**Вертикальная механическая работа в аспекте оценки техники бега**

Профессора Е.Е. Аракелян, Ю.Н. Примаков, кандидат педагогических наук А.А. Умаров, кандидат педагогических наук, доцент В.В. Тюпа, Российская государственная академия физической культуры, Наманганский государственный университет

Оценка технического уровня бегунов обычно связывается с рядом биомеханических показателей, в частности коррелирующих со скоростью бега. При этом подразумевается, что если лучшие бегуны отличаются определенными величинами показателей, то это связано с преимуществами их техники. Например, такой подход использовался при изучении техники бега на 5 км у стайеров разной квалификации, но с одинаковыми росто-весовыми характеристиками и величинами максимального потребления кислорода [13]. Было установлено, что бегуны более высокого уровня острее отталкивались от опоры и механическая работа, затраченная ими на вертикальные перемещения общего центра масс тела (о.ц.м.), была вдвое меньше. Поэтому их средний результат был почти на 1 мин 43 с лучше за счет более длинного шага. Из этого, казалось бы, следует, что более квалифицированные стайеры владеют такой техникой бега, которая позволяет им экономить на вертикальной работе и поэтому показывать лучшие результаты.

Однако в ряде экспериментальных работ прослеживается общая закономерность: с увеличением скорости передвижения от максимальной при обычной ходьбе к спортивной и далее к бегу с выходом на максимальную скорость вертикальная работа постоянно уменьшается [1-3, 5, 8-11]. Отсюда можно сделать вывод о том, что подобное изменение вертикальной работы является не причиной, а следствием повышения скорости шагательных перемещений человека. И если спортсмены более высокой квалификации выполняют меньшую вертикальную работу, то это еще не признак более совершенной техники их бега. Поэтому в нашей работе была поставлена задача - проверить это предположение, исследуя механизм передвижения при беге.

Методика. В экспериментальной части работы приняли участие 65 спортсменов-спринтеров квалификации от III разряда до мастеров спорта международ ного класса. Их рост составил 176,3±5,3 см, масса тела - 69,2±7,4 кг, длина ног - 91,5±3,9 см. Они пробегали 30 м с ходу с максимальной скоростью. Скорость бега регистрировалась фотодиодными парами, длина шагов - по отпечаткам шипов, опорные реакции - на тензоплатформе ПД-3 с собственной частотой 300 Гц. Затем отбиралось по одной лучшей попытке каждого бегуна, всего обработано 65 попыток.

По полученным исходным данным рассчитывались перемещения и скорость о.ц.м., механическая энергия и внешняя работа по общепринятой методике [12].

Результаты и их обсуждение . Средние значения скорости бега, длины и частоты шагов были равны соответственно 8,31±1,07 м/с, 2,12±0,18 м и 3,9±0,46 ш/с. Согласно полученным результатам с ростом скорости бега достоверно уменьшался размах вертикальных колебаний о.ц.м., измеряемый от низшего положения в фазе амортизации до высшего в периоде полета:

Sv = 14,25 - 0,923V(±1,26), r = -0,62 (I),

где Sv - вертикальное перемещение о.ц.м. (см), V - скорость бега (м/с), r - коэффициент корреляции.

Естественно, это приводит к снижению вертикальной механической работы:

Wv = 0,927 - 0,071V(±0,058), r = -0,80 (2),

где Wv - вертикальная слагающая положительной внешней работы (Дж/кг/м).

Снижение вертикальной работы происходило при уменьшении угла вылета: a = 12,48 - 0,941V(±0,57), r = -0,87 (3),

где a - угол вылета о.ц.м. (в градусах).

Такие изменения сопровождались ростом продольной работы:

Wf = -0,018 + 0,178V(±0,237), r = 0,63 (4),

где Wf - продольная слагающая положительной внешней работы (Дж/кг/м).

Поскольку продольная работа увеличивается быстрее, чем падает вертикальная, превышая последнюю почти в несколько раз, то внешняя работа также растет с увеличением скорости бега:

Wext = 0,910 + 0,107V(±0,232), r = 0,44 (5),

где Wext - положительная внешняя работа (Дж/кг/м).

Соотношение продольной и внешней работы, которое можно трактовать как эффективность механической работы, затраченной на перемещение о.ц.м., показывает его рост с увеличением скорости бега:

К = 0,361 + 0,053V(±0,046), r = 0,78 (6),

где К - отношение продольной слагающей к внешней работе.

Таким образом, подтверждается сделанное ранее предположение о том, что с ростом скорости бега снижается вертикальная работа и повышается эффективность бега [3, 10-12]. Эти данные были получены на группах испытуемых, каждый из которых бежал с различными скоростями. При этом все попытки сводились в один массив и подвергались статистическому анализу. Поэтому полученные данные можно трактовать как смешанный внутри- и межиндивидуальный анализ, показывающий, как изменяются показатели бега при повышении скорости передвижения одного и того же испытуемого и так ли это происходит у других спортсменов. Наши данные показывают, чем характеризуется бег более быстрых спортсменов, что позволяет с помощью уравнений регрессий проверять межквалификационные различия.

Итак, можно заключить, что более квалифицированные бегуны выполняют меньшую вертикальную работу. Отсюда опять напрашивается вывод о наличии у них более совершенной техники бега. Так ли это? Опять обратимся к экспериментальным фактам.

Многочисленными исследованиями установлено, что с повышением скорости бега уменьшается время опоры и его составляющих - фаз торможения (амортизации) и отталкивания . Такое наблюдается как при внутри- и межиндивидуальном анализе [1-3, 6, 7], так и при смешанном [9-11]. Уменьшение времени опоры неизбежно, поскольку продольное перемещение о.ц.м. в период опоры, несмотря на рост скорости бега, практически постоянно для одного и того же индивидуума [11]. Известно, что со скоростью бега растут силы инерции, последние требуют увеличения мышечных усилий, направленных против них [1, 12]. Однако согласно смешанному и внутрииндивидуальному анализу сокращение периода опоры вызывает уменьшение импульса вертикальной силы, приложенной к о.ц.м., несмотря на некоторый прирост средней величины вертикальной силы [1, 2, 6, 9, 12]. Эта закономерность подтверждается нашим межиндивидуальным анализом:

Iv = 80,16 - 3, 218V(±8,2), r = -0,49 (7),

где Iv - импульс вертикальной составляющей реакции опоры в фазе отталкивания (Нс);

Pv = 66,6 + 5,21V(±13,7), r = 0,47 (8),

где Pv - средняя величина вертикальной составляющей реакции опоры в фазе отталкивания (кГс). Обе зависимости подтверждают ранее полученные данные межиндиви дуального анализа [3, 7].

Теперь для наглядности проиллюстрируем изменения обоих показателей при росте скорости бега от 5 до 10 м/с, подставляя значения скорости в уравнения 7 и 8. Так, если при этом средняя вертикальная сила растет на 28%, то сокращение времени отталкивания приводит к падению импульса вертикальной силы на 33,5%. В то же время продольная составляющая кинетической энергии тела бегуна массой 70 кг возрастет в четыре раза. Понятно, что импульс вертикальных усилий бегуна - единственная причина, способная повлиять на изменение кинетической энергии тела, перемещая его в вертикальном направлении. Такое несоразмерное изменение обеих характеристик и приводит к автоматическому уменьшению вертикальных колебаний о.ц.м. Так же изменяется и угол вылета о.ц.м., поскольку уменьшение вертикального импульса означает падение вертикальной скорости вылета о.ц.м.

Таким образом, вышеперечисленные условия бега приводят к более плавному движению о.ц.м. при возрастании скорости передвижения и к повышению его эффективности. По этой причине сравнение бегунов разной квалификации и разной специализации, будь то спринтеры или бегуны на выносливость, показывает одну и ту же закономерность: у тех, кто бежит с более высокой скоростью, понижаются вертикальная работа и угол вылета о.ц.м. Это и проявилось при сравнении бегунов на 800 и 5000 м разной квалификации [3, 7]. Пониженная вертикальная работа у тех стайеров, которые при одинаковых антропометрических и функциональных характери стиках сумели показать более высокую скорость [13], соответствует зависимости "вертикальная работа - скорость бега". Однако достойно внимания то, что они были способны поддерживать более значительную продольную работу, требующую более мощного отталкивания. Его обеспечение зависит не только от такого физиологического показателя, как максимальное потребление кислорода, но и от ряда других, включая характеристики опорно-двигательного аппарата и умение эффективно их использовать [4].

**Выводы**

1. Повышение скорости бега сопровождается уменьшением вертикальной слагающей внешней работы и угла вылета о.ц.м.

2. Пониженная вертикальная слагающая внешней работы у бегунов высокой квалификации не является отличительным признаком их технического уровня.

**Список литературы**

1. Богданов В.А., Гурфинкель В.С. Биофизика. - Л.-М.: Наука, 1975, т. ХХ, вып. 3, с. 522.

2. Богданов В.А. Физиология движений. - Л.-М.: Наука, 1976, с. 276.

3. Гусейнов Ф.А., Мироненко И., Травин Ю. и др. //Легкая атлетика, 1982, № 9, с. 8.

4. Зациорский В.М., Алешинский С.Ю., Якунин Н.А. Биомеханические основы выносливости. - М.: ФиС, 1982.

5. Лапаев Н.И. Автореф. канд. дис. М., 1973.

6. Тюпа В.В. Автореф. канд. дис. М., 1977.

7. Тюпа В.В., Травин Ю.Г., Гусейнов Ф.А., Рябинцев Ф.П. //Теория и практика физической культуры, 1982, № 4, с. 20.

8. Ухов В.В. Автореф. канд. дис. М., 1963.

9. Cavagna G.A. J. Physiol. Paris, Sept., 1969, 61, p. 43.

10. Cavagna G.A., Komarek L., Mazzoleni S. J. Physiol., 1971, 217, p. 709.

11. Cavagna G.A., Thys H., Zamboni A.J. Physiol., 1976, 262, p. 639.

12. Fukunaga Т., Matsuo A., Yuasa K. a.o. Ergonomics, 1980, vol. 23, № 2, p. 123.

13. Miura M., Kobayashi K., Miyashita M. a.o. In review of our researches, 1970-1973 (ed. H. Matsui). Univ. of Nagoya, 1973, p. 46.