

УДК 378.016:796

Ковган П.И., Лепешев Д.И., Руденик В.В.

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК И БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ДВИЖЕНИЙ ПРЫГУНОВ В ДЛИНУ

Установлена взаимосвязь между двигательными установками и биомеханическими параметрами отталкивания в прыжках в длину.

Ключевые слова: прыжок в длину, двигательные установки, факторный анализ.

Постановка проблемы. Главной частью соревновательного упражнения "прыжок в длину с разбега" является отталкивание. Техника отталкивания в прыжках в длину с разбега представляет собой систему движений, характеризующуюся повышенной координационной сложностью и развитием больших усилий в короткий промежуток времени. Исследования в области техники легкоатлетических прыжков показали, что при выполнении отталкивания в прыжках в длину с разбега решаются задачи максимального сохранения скорости поступательного движения, полученного в разбеге, и придания телу оптимального угла вылета. Основные потери горизонтальной составляющей скорости общего центра масс тела (ОЦМТ) происходят при амортизационных движениях, здесь же создаются и предпосылки для повышения скорости разгибания опорной ноги и создания большего угла вылета тела. Эффективные маховые движения способствуют решению задач отталкивания [1-6].

Большое влияние на эффективность техники отталкивания оказывают педагогические установки, используемые спортсменами перед выполнением прыжка в длину с разбега. Установлено, что в сознании спортсмена формируется двигательная установка, обладающая функцией регулирования движений [7]. Исследования показали [6-9], что сформированный в сознании спортсмена образ предстоящего двигательного действия способен заметно повлиять на эффективность решения им двигательной задачи.

Установлено [6; 10], что целесообразно различать не менее четырех способов выполнения отталкивания в прыжках в длину с разбега с разными направлениями оптимизации систем движений, два из которых – это теоретически обоснованные системы движений, позволяющие при их реализации и современном уровне развития двигательного потенциала ведущих спортсменов достичь результата в этом виде спорта порядка 10-12 м. Однако в литературных источниках не обнаружено исследований, связанных с выявлением связей между определенными способами отталкивания и различными двигательными установками, обладающими направленным регулирующим воздействием на систему движений прыгуна в длину при выполнении отталкивания. Известные исследования в этой области [8; 9] априорно основывались на положении, что спортсмены используют один и тот же способ отталкивания, при этом выявлялись двигательные установки, позволяющие повысить эффективность техники отталкивания и, как следствие, результат в прыжках в длину с разбега. Очевидно, что если спортсмены оптимизируют системы движений в разных направлениях (совершенствуют разные способы отталкивания), то и двигательные установки должны иметь однонаправленное регулирующее воздействие с направлением оптимизации соответствующих способов отталкивания. Подход, при котором спортсмен в процессе подготовки учится реализовывать одну систему движений, а в ходе решения двигательной задачи, используя двигательную установку, реализует другую систему движений, на наш взгляд менее продуктивен по сравнению с подходом, когда и в процессе подготовки, и при использовании двигательных установок во время соревнований спортсмен стремится изменить систему движений в одном направлении и приблизить ее к оптимальным параметрам. Этот вопрос, на наш взгляд, представляют большой научный и практический интерес, так как его решение позволит повысить эффективность процесса технической подготовки прыгунов в длину с разбега.

Цель исследования – установить взаимосвязь между двигательными установками, используемыми прыгунами в длину 15-17 лет, и биомеханическими параметрами техники отталкивания в прыжках в длину с разбега.

Задачи исследования:

- 1) установить, какие двигательные установки используют спортсмены перед выполнением прыжков в длину с разбега и в процессе его выполнения;
- 2) определить влияние различных двигательных установок на биомеханические параметры техники отталкивания прыгунов в длину с разбега.

Методы исследования: 1) анализ научной и научно-методической литературы; 2) анкетный опрос; 3) видеосъемка; 4) компьютерная обработка материалов видеосъемки; 5) методы математико-статистического анализа; 6) факторный анализ.

Организация исследования. В 2010-2011 гг. был проведен опрос спортсменов (прыгунов в длину с разбега) и их тренеров по разработанной нами анкете. Цель этапа исследования – выяснить, какие педагогические установки используют спортсмены перед выполнением прыжков в длину с разбега и в процессе его выполнения. Всего было опрошено 89 человек. Также исследовалась научно-методическая литература по вопросу использования педагогических установок в процессе соревновательной деятельности прыгунов в длину с разбега.

В 2011 году было проведено исследование с целью определения особенностей взаимодействия прыгунов в длину с опорой во время отталкивания при использовании различных педагогических установках. Анализировались биомеханические параметры техники отталкивания одного более дальнего прыжка в длину при использовании каждой из названных педагогических установок. В процессе анализа были также использованы результаты прыжков в длину с разбега.

Результаты исследований обработаны с использованием методов математико-статистического анализа.

Результаты исследования. Анализ результатов анкетирования показал (см. табл. 1), что все спортсмены из числа опрошенных используют в процессе соревновательной деятельности (перед выполнением прыжков в длину с разбега и процессе выполнения прыжков) те или иные двигательные установки, и все тренеры рекомендуют спортсменам использовать в процессе соревновательной деятельности определенные двигательные установки.

Таблица 1

**Педагогические установки, используемые спортсменами
в процессе соревновательной деятельности (перед выполнением прыжков в длину
с разбега и процессе выполнения прыжков), (n=89)**

Педагогические установки	Количество от общего числа анкетированных (%)
Глобальная установка на далекое приземление	8,9 %
Установку на сильное (акцентируемое) отталкивание	16,02 %
Установка на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом	21,36 %
Установка на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости" и на быстрое отталкивание	31,15 %
Иные установки	1,78 %

При этом, в большинстве случаев (35 анкетированных или 31,15% от числа опрошенных) предпочтение было отдано установке на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости" и на быстрое отталкивание (см. табл. 1). Установке на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом отдали предпочтение 21,36 % анкетированных (24 человека из числа опрошенных); установке на сильное (акцентируемое) отталкивание – 16,02 % анкетированных (18 человек из числа опрошенных); глобальной установке на далекое приземление – 8,9 % анкетированных (10 человек из числа опрошенных); иным установкам – 1,78 % анкетированных (2 человека из числа опрошенных) (см. табл. 1). Установлено также, что глобальную установку на далекое приземление используют только высококвалифицированные прыгуны в длину. Спортсмены 15-17 лет используют в процессе соревновательной деятельности три основные педагогические установки: установку на сильное (акцентируемое) отталкивание; установку на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом; установку на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости" и на быстрое отталкивание.

Биомеханические параметры техники отталкивания прыгунов в длину, использующих те или иные двигательные установки, представлены в табл. 2.

Результаты исследований подвергнуты факторному анализу. Выяснено [11], что в основе математической теории индексов лежит комплексное использование математического аппарата. В соответствии с такой точкой зрения применение индексов обосновывается как с позиции их смысла, так и с учетом их адекватного выражения в математических формулах. Причем под адекватностью также понимается и точность получаемых результатов в области не только теоретического обоснования, но и практических расчетов. Такой подход позволил получить наиболее общие формулы осуществления анализа многофакторных мультипликативных моделей.

Таблиця 2

Параметры техники отталкивания прыгунов в длину при использовании разных педагогических установок

Показатели техники отталкивания в прыжках в длину с разбега	Установка на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом $\bar{O} \pm \delta$	Установка на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости" и на быстрое отталкивание $\bar{O} \pm \delta$	Установка на сильное (акцентируемое) отталкивание $\bar{O} \pm \delta$
Время выполнения фазы амортизации, с	0,05±0,002	0,05 0,002	0,06 0,002
Время выполнения первой половины фазы амортизации, с	0,03±0,002	0,03 ±0,002	0,04 ±0,002
Время выполнения второй половины фазы амортизации, с	0,02 ±0,001	0,02 ±0,001	0,02 ±0,001
Время выполнения фазы отталкивания, с	0,08±0,003	0,08±0,003	0,08±0,003
Скорость ОЦМТ прыгуна в момент постановки ноги на опору, м/с	8,61 ±0,01	8,66 ±0,03	8,58±0,02
Потери горизонтальной составляющей скорости ОЦМТ в фазе амортизации, м/с	1,69 ±0,02	1,74±0,02	1,76±0,03
Скорость вылета ОЦМТ в момент отрыва от опоры, м/с	6,54±0,02	6,55 ±0,02	6,46±0,02
Угол вылета ОЦМТ, градусы (°)	21±0,3	21±0,3	21,8±0,3
Максимальная величина сгибания опорной ноги, градусы (°)	51±0,04	52±0,04	49,5±0,04
Угол постановки ноги на опору, градусы (°)	68±0,4	69±0,4	67,4±0,5
Результат прыжков в длину с разбега (м)	6,62±0,01	6,65±0,01	6,60±0,01

Рассмотрим многофакторную мультипликативную модель

$$Y = x^1 \cdot \frac{x^2}{x^1} \cdot \frac{x^3}{x^2} \cdot \dots \cdot \frac{x^k}{x^{k-1}} \cdot \dots \cdot \frac{x^9}{x^8} \cdot \frac{Y}{x^9} \Leftrightarrow Y = X^1 \cdot X^2 \cdot X^3 \cdot \dots \cdot X^k \cdot \dots \cdot X^9 \cdot X^{10}, \quad (1)$$

где Y является результативным показателем (результат прыжков в длину с разбега), X^i , $i = \overline{1, 10}$ – факторными признаками, взаимосвязанными зависимостью (1), где x^1 – угол постановки ноги на опору, x^2 – максимальная величина сгибания опорной ноги во время отталкивания, x^3 – угол вылета общего центра масс тела (ОЦМТ), x^4 – время выполнения фазы отталкивания, x^5 – время выполнения первой половины фазы амортизации, x^6 – время выполнения второй половины фазы амортизации, x^7 – скорость ОЦМТ прыгуна в момент постановки ноги на опору, x^8 – начальная скорость вылета ОЦМТ прыгуна в длину, x^9 – потери горизонтальной составляющей скорости ОЦМТ в фазе амортизации.

В соответствии с методикой анализа, изложенной в [11], изменение результативного признака $\Delta Y = Y_1 - Y_0$ обуславливается влиянием соответствующего изменения: значения фактора X^1 –

$$\Delta Y(X^i) = \sum Y_0 \cdot \left(\frac{\sum x_1^i}{\sum x_0^i} - 1 \right); \quad \text{значений факторов } X^i, \quad i = \overline{2,9} \quad - \quad \text{соответственно как}$$

$$\Delta Y(X^i) = \sum Y_0 \cdot \left(\frac{\sum x_1^i}{\sum x_0^i} - \frac{\sum x_1^{i-1}}{\sum x_0^{i-1}} \right); \quad \Delta Y(X^{10}) = \sum Y_0 \cdot \left(\frac{\sum Y_1}{\sum Y_0} - \frac{\sum x_1^9}{\sum x_0^9} \right) \quad - \quad \text{значения фактора } X^{10}.$$

Нижний индекс при показателях является булевой переменной, принимающей значения 0 и 1. Нижний индекс 0 указывает значения соответствующих показателей при первоначальной установке, нижний индекс 1 – значения соответствующих показателей при измененной установке.

В таблицах на основании вышеизложенных формул проведен факторный анализ изменения результативного показателя (ΔY) за счет влияния изменений факторных признаков ($X^i, i = \overline{1,10}$). В строке 1. отражено относительное изменение факторов, определяющих длину прыжка ($x^i, i = \overline{1,9}$), в строке 2. – абсолютное влияние изменения соответствующих факторных признаков ($X^i, i = \overline{1,10}$) на изменение результативного показателя (ΔY) в среднем на одного спортсмена (в см.), в строке 3. – относительное влияние изменения соответствующих факторных признаков ($X^i, i = \overline{1,10}$) на изменение результативного показателя (ΔY) в среднем на одного спортсмена (в %).

При этом исследуется влияние на длину прыжка следующих установок.

1. Установка на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом.
2. Установка на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости" и на быстрое отталкивание.
3. Установка на сильное (акцентируемое) отталкивание.

В таблице 3 изучается влияние на длину прыжка установки 2 по сравнению с установкой 1; в табл. 4 изучается влияние на длину прыжка установки 3 по сравнению с установкой 1; в таблице 5 изучается влияние на длину прыжка установки 3 по сравнению с установкой 2.

Таблица 3

Факторный анализ изменения результата прыжков в длину с разбега

ΔY	за счет изменения факторов									
	X^1	X^2	X^3	X^4	X^5	X^6	X^7	X^8	X^9	X^{10}
1.	1,01	1,01	1,00	1,01	0,96	1,03	1,01	1,00	1,03	1,00
2.	29,2	3,2	-32,4	20,9	-117,2	174,2	-64,4	-9,7	74,7	-72,2
3.	0,07	0,01	-0,08	0,05	-0,29	0,44	-0,16	-0,02	0,19	-0,18

Таблица 4

Факторный анализ изменения результата прыжков в длину с разбега

ΔY	за счет изменения факторов									
	X^1	X^2	X^3	X^4	X^5	X^6	X^7	X^8	X^9	X^{10}
1.	0,99	0,97	1,04	1,01	1,13	1,06	1,00	0,99	1,04	1,00
2.	14,0	37,9	-112,6	47,3	-202,7	116,2	106,8	14,2	-96,5	81,7
3.	-0,05	-0,15	0,44	-0,18	0,79	-0,45	-0,42	-0,06	0,38	-0,32

Таблица 5

Факторный анализ изменения результата прыжков в длину с разбега

ΔY	за счет изменения факторов									
	X^1	X^2	X^3	X^4	X^5	X^6	X^7	X^8	X^9	X^{10}
1.	0,98	0,96	1,04	1,00	1,17	1,03	0,99	0,99	1,01	0,99
2.	19,8	24,1	-80,9	37,0	-176,1	146,5	39,1	4,9	-29,3	21,2
3.	-0,13	-0,15	0,52	-0,24	1,13	-0,94	-0,25	-0,03	0,19	-0,14

Выводы и перспективы дальнейших разработок

1. Прыгуны в длину с разбега активно используют в процессе соревновательной деятельности (перед выполнением прыжков в длину с разбега и процессе выполнения прыжков) те или иные двигательные установки, и все тренеры рекомендуют спортсменам использовать в процессе соревновательной деятельности определенные двигательные установки. Спортсмены 15-17 лет используют в процессе соревновательной деятельности три основные педагогические установки: установку на сильное (акцентируемое) отталкивание (16,02 % от числа опрошенных); установку на быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом (21,36 % от числа опрошенных); установку на выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости" и на быстрое отталкивание (31,15% от числа опрошенных). Глобальную установку на далекое приземление используют только высококвалифицированные прыгуны в длину.

2. Исследования показали, что целесообразно различать не менее четырех способов выполнения отталкивания в прыжках в длину с разбега, два из которых – это теоретически обоснованные системы движений, стремление к которым имеет свои особенности, которые необходимо учитывать в процессе подготовки прыгунов в длину. В ходе исследования методик совершенствования техники отталкивания прыгунов в длину 15-17 лет определено, что в своей основе они построены с учетом закономерностей развития технического мастерства спортсменов. Вместе с тем, в исследуемых методиках совершенствование системы движения при выполнении отталкивания рекомендуется направлять, главным образом, только к одному из теоретически рассчитанных способов отталкивания. Это свидетельствует о том, что в методиках не учитываются индивидуальные особенности прыгунов в длину. Анализ двигательных установок, рекомендуемых для использования перед выполнением прыжков в длину с разбега, позволяет говорить о том, что они оказывают регулирующее воздействие, отличающуюся по направленности от тренировочных воздействий, используемых в процессе подготовки прыгунов в длину.

3. При сравнении влияния двигательных установок на биомеханические параметры техники прыжков в длину с разбега, которые характеризуют эффективность выполнения отталкивания (потери горизонтальной составляющей скорости ОЦМТ в фазе амортизации; время выполнения первой половины фазы амортизации; время выполнения второй половины фазы амортизации; скорость вылета ОЦМТ в момент отрыва от опоры; угол вылета ОЦМТ) установлено, что разные педагогические установки оказывают на указанные биомеханические параметры разное по величине и направленности влияние.

Установка на *быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом* и установка на *выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости"* и на *быстрое отталкивание* одинаково влияют на названные биомеханические параметры техники отталкивания по сравнению с влиянием других педагогических установок. Отличия в биомеханических параметрах техники отталкивания при использовании исследуемых педагогических установок не являются достоверными, т.е. по своей эффективности влияния на системы движений прыгунов в длину во время отталкивания они сравнительно равны.

Сравнивая влияние педагогических установок на параметры техники прыжка в длину с разбега, установлено: а) время выполнения фазы амортизации при использовании установки на *быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом* и установки на *выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости"* и на *быстрое отталкивание* сравнительно меньше, чем при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание*; б) уменьшение времени выполнения фазы амортизации произошло главным образом за счет уменьшения времени выполнения первой половины фазы амортизации; в) потери горизонтальной составляющей скорости ОЦМТ прыгунов в длину при использовании установки на *быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом* и установки на *выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости"* и на *быстрое отталкивание* сравнительно меньше, чем при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание*; г) скорость вылета ОЦМТ прыгунов в длину при использовании установки на *быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом* и установки на *выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости"* и на *быстрое отталкивание* сравнительно выше, чем при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание*; д) максимальная величина сгибания опорной ноги во время отталкивания меньше при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание* по сравнению с другими установками; е) угол вылета ОЦМТ прыгунов больше при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание* по сравнению с другими установками; ж) при использовании установки на *сильное (акцентируемое) отталкивание* скорость ОЦМТ прыгунов в момент постановки ноги на опору относительно меньше по сравнению с другими установками;

Использование установки на *быстроту разбега и максимальную скорость выполнения прыжка в целом* и установки на *выполнение разбега "бежать за планку не снижая скорости"* и на *быстрое*

отталкивание позволяет оптимизировать параметры системы движений в направлении снижения потерь поступательной скорости движения ОЦМТ (за счет уменьшения первой половины фазы амортизации при увеличении амплитуды сгибания опорной ноги), а также создания предпосылок для эффективного выполнения фазы отталкивания (за счет уменьшения времени растягивания мышц, участвующих в последующем разгибании опорной ноги).

Использование установки *на сильное (акцентируемое) отталкивание* позволяет оптимизировать параметры системы движений в направлении снижения потерь поступательной скорости движения ОЦМТ (за счет уменьшения угла сгибания опорной ноги), а также создания предпосылок для эффективного выполнения фазы отталкивания (за счет уменьшения времени растягивания мышц, участвующих в последующем разгибании опорной ноги) и создания большего угла вылета ОЦМТ прыгуна.

4. Влияние педагогических установок, используемых прыгунами в длину в процессе соревнований, на биомеханические параметры систем движений должны носить однонаправленный характер с процессом оптимизации систем движений, осуществляемым во время подготовки к соревнованиям: В случае, когда спортсмены оптимизируют системы движений в разных направлениях (совершенствуют разные способы отталкивания), двигательные установки должны иметь однонаправленное регулирующее воздействие с направлением оптимизации соответствующих способов отталкивания.

Использованные источники

1. Александрова, О. Разбег и скорость / О. Александрова, С. Сидоренко, И. Тер-Ованесян // Легкая атлетика. – 1978. – №6. – С. 6–7.
2. Верхошанский, Ю.В. Программирование и организация тренировочного процесса / Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1985. – 176 с.
3. Верхошанский, Ю.В. Каким должен быть разбег / Ю.В. Верхошанский // Легкая атлетика. – 1966. – №5. – С. 3–4.
4. Донской, Д.Д. Биомеханика: учебник для институтов физической культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зазиорский. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 264 с., ил.
5. Легкая атлетика: учебник для институтов физической культуры / Н.Г. Озолин [и др.]; под общ. ред. Н.Г. Озолина, В.И. Воронкина, Ю.Н. Примакова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 671 с.
6. Руденик, В.В. Совершенствование двигательной структуры отталкивания у прыгунов в длину высокой квалификации: автореф. дис. ... канд. пед. наук / В.В. Руденик; АФВиС РБ. – Минск, 1998. – 20 с.
7. Совершенствование технического мастерства спортсменов / В.М. Дьячков [и др.]; под общ. ред. В.М. Дьячкова. – М.: Физкультура и спорт, 1972. – 231 с., ил.
8. Еремин Ю.С. Исследование влияния различных двигательных установок спортсмена на структуру движений в спортивных упражнениях: автореферат дис. ... канд. пед. наук / Ю.С. Еремин. – М., 1967. – 19 с.
9. Скобликов В.И. Исследование влияния педагогических установок на спортивно-технический результат: автореферат дис. ... канд. пед. наук / В.И. Скобликов. – Ленинград, 1973.–17 с.
10. Иориш Ю. 8.90. Феноменальный прыжок? / Ю. Иориш // Легкая атлетика. – 1981. – №6. – С. 24–27.
11. Лепешев, Д. И. Совершенствование инструментария детерминированного факторного анализа: практические аспекты / Д. И. Лепешев // Потребительская кооперация. – 2013. – № 1(40). – С. 62 – 68.

Kovgan P., Lepashev D., Rudenik V.

THE FACTORIAL ANALYSIS OF INTERRELATION OF PROPULSION SYSTEMS AND BIOMECHANICAL PARAMETERS OF MOVEMENTS SYSTEMS OF JUMPERS IN LENGTH

The interrelation between propulsion systems and biomechanical parameters of pushing away in long jumps is established.

Key words: *long jump, propulsion systems, factorial analysis.*

Стаття надійшла до редакції 09.09.2014 р.