анатолий Михайлович Доронин, доктор педагогических наук, профессор, Адыгейский государственный университет (АГУ), Майкоп; Ирина Николаевна Грекалова, кандидат педагогических наук, доцент, Краснодарский государственный университет культуры и искусств (КГУКИ); Юлия Олеговна Кучеренко, Красногорский колледж (КК)

Аннотация

Целью исследования являлось определение зависимостей основных характеристик техники и скорости спринтерского бега. В исследовании приняли участие трое спринтеров-мужчин (лучший результат сезона в беге на 100 метров $10,56 \pm 0,24$ с) и шесть женщин (лучший результат сезона $12,23 \pm 0,38$ с). Кинематические характеристики движений спринтеров определялись при помощи двумерного видеоанализа (использовалось программное обеспечение SkillSpector) видеозаписей (частота съёмки 240 Гц) техники бега на отметке 40 метров 50-метровой дистанции. Для определения характера взаимосвязей показателей техники и скорости спринтерского бега использовались корреляционный и множественный регрессионный анализ. Были обнаружены сильные статистические взаимосвязи между скоростью спринтерского бега и длиной шага ($r=0,89$), горизонтальной скоростью голеностопного сустава в момент касания дорожки ($r=0,75$), углом отталкивания ($r=0,72$), максимальной угловой скоростью бедра маховой ноги в период опоры ($r=0,87$), углом бедра маховой ноги с вертикалью в моменты касания дорожки ($r=-0,78$) и отрыва от неё ($r=-0,70$). Множественный регрессионный анализ показал, что скорость спринтерского бега на 96,5% определяется длиной шага и временем опоры.

Ключевые слова: скорость бега, длина шага, время опоры, двумерный видеоанализ.

DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2015.03.121.p84-88

INTERDEPENDENCIES OF KINEMATIC CHARACTERISTICS OF ATHLETE'S MOVEMENTS IN MAXIMAL SPRINTING

Oleg Borisovich Nemtsev, the doctor of pedagogical sciences, professor, Natalia Alekseevna Nemtseva, the candidate of pedagogical sciences, senior lecturer, Anatoly Mikhailovich Doronin, the doctor of pedagogical sciences, professor, Adygea State University, Maykop; Irina Nikolaevna Grekalova, the candidate of pedagogical sciences, Krasnodar State University of Culture and Art; Julia Olegovna Kucherenko, Krasnogorsk College

Annotation

The objective of this study was identification of dependencies of main characteristics of running technique and sprinting speed. Three male (seasonal best result 10.56 ± 0.24 s) and six female (seasonal best result 12.23 ± 0.38 s) took part in the investigation. The authors used 2D video analysis (frequency of videotaping 240 Hz, SkillSpector software) of sprinting technique at 40 meters mark of 50 meters distance. Correlation and multiple regression analysis were used for determination of relationships between running speed and characteristics of sprinting technique. There were found strong correlation dependences between sprinting speed and step length ($r=0.89$), ankle horizontal velocity at touchdown ($r=0.75$), takeoff angle ($r=0.72$), maximal angular velocity of the swing leg hip ($r=0.87$), swing leg hip angle at touchdown ($r=-0.78$) and at takeoff ($r=-0.70$). Multiple regression analysis showed that sprinting speed are determined by 96.5% with the step length and contact time.

Keywords: running speed, step length, contact time, 2D video analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, скорость бега прямо определяется произведением длины и частоты шагов. В то же время существуют противоречивые сведения как о соотношении этих важнейших показателей техники спринтерского бега у спринтеров различной квалификации, так и о зависимостях скорости бега и других показателей техники. Так, например, ряд исследователей утверждают, что частота шагов растёт с увеличением скорости, а длина шага может с ростом скорости уменьшаться [3], показывают, что скорость бега и частота шагов имеют сильную статистическую зависимость, в то время как скорость и бега и длина шага связаны слабо [2]. Другие исследователи, наоборот, приводят уравнения регрессии, согласно которым увеличение скорости бега связано с увеличением длины шага [4], наблюдают сильную корреляцию между скоростью бега и длиной шага и только слабую – между скоростью бега и частотой шагов [5]. В связи с этим исследования реальных примеров зависимости скорости спринтерского бега и показателей техники позволяют расширить объём знаний для понимания механизмов достижения высокой скорости бега. Поэтому целью исследования являлось определение зависимостей скорости и характеристик техники спринтерского бега.

МЕТОДИКА

В исследовании приняли участие девять спринтеров:

- три мужчины (возраст $21,4 \pm 1,1$ года, рост $182,7 \pm 8,7$ см, вес $79,7 \pm 8,7$ кг, лучший результат сезона в беге на 100 метров $10,56 \pm 0,24$ с);
- шесть женщин (возраст $21,5 \pm 2,4$ года, рост $166,2 \pm 4,6$ см, вес $55,7 \pm 5,7$ кг, лучший результат сезона в беге на 100 метров $12,23 \pm 0,38$ с).

Определение показателей техники и скорости спринтерского бега осуществлялось на основе анализа видеозаписей, выполненных в ходе специально организованного эксперимента. Каждый испытуемый после стандартной разминки выполнял две попытки спринтерского бега с низкого старта на дистанцию 50 метров с максимально возможной скоростью. Учитывались показатели техники в лучшей попытке из двух (по времени преодоления дистанции 50 метров). Для видеосъёмки использовалась цифровая видеокамера Casio EX-ZR700 с частотой съёмки 240 Гц. Камера устанавливалась в 20 м от края дорожки, её оптическая ось была перпендикулярна направлению движения спортсмена и совпадала с отметкой 40 метров дистанции бега. Двумерный анализ техники движений спринтеров проводился при помощи программного обеспечения SkillSpector (Версия 1.3.2), использовалась модель "Full Body" с 20 точками. Показатели техники бега определялись у всех спортсменов в период от касания дорожки правой ногой до касания дорожки левой ногой:

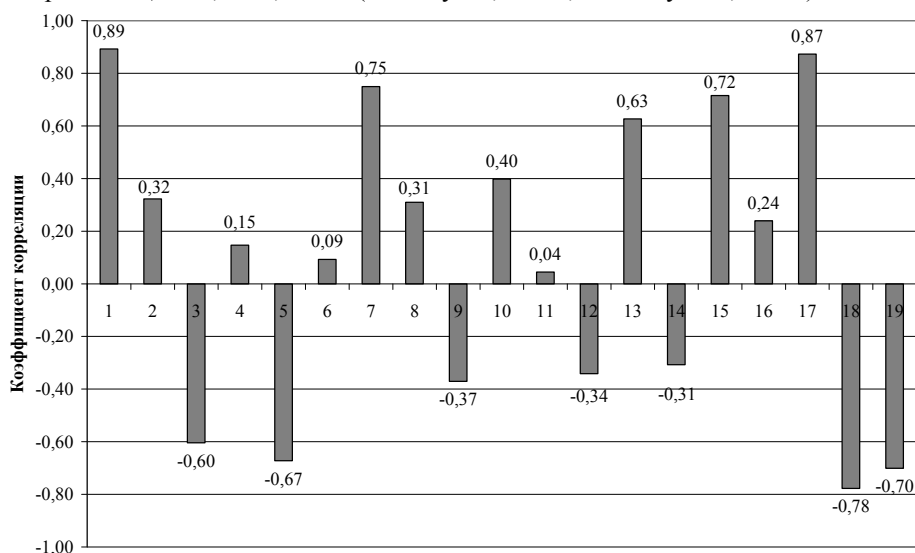
- средняя скорость общего центра масс тела (ОЦМТ);
- длина шага, частота шагов;
- время опоры, время амортизации (от касания дорожки до момента, когда угол коленного сустава (КС) опорной ноги минимален);
- время отталкивания (от момента, когда угол КС опорной ноги минимален, до момента отрыва от дорожки);
- время полёта;
- горизонтальная и вертикальная скорость голеностопного сустава (ГС) в момент касания дорожки;
- расстояние между проекциями на горизонтальную плоскость ОЦМТ и пятки опорной ноги;
- угол КС опорной ноги в момент касания дорожки и отрыва от неё, минимальный угол КС опорной ноги за период опоры;

- горизонтальное перемещение ОЦМТ за период опоры;
- вертикальная скорость ОЦМТ в момент отрыва от дорожки;
- угол отталкивания (угол между вектором скорости ОЦМТ и горизонталью в направлении движения);
- средняя угловая скорость махового бедра за период опоры;
- максимальная угловая скорость махового бедра за период опоры;
- угол махового бедра с вертикалью (от тазобедренного сустава вверх) в момент касания дорожки;
- угол махового бедра с вертикалью в момент отрыва от дорожки.

Сглаживание данных проводилось при помощи сплайн-фильтра пятого порядка. Определение направленности и тесноты взаимосвязи между рассматриваемыми показателями проводилось при помощи корреляционного анализа (Пирсона). Для количественной оценки взаимосвязи скорости спринтерского бега и показателей техники применялся множественный регрессионный анализ (пошаговой метод, вероятность F-включения $\leq 0,050$, вероятность F-исключения $\geq 0,100$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во время эксперимента испытуемые спринтеры показали за период одиночного шага скорость ОЦМТ $8,79 \pm 1,04$ м/с (минимум 7,72 м/с, максимум 10,46 м/с).



Обозначения: 1 – длина шага, 2 – частота шагов, 3 – время опоры, 4 – время амортизации, 5 – время отталкивания, 6 – время полёта, 7 – горизонтальная скорость ГС, 8 – вертикальная скорость ГС, 9 – расстояние ОЦМТ – пятка, 10 – угол КС в момент касания дорожки, 11 – минимальный угол КС, 12 – угол КС в момент отрыва, 13 – перемещение ОЦМТ за период опоры, 14 – вертикальная скорость ОЦМТ, 15 – угол отталкивания, 16 – средняя скорость бедра, 17 – максимальная скорость бедра, 18 – угол бедра при касании, 19 – угол бедра при отрыве

Рис. 1. Коэффициенты корреляции между значением скорости спринтерского бега и показателями техники

Как видно на первом рисунке, обнаружено шесть сильных статистических взаимосвязей [по 1] между скоростью ОЦМТ в спринтерском беге и следующими показателями техники:

- длиной шага ($r=0,89$);
- горизонтальной скоростью ГС при касании дорожки ($r=0,75$);
- углом отталкивания ($r=0,72$);

- максимальной скоростью махового бедра в период опоры ($r=0,87$);
- углом бедра маховой ноги в момент касания дорожки ($r=-0,78$);
- углом бедра маховой ноги в момент отрыва от дорожки ($r=-0,70$).

Сильные взаимосвязи между скоростью бега и длиной шага, а также горизонтальной скоростью ГС могут, конечно, во многом быть следствием механического увеличения этих показателей с ростом скорости бега. Однако отметим, что рекомендация "ставить в спринтерском беге ногу под себя", иными словами, уменьшать скорость ГС опорной ноги в направлении бега, в данном случае не получает подтверждения. Также не подтверждает эту рекомендацию слабая взаимосвязь ($r=-0,37$) скорости бега с расстоянием от проекции ОЦМТ на горизонтальную плоскость до пятки опорной ноги. Впрочем, знак коэффициента корреляции, в целом, соответствует названной тенденции: чем ближе пятка к проекции ОЦМТ, тем выше скорость бега.

Сильная положительная взаимосвязь ($r=0,72$) скорости бега с углом отталкивания является, очевидно, следствием уменьшения эффективности спринтерского бега с увеличением скорости, так как ведёт к увеличению вертикальных колебаний ОЦМТ. Наличие сильной взаимосвязи скорости бега и максимальной угловой скорости махового бедра в период опоры ($r=0,87$) и, при этом, только слабой взаимосвязи скорости бега и средней угловой скорости махового бедра ($r=0,24$) объясняется, очевидно, тем, что наиболее быстрые спринтеры выполняют активный мах бедром более активно в конце амортизации – начале отталкивания, а в заключительные моменты отталкивания маховое бедро имеет невысокую скорость; менее же квалифицированные спринтеры выполняют мах бедром более равномерно на протяжении периода опоры.

Также обнаружены сильные взаимосвязи скорости бега с положением махового бедра в моменты касания ($r=-0,78$) и отрыва от дорожки ($r=-0,70$): более быстрые спринтеры имеют в момент касания намного меньший угол между вертикалью и маховым бедром (рис. 2), из этого положения они более активно выполняют мах бедром, что приводит к его большему сгибанию в момент отрыва от дорожки (рис. 2).

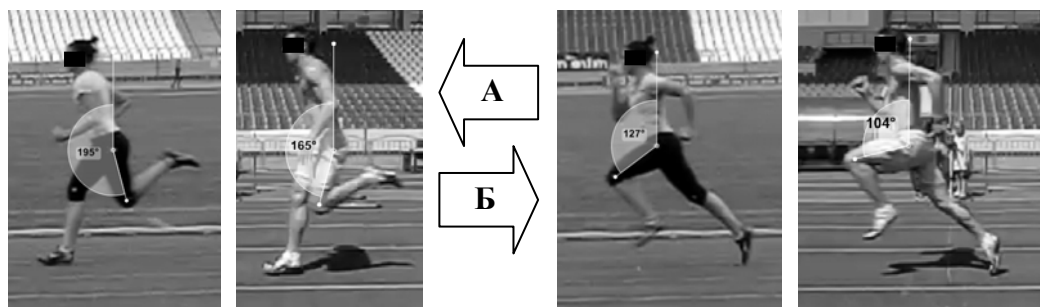


Рис. 2. Угол бедра маховой ноги в моменты касания дорожки (А) и отрыва от неё (Б) у спринтеров, имеющих разную скорость бега (слева – девушка, лучший результат сезона в беге на 100 метров 12,80 с, справа – мужчина, лучший результат сезона 10,28 с)

Отметим также средние зависимости скорости бега от времени опоры ($r=0,60$) и времени отталкивания ($r=0,67$), что, с одной стороны, подтверждает сокращение времени опоры с повышением скорости бега [3], с другой стороны, позволяет считать принципиальным сокращение, в первую очередь, времени отталкивания. При этом между скоростью бега и частотой шагов обнаружена только слабая взаимосвязь ($r=0,32$), что подтверждает большую вариабельность этого показателя у спринтеров с разной скоростью бега [5]. Результаты регрессионного анализа позволили выделить в качестве ключевых показателей техники спринтерского бега длину шага и время опоры:

$$CB = 3,622 \cdot ДШ - 38,174 \cdot ВО + 5,493,$$

где CB – скорость бега, $ДШ$ – длина шага, $ВО$ – время опоры.

Наиболее значимые показатели множественного регрессионного анализа, характеризующие приведённое уравнение регрессии, следующие: коэффициент детерминации – 0,965, стандартная ошибка оценки – 0,226, значимость коэффициента детерминации: $F=82,72$, $p<0,000$.

Таким образом, длина шага и время опоры определяют скорость бега у обследованных спринтеров на 96,5%. Значения скорости, рассчитанные по приведённому уравнению регрессии на основании значений длины шага и времени опоры, отличаются от полученных в эксперименте в среднем на 1,84% (минимальная ошибка 0,09%, максимальная – 4,39%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в обследованной группе спринтеров обнаружены сильные взаимосвязи скорости бега и длины шага, горизонтальной скорости ГС, угла отталкивания, максимальной угловой скорости махового бедра, угла бедра в моменты касания дорожки и отрыва от неё. Во многом скорость бега определяется также временем опоры. Полученные результаты подтверждают значимость скоростно-силовой подготовленности для спринтера (определяющей длину шага и время опоры) и позволяют рекомендовать уменьшение угла бедра маховой ноги в момент касания дорожки, а также активизацию маха бедром в период опоры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сулаков, Б.А. Статистические методы обработки результатов измерений // Спортивная метрология / под ред. В.М. Зациорского. – Москва : Физкультура и спорт, 1982. – С. 18-63.
2. Bezodis, I.N. A longitudinal case study of step characteristics in a world class sprint athlete / I.N. Bezodis, A.I.T. Salo, D.G. Kerwin // Proceedings of the 26th International Conference on Biomechanics in Sports. – Seoul, 2008. – P. 537-540.
3. Bosco, C. Biomechanical characteristics of sprint running during maximal and supra-maximal speed / C. Bosco, C. Vittori // New Studies in Athletics. – 1986. – V. 1. – P. 29-45.
4. Delecluse, C. Stride characteristics related to running velocity in maximal sprint running / C. Delecluse, H. Ponnet, R. Diels [Электронный ресурс] // Proceedings of the 16th International Symposium on Biomechanics in Sports. Konstanz, 1998. – URL : <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/958/872>. – Дата обращения 01.03.2015.
5. Hunter, J.P. Interaction of step length and step rate during sprint running / J.P. Hunter, R.N. Marshall, P.J. McNair // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 2004. – V. 36 (2). – P. 261-271.

REFERENCES

1. Suslakov, B.A. (1982). *Statistical methods of processing of results of measurements*. In V.M. Zatsiorsky (Ed.), Sport metrology (pp. 18-63). Moscow: Physical culture and sport.
2. Bezodis, I.N., Salo, A.I.T. & Kerwin, D.G. (2008). A longitudinal case study of step characteristics in a world class sprint athlete. Proceedings of the 26th International Conference on Biomechanics in Sports (p. 537-540). Seoul, Korea.
3. Bosco, C. & Vittori, C. (1986). Biomechanical characteristics of sprint running during maximal and supra-maximal speed. New Studies in Athletics, 1, 29-45.
4. Delecluse, C., Ponnet, H., & Diels, R. (1998). Stride characteristics related to running velocity in maximal sprint running. Proceedings of the 16th International Symposium on Biomechanics in Sports, Konstanz, Germany. Retrieved from <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/958/872>.
5. Hunter, J.P., Marshall, R.N. & McNair, P.J. (2004). Interaction of step length and step rate during sprint running. Medicine and Science in Sports and Exercise, 36 (2), 261-271.

Контактная информация: oleg.nemtsev@mail.ru

Статья поступила в редакцию 19.03.2015.