

АНАЛИЗ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИКИ ПОДЪЕМА ШТАНГИ НА ГРУДЬ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КЛАССИЧЕСКОГО ТОЛЧКА

И.П. Сивохин¹, В.Ф. Скотников², Я.В. Прикладов³

^{1,3}Костанайский государственный педагогический институт, Костанай, Казахстан

²Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва, Россия
Для связи с авторами: sivokhin_i_57@mail.ru

Аннотация:

Управление процессом совершенствования технического мастерства и развития специальных физических качеств тяжелоатлетов связано с применением различных современных инструментальных методов объективного контроля, которые необходимы для получения точных количественных показателей биомеханической структуры двигательных действий спортсменов. Комплексный контроль с использованием биомеханических методов позволяет научно обосновать модельные характеристики техники соревновательных упражнений и выявить факторы, определяющие эффективность двигательного действия. Для регистрации траектории движения штанги при подъеме на грудь и расчета кинематических и динамических показателей был использован специализированный аппаратно-программный комплекс, включающий в себя фото-видеокамеру, излучатель, устанавливаемый на торце грифа штанги, и соответствующее программное обеспечение. В исследовании приняли участие спортсмены высокой квалификации (n=13), члены сборной команды Республики Казахстан по тяжелой атлетике (8 мужчин и 5 женщин). Съемка проводилась во время проведения Всемирной Универсиады 2013 года в г. Казань (Российская Федерация). Анализ полученных эмпирических данных позволил выявить внутригрупповые закономерности кинематических и динамических показателей движения штанги при выполнении подъема на грудь и выявить факторы, влияющие на эффективность двигательного действия. Анализ эмпирических данных позволил выявить модельные характеристики подъема штанги на грудь, а также выделить 6 главных факторов, которые определяют эффективность техники данного двигательного действия.

Ключевые слова: тяжелая атлетика, биомеханический контроль, классический толчок штанги, подъем штанги на грудь, техника тяжелоатлетических упражнений, факторный анализ.

THE ANALYSIS OF BIOMECHANICAL FACTORS THE EFFICIENCY OF TECHNIQUE OF LIFTING THE BAR ON THE BREAST IN PERFORMING THE CLEAN & JERK

I.P. Sivokhin¹, V.F. Scotnikov², V.F. Ya.Prikladov³

^{1,3}Kostanay State Teacher Training Institute, Kostanay, Kazakhstan

²Russian State University of physical culture, sport, youth and tourism, Moscow, Russia

Abstract:

Management of improvement process of technical skill and development of special physical qualities of weightlifters is connected with application of various modern tool techniques of objective control which are necessary for receiving exact quantitative indices of biomechanical structure of athletes' physical actions. Complex control with the usage of biomechanical methods allows to prove scientifically model characteristics of technique competitive exercises and to reveal the factors defining efficiency of physical action. For registration of a trajectory movement a bar on a breast and calculation of cinematics and dynamic indicators the specialized hardware-software complex including a photo video camera, the radiator established at an end face of a signature stamp of a bar and the corresponding software was used. Athletes of high qualification (n=13), members of a national team of the Republic of Kazakhstan on weightlifting (8 men and 5 women) took part in research. Chorometry was carried out during the World Student Games of 2013 in Kazan (Russian Federation). The analysis of the obtained empirical data allowed to reveal intra group regularities of kinematic and dynamic indicators of the movement a bar when performing lifting on a breast and to reveal the factors influencing efficiency of physical action. The analysis of empirical data allowed to reveal model characteristics of lifting a bar on a breast, and also to allocate 6 main factors which define efficiency of technique of this physical action.

Key words: weightlifting, biomechanical control, clean & jerk, lifting of a bar on a breast, technique of weightliftings exercises, the factorial analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Управление процессом совершенствования технического мастерства и развития специальных физических качеств тяжелоатлетов связано с применением различных современных инструментальных методик объективного контроля, которые необходимы для получения точных количественных показателей биомеханической структуры двигательных действий спортсменов [1]. Комплексный контроль с использованием биомеханических методов позволяет научно обосновать модельные характеристики техники соревновательных упражнений и выявить факторы, определяющие эффективность двигательного действия. Такая информация дает возможность принимать управленческие решения по своевременной коррекции различных элементов техники соревновательных упражнений. Биомеханический контроль позволяет также выявить ошибки в технике двигательных действий, которые могут быть причинами высокого травматизма. Особая актуальность работы связана с тем, что спортсмены, как правило, чаще всего успешно выполняют толчки штанги от груди, при условии эффективного выполнения подъема штанги на грудь.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для регистрации траектории движения штанги при подъеме на грудь и расчета кинематических и динамических показателей был использован специализированный аппаратно-программный комплекс, включающий в себя фото-видеокамеру, излучатель, устанавливаемый на торце грифа штанги, и соответствующее программное обеспечение [2]. Для расчета статистических показателей использовалась программа SPSS. Рассчитывались M – средняя групповая, SD – стандартное отклонение и r – коэффициент корреляции по Пирсону. При анализе эмпирических данных использовался факторный анализ.

В исследовании приняли участие спортсмены высокой квалификации ($n=13$), члены сборной команды Республики Казахстан по тяжелой атлетике (8 мужчин и 5 женщин). Съемка проводилась во время проведения Всемирной Универсиады 2013 года в г. Казань (Российская

Федерация). Для изучения биомеханических показателей движения были выбраны успешные попытки в классическом толчке штанги с предельными весами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 приведены среднестатистические величины и стандартные отклонения кинематических и динамических показателей движения штанги при выполнении подъема штанги на грудь. В таблице также представлена матрица компонентов и значения коэффициентов корреляции биомеханических показателей с главными компонентами с указанием процента дисперсии по каждой компоненте.

Наибольший интерес представляет величина максимальной абсолютной и максимальной относительной мощности, которую спортсмены развивают при выполнении периода подрыва. Важность и информативность данных показателей подтверждается корреляционным анализом. Так, максимальная абсолютная мощность имеет статистически значимую взаимосвязь с результатом в толчке в кг и составляет $r = 0,61$ ($P < 0,05$).

Однако максимальная относительная мощность не имеет статистически значимой корреляции с результатом в толчке, который выражается в относительных единицах (очках), которые рассчитываются по таблице Синклера и отражают абсолютный результат без учета собственного веса $r = 0,29$ ($P > 0,05$). Анализ показал, что максимальная относительная мощность для подъема штанги на грудь не является столь значимой как для классического рывка [5], так и для толчка штанги от груди [6]. Это предполагает поиск несколько иных подходов для совершенствования данного упражнения.

Для анализа характера и степени взаимосвязи полученных эмпирических данных был проведен факторный анализ с использованием метода главных компонент. Результаты анализа представлены в таблице 1 в виде матрицы компонентов. Было выделено 6 главных факторов. На долю 1-го фактора приходится 26,1% дисперсии, и его нагружают такие переменные, как весо-ростовые показатели, снижение скорости движения штанги в 3-й фазе. С этим же фактором коррелирует абсолютный резуль-

тат в толчке в кг и максимальная абсолютная мощность движения штанги. Данный фактор можно интерпретировать как «Анатомо-морфологический и физический фактор эффективности соревновательного упражнения». Поскольку ростовые показатели нельзя изменить, основными причинами, влияющими на результат в толчке, становится увеличение мышечной массы и максимальной мощности движения. Однако с увеличением результата в толчке штанги за счет увеличения массы и длины тела и связанного с этим увеличения абсолютной мощности движения начинает в большей степени проявляться техническая ошибка в подъеме на грудь, которая характеризуется как потеря скорости движения снаряда в 3-й фазе. Эта ошибка снижает эффективность и экономичность техники подъема штанги на грудь, проявляется в большей степени в более тяжелых весовых категориях и требует адресной коррекции по ее устранению.

На долю 2-го фактора приходится 19,8% дисперсии, и его в основном нагружают такие переменные, как абсолютный в кг и относительный результат в толчке в относительных единицах (очках), исключая влияние массы тела. Этот фактор также нагружен двумя переменными, характеризующими скорость движения штанги в тяге в фазе предварительного разгона, а также снижение скорости движения штанги в 3-й фазе. При увеличении веса штанги, как в абсолютных, так и в относительных единицах, снижается скорость ее движения в тяге. Данный фактор также нагружен такими переменными, как высота и время достижения максимальной скорости движения снаряда в фазе финального разгона, а также относительная мощность движения штанги при выполнении подрыва. Эти переменные характеризуют уровень спортивно-технического мастерства при выполнении подъема штанги на грудь. Они не связаны с весо-ростовыми показателя-

Таблица 1 – Биомеханические характеристики движения штанги при выполнении подъема штанги на грудь в условиях соревнований и результаты факторного анализа (n=13)

Показатели	Статистические оценки		Матрица компонентов					
	M	SD	1-компонента, 26,1% дисперсии	2-компонента, 19,8% дисперсии	3-компонента, 17,2% дисперсии	4-компонента, 13,9% дисперсии	5-компонента, 9,6% дисперсии	6-компонента, 7,0% дисперсии
Длина тела (см)	167,2	10,9	0,79	0,46	0,01	0,1	0,24	-0,28
Масса тела (кг)	77,8	20,5	0,94	0,11	0,04	0,09	0,28	-0,08
Результат в толчке (кг)	158,1	41,9	0,68	0,68	-0,18	0,00	0,14	0,13
Результат в толчке (очки)	202,4	37,6	0,27	0,85	-0,31	-0,09	-0,01	0,30
Скорость движения штанг в тяге - V_1 (м/с)	1,04	0,24	0,31	-0,76	-0,14	-0,14	0,33	0,33
Снижение скорости движения штанги в 3-й фазе - $V_{мп}$ (м/с)	0,09	0,10	0,66	-0,65	-0,01	0	-0,08	0,29
Максимальная скорость движения штанги в фазе финального разгона - $V_{мах}$ (м/с)	1,48	0,19	-0,14	-0,27	0,60	0,52	-0,48	0,16
Высота достижения максимальной скорости движения штанги в фазе финального разгона - $H_{Vмах}$ (м)	0,62	0,11	0,04	0,38	0,78	-0,36	0,09	-0,05
Время достижения максимальной скорости движения штанги в фазе финального разгона - $t_{Vмах}$ (с)	0,78	0,14	-0,36	0,70	0,52	-0,24	0,09	-0,19
Максимальная высота подъема штанги - $H_{мах}$ (м)	0,80	0,11	0,37	-0,32	0,78	-0,29	-0,12	0,07
Высота фиксации штанги в подседе $H_{фик}$ (м)	0,50	0,07	0,14	-0,05	0,39	0,71	0,25	0,28
Разность ($H_{мах} - H_{фик}$) (м)	0,30	0,12	0,26	-0,28	0,53	-0,70	-0,23	-0,13
Максимальная абсолютная мощность в финальном разгоне - $Pabs$ (Вт)	3371,1	1150,6	0,69	0,31	0,21	0,38	-0,45	0,09
Максимальная относительная мощность в финальном разгоне - $Pотп$ (Вт/кг)	43,2	11,9	-0,15	0,41	0,27	0,39	-0,69	0,29

ми и определяются сократительными способностями мышц спортсменов, а также уровнем технического мастерства. Данный фактор можно назвать «Реализационная эффективность спортивно-технического мастерства». Результаты исследования и анализ показывают, что повышение технического мастерства в этом упражнении связано с уменьшением потери скорости движения штанги в 3-й фазе (фаза амортизации), а также увеличением высоты и времени достижения максимальной скорости движения снаряда, что сопряжено с увеличением углов в коленных и тазобедренных суставах. Это создает более выгодные условия для проявления взрывной силы в подрыве, что подтверждается влиянием переменной максимальной относительной мощности движения штанги. Повышение высоты локализации максимальной силы воздействия на снаряд в подрыве позволяет добиваться большей высоты вылета штанги при выполнении подседа, усиливая реализационную эффективность двигательного действия. В совокупности данные элементы движения влияют на эффективность техники подъема штанги на грудь, что согласуется с работами других авторов [3,4].

3-й фактор (17,2% дисперсии) нагружен в основном пятью переменными, это максимальная скорость движения снаряда в фазе финального разгона, высота и время достижения V_{max} , максимальная высота вылета снаряда в подседе и глубина движения снаряда вниз в момент его приема в подседе. С увеличением высоты выполнения подрыва возрастает и максимальная скорость вылета снаряда в фазе финального разгона, что отражается на высоте вылета штанги. При этом создаются более выгодные условия для эффективного выполнения подседа под штангу. Этот фактор можно определить как «Эффективность техники выполнения подрыва и финального разгона». Обращает на себя внимание слабое влияние на данный фактор максимальной абсолютной и относительной мощности движения. Скорость движения штанги в данном случае определяется строго биомеханическими факторами, что важно учитывать в процессе совершенствования техники подъема на грудь, а также при построении модели эффективной

техники данного упражнения.

4-й фактор (13,9% дисперсии) нагружен тремя переменными, которые характеризуются как V_{max} , обратное движение штанги вниз при подседе и глубина подседа. Умеренно нагружен данный фактор также максимальной и относительной мощностью движения. С увеличением мощности движения увеличивается V_{max} штанги и при этом сокращается обратное движение снаряда при выполнении подседа, а также увеличивается глубина подседа. Это косвенно свидетельствует о взаимосвязи мощности выполнения подрыва и техники подседа [3,4]. Данный фактор можно характеризовать как «Фактор взаимосвязи мощности подрыва и техники выполнения подседа».

5-й фактор (9,6% дисперсии) нагружен тремя переменными. Это максимальная скорость движения штанги в фазе финального разгона, максимальная абсолютная и относительная мощность движения. Такая связь характеризует степень реализации двигательного потенциала спортсменов за счет эффективности техники двигательного действия. Данный фактор можно назвать «Реализационная эффективность техники выполнения подъема штанги на грудь».

6-й фактор (7,0% дисперсии) нагружен несколькими переменными. Это результат в толчке штанги в очках, скорость движения штанги в тяге, снижение скорости движения штанги в 3-й фазе – (V_{min}), максимальная относительная мощность в финальном разгоне. Данная взаимосвязь характеризует уровень технического мастерства спортсменов при выполнении тяги и подрыва, особенно в момент переключения в движении от тяги к подрыву. Этот фактор может быть назван «Эффективность тяги и финального разгона».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных эмпирических данных позволил выявить внутригрупповые закономерности кинематических и динамических показателей движения штанги при выполнении подъема на грудь и выявить факторы, влияющие на эффективность двигательного действия, определить весомость каждого фактора, что дает возможность более качественно и четко определить акценты в ходе совершен-

ствования спортивно-технического мастерства спортсменов.

Применение аппаратно-программного комплекса позволяет получать в автоматизированном режиме объективную информацию о различных характеристиках соревновательных упражнений [2,3,4,7,8]. Отклонения

биомеханических показателей от модельных характеристик позволяет получить точные количественные данные о различных элементах упражнения и в дальнейшем определить адресную поддержку процесса совершенствования спортивно-технического мастерства спортсменов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукашев, А.А., Взаимосвязь физических качеств с техникой тяжелоатлетических упражнений / А. А. Лукашев, П. С. Новиков, И.П. Сивохин // Совершенствование специальной подготовки спортсменов высокой квалификации : сб. науч. статей КазИФК. – Алма-Ата : КазИФК. - 1990. – С.65-69.
2. Красов, Е.А. Структура специально-вспомогательных упражнений и подъема штанги на грудь: автореф. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Е. А. Красов. – М.: ГЦОЛИФК, 1982. – 22 с.
3. Медведев, А.С. Система многолетней тренировки в тяжелой атлетике : Учебное пособие для тренеров / А.С.Медведев. – М.: Физкультура и спорт, –1986.–272с.
4. Медведев, А.С. Особенности упругой деформации грифа в толчке при подъеме штанги на грудь / А. С. Медведев, А. А. Лукашев, И.С. Исмаилов и др. // Теория и практика физической культуры. – 1990. – № 5. – С. 43–46.
5. Сивохин, И.П. Биомеханическая характеристика

- ка техники классических упражнений элитных тяжелоатлетов в условиях соревнования / И. П.Сивохин, В.Ф. Скотников, М. С. Хлыстов, С.К.Мустафин, В.В. Пак// Олимпийский спорт и спорт для всех: Материалы XVIII международного научного конгресса, посвященного Всемирной зимней универсиаде 2017 года. (1-4 октября 2014, Алматы). – Алматы: КазАСТ, 2014. – Т. 2. – С. 435-438.
6. Шалманов, А.А. Кинематика и динамика движения штанги у тяжелоатлетов высокой квалификации в условиях соревнований / А. А. Шалманов, В.Ф. Скотников, А.В. Панин // «Олимп», 2012. – № 2-3. – С. 27-31.
 7. Saumann, W. Biomechanical Research into Weightlifting / W. Saumann // World Weightlifting. – 1985. – № 4. – P. 36–37.
 8. Nelson, R., Surdett, R. Biomechanical Analysis of Olympic Weightlifting / R.Nelson, R. Surdett // International Congress of Physical Activity Sciences. Quebec. – 1976. – Vol.1. – P. 169.

BIBLIOGRAPHY

1. Lukashev, A. A. Interrelation of physical qualities with technology of weightliftings exercises / A. A. Lukashev, P. S. Novikov, I.P. Sivokhin // Improvement of special training of athletes of high qualification: coll. science. articles. Kaz of IFC. – Alma-Ata, 1990. – P. 65-69.
2. Krasov, E. A. Structure of special and auxiliary exercises and lifting of a bar on a breast: autoabstract. ... candidate of pedagogical science: 13.00.04 / E.A. Krasov. – M. : SCOLIPC, 1982. – 22 p.
3. Medvedev, A. S. System of long-term training in weightlifting: Manual for trainers / A. S. Medvedev. – M. : Physical culture and sport, 1986. – 272 p.
4. Medvedev, A. S. Features of elastic deformation of a pivot in a clean & jerk when lifting a bar on a breast / the Theory and practice of physical culture / A. S. Medvedev, A. A. Lukashov, I. S. Ismailov etc. – 1990. – № 5. – P. 43-46.
5. Sivokhin, I.P. Biomechanical characteristic of technique

- the classical exercises of elite weightlifters in the conditions of competition / I.P. Sivokhin, V.F. Scotnikov, M.S. Khlistov, S.K. Mustafin, V.V. Pak // the Olympic sport and sport for all: Materials XVIII of the international scientific congress devoted to the World winter Student Games-2017. (October 1-4, 2014, Almaty). – Almaty: KAZAKH ACADEMY OF SPORT AND TOURISM, 2014. – T.2. – P. 435-438. (558 p).
6. Shalmanov, A.A. Cinematics and dynamics of the movement of a bar at weightlifters of high qualification in the conditions of competitions / A.A. Shalmanov, V.F. Scotnikov, A.V. Panin // "Olympus". – 2012. – № 2-3. – P. 27-31.
 7. Saumann, W. Biomechanical Research in to Weightlifting / Saumann W. // World Weightlifting. – 1985. – № 4. – P. 36–37.
 8. Nelson, R. Biomechanical Analysis of Olympic Weightlifting / R. Nelson, R. Surdett // International Congress of Physical Activity Sciences. Quebec. – 1976. – Vol.1. – P. 169.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сивохин Иван Павлович – доктор педагогических наук, мастер спорта СССР по тяжелой атлетике, Заслуженный тренер Республики Казахстан по тяжелой атлетике, начальник научно-образовательного центра Костанайского государственного педагогического института.

Скотников Виталий Федорович – кандидат педагогических наук, профессор, Заслуженный работник физической культуры РФ, заведующий кафедрой тяжелоатлетических видов спорта им. А.С. Медведева ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма».

Прикладов Ярослав Владимирович – студент 4 курса факультета физической культуры спорта и туризма Костанайского государственного педагогического института.