

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ТОЛЧКА ШТАНГИ ОТ ГРУДИ ЭЛИТНЫХ ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ В УСЛОВИЯХ СОРЕВНОВАНИЙ

И.П. Сивохин¹, В.Ф. Скотников², М.С. Хлыстов³, А.И. Федоров⁴

¹Костанайский государственный педагогический институт, г. Костанай, Казахстан,

²Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, г. Москва,

³Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан,

⁴Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Цель. Рассчитать факторный анализ толчка штанги от груди элитных тяжелоатлетов в условиях соревнований. **Организация и методы исследования.** Совершенствование технического мастерства тяжелоатлетов связано с применением различных современных инструментальных методик объективного контроля, которые необходимы для получения точных количественных показателей биомеханической структуры двигательных действий спортсменов при выполнении соревновательных упражнений. Для регистрации траектории движения штанги 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 национальной сборной команды Республики Казахстан по тяжелой атлетике (8 мужчин и 5 женщин). **Результаты исследования.** Анализ полученных эмпирических данных позволил выявить внутригрупповые закономерности кинематических и динамических показателей движения штанги при выполнении толчка штанги от груди и выявить факторы, влияющие на эффективность двигательного действия. **Заключение.** При разработке программы и методики совершенствования толчка штанги от груди у тяжелоатлетов высокой квалификации необходимо учитывать факторы эффективности двигательного действия, которые были выявлены в ходе проведенного исследования. Это позволит повысить качество педагогического процесса по совершенствованию спортивно-технического мастерства тяжелоатлетов.

Ключевые слова: тяжелая атлетика, биомеханический контроль, техника толчка штанги от груди, факторный анализ.

Комплексный контроль с использованием биомеханических методов позволяет научно обосновать модельные характеристики техники соревновательных упражнений и выявить факторы, определяющие эффективность двигательного действия [2, 3, 5, 6]. Особая актуальность работы связана с тем, что спортсмены чаще всего допускают ошибки именно при выполнении второго движения – толчка штанги от груди; при выполнении соревновательного упражнения – классического толчка [3, 6].

Методика и организация исследования.

Для регистрации траектории движения штанги 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 [5]. Для расчета статистических показателей использовалась программа SPSS. Рассчитывались М-средняя групповая, SD-стандартное отклонение и r -коэффициент корреляции по Пирсону. При анализе экспериментальных данных использовался факторный анализ.

В исследовании приняли участие спортсмены высокой квалификации ($n = 13$), члены национальной сборной команды Республики Казахстан по тяжелой атлетике (8 мужчин и 5 женщин). Съемка проводилась во время проведения Всемирной Универсиады 2013 г. в г. Казань (Российская Федерация). Для изучения биомеханических показателей движения были выбраны успешные попытки в классическом толчке штанги с максимальными весами.

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице приведены среднегрупповые величины и стандартные отклонения спортивных результатов, весоростовых характеристик, кинематических и динамических показателей движения штанги при выполнении толчка штанги от груди. 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 относительной мощности, которую спортсмены развивают при выполнении собственно толчка. Важность и информативность данных показателей подтверждается корреляционным анализом. Максимальная абсолютная мощность имеет высокую взаимосвязь с результатом в толчке (кг) и составляет $r = 0,81$ ($p < 0,01$). Максимальная относительная мощность коррелирует с результатом в толчке, который выражается в относительных единицах (очках), и рассчитываются по таблице Синклера, отражая абсолютный результат без учета собственного веса $r = 0,63$ ($p < 0,05$). Максимальная абсолютная мощность определяет скорость и высоту вылета снаряда, от чего зависит вероятность успешной фиксации движения в нижней точке. При этом скорость вылета снаряда не зависит от весоростовых показателей спортсмена и определяется в большей степени максимальной и взрывной силой, а также зависит от величины вклада в суммарную величину пикового значения усилия энергии упругой деформации мышц и сухожилий спортсмена [1, 3, 6]. Это требует работы, направленной на развитие максимальной и взрывной силы ног, с учетом сложной структуры их взаимосвязи [4]. Требуется также направленное совершенствование техники толчка штанги от груди, которая позволяет максимально реализовать упругие свойства мышц спортсмена [3, 6].

Для анализа характера и степени взаимосвязи полученных эмпирических данных был проведен факторный анализ. Результаты анализа представлены в таблице в виде матрицы компонентов. Было выделено 6 главных факторов. На долю 1-го фактора приходится 26,1 % дисперсии и его нагружают такие переменные как весоростовые показатели и связанные с ними глубина предварительного

подседа и максимальная скорость движения штанги вверх при выталкивании. С этим же фактором коррелируют абсолютный результат в толчке и максимальная абсолютная мощность движения штанги. Данный фактор можно интерпретировать как «Анатомо-морфологический и физический фактор эффективности соревновательного упражнения». Поскольку рост нельзя изменить, основными причинами, влияющими на результат в толчке, становится увеличение мышечной массы и увеличение максимальной мощности движения.

На долю 2-го фактора приходится 19,8 % дисперсии и его нагружают такие переменные как абсолютный и относительный результат в толчке в относительных единицах, исключая влияние массы тела. Этот фактор так же нагружен максимальной скоростью вылета штанги при выталкивании. При увеличении веса штанги снижается скорость ее вылета. Эти переменные и характеризуют уровень спортивно-технического мастерства. Они не связаны с весоростовыми показателями и определяются сократительными способностями мышц спортсменов, а также уровнем технического мастерства. Данный фактор можно назвать «Реализационная эффективность спортивно-технического мастерства».

3-й фактор (17,2 % дисперсии) нагружен в основном тремя переменными, это время и глубина предварительного подседа, а также скорость движения штанги вниз. Данный элемент техники выделяется отдельно и не связан с другими переменными. Этот фактор можно определить как «Эффективность техники предварительного подседа». Скорость движения штанги вниз должна быть оптимальной и способствовать максимальному проявлению упругих свойств мышц, и увеличению их вклада в суммарную величину импульса силы, направленного на вылет снаряда вверх. Чрезмерно резкое движение вниз может привести к неоправданному повышению опорных реакций, превышающие возможности опорно-двигательного аппарата спортсменов.

4-й фактор (13,9 % дисперсии) нагружен двумя переменными, которые характеризуются временем выталкивания штанги вверх и максимальной относительной мощностью в финальном разгоне. С увеличением относительной мощности движения увеличивается ускорение штанги и при этом сокращается время

Биомеханические характеристики движения штанги при выполнении толчка от груди в условиях соревнований и результаты факторного анализа (n = 13)
Barbell movement biomechanical characteristics at jerk during competition and factor analysis results (n = 13)

Показатели Parameters	Статистические оценки Statistical assessment		Матрица компонентов Matrix of components					
	M	SD	1-й фактор, дисперсия 1st factor, dispersion 26,1%	2-й фактор, дисперсия 2nd factor, dispersion 19,8%	3-й фактор, дисперсия 3rd factor, dispersion 17,2%	4-й фактор, дисперсия 4th factor, dispersion 13,9%	5-й фактор, дисперсия 5th factor, dispersion 9,6%	6-й фактор, дисперсия 6th factor, dispersion 7,0%
Длина тела (см) Body length (cm)	167,2	10,9	0,79	0,46	0,01	0,1	0,24	-0,28
Масса тела (кг) Body weight (cm)	77,8	20,5	0,94	0,11	0,04	0,09	0,28	-0,08
Результат в толчке (кг) Jerk result (kg)	158,1	41,9	0,68	0,68	-0,18	0,00	0,14	0,13
Результат в толчке (очки) Jerk result (points)	202,4	37,6	0,27	0,85	-0,31	-0,09	-0,01	0,30
Время предварительного подседа – t (с) Preliminary squat time – t (s)	0,32	0,03	-0,24	0,08	0,70	0,01	0,48	0,20
Глубина предварительного подседа – Н(м) Preliminary squat depth – Н (m)	0,22	0,02	0,50	0,05	0,49	0,20	-0,07	-0,57
Максимальная скорость движения штанги вниз в предварительном подседе – Vmax (м/с) Maximum velocity of downward barbell movement in preliminary squat – Vmax (m/s)	-1,14	0,13	-0,41	0,21	0,52	-0,03	0,53	0,48
Время выталкивания штанги вверх – t (с) Barbell push time – t (s)	0,49	0,03	0,51	-0,18	0,02	0,66	0,23	-0,01
Максимальная скорость движения штанги вверх – Vmax (м/с) Maximum velocity of upward barbell movement – Vmax (m/s)	1,75	0,12	0,67	-0,57	-0,16	-0,38	-0,12	0,03
Максимальная абсолютная мощность в финальном разгоне – Pabs (Вт) Maximum absolute power in the final phase – Pabs (W)	4722,0	1305,1	0,90	0,27	-0,03	-0,21	0,08	0,17
Максимальная относительная мощность в финальном разгоне – Potn (Вт/кг) Maximum relative power in the final phase – Potn (W/kg)	59,6	10,7	0,22	0,35	-0,22	-0,63	-0,35	0,44

выталкивания штанги. Это косвенно свидетельствует о важности способности спортсмена добиваться повышения динамических характеристик движения за счет концентрации усилия во времени [1, 3, 6]. Данный фактор можно характеризовать как «Фактор эффективной реализации взрывной силы».

5-й фактор (9,6 % дисперсии) нагружен единственной переменной. Это максимальная скорость движения штанги вниз в момент выполнения предварительного подседа. Скорость подседа должна быть рациональной. При низкой скорости подседа снижаются динамические характеристики движения, и снижается вклад упругих свойств мышц. При высокой скорости подседа может проявиться тормозящее влияние на мотонейроны двигательных единиц со стороны рецепторов сухожилий и мышц [6]. Данный фактор можно назвать как «Рациональность техники выполнения предварительного подседа».

6-й фактор (7,0 % дисперсии) нагружен тремя переменными. Глубина предварительного подседа, скорость движения штанги вниз и максимальная относительная мощность движения штанги в финальном разгоне. При увеличении глубины подседа уменьшается угол в коленных суставах. При этом ухудшаются условия для проявления взрывной силы, что ведет к уменьшению относительной мощности и реализационной эффективности толчка [1, 3]. Данный фактор можно назвать как «Фактор взаимосвязи глубины подседа и реализации относительной мощности движения в фазе финального разгона».

Выводы. Анализ полученных эмпирических данных позволил выявить внутригрупповые закономерности кинематических и динамических показателей движения штанги при выполнении толчка от груди и выявить факторы, влияющие на эффективность двигательного действия. Применение аппаратно-программного комплекса позволило получать в автоматизированном режиме объективную информацию о различных характеристиках движения в условиях соревнований. Отклонения биомеханических показателей от модельных характеристик позволяет получить точные количественные данные о различных элементах соревновательного упражнения и

в дальнейшем определить адресную поддержку процесса совершенствования спортивно-технического мастерства спортсменов. При разработке программы и методики совершенствования толчка штанги от груди у тяжелоатлетов высокой квалификации необходимо учитывать факторы эффективности двигательного действия, которые были выявлены в ходе проведенного исследования. Это позволит повысить качество педагогического процесса по совершенствованию спортивно-технического мастерства тяжелоатлетов.

Литература

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.* – Алма-Ата: КазИФК, 1990. – С. 65–69.
2. Медведев, А.С. *Система многолетней тренировки в тяжелой атлетике* / А.С. Медведев. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 272 с.
3. Новиков, П.С. *Коррекция технической подготовленности тяжелоатлетов высокой квалификации на основе развития специальных скоростно-силовых качеств* / П.С. Новиков, Ю.В. Верхошанский // *Научные основы управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов: тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф., 1986.* – С. 125–126.
4. Сивохин, И.П. *Биомеханический контроль при оценке реализационной эффективности двигательных действий в тяжелой атлетике* / И.П. Сивохин, А.И. Федоров // *Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте: материалы Всерос. (с международным участием) очно-заочной науч.-практ. конф.* – М., 2014. – С. 28–34.
5. 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.
6. Эррера, А. *Соотношение результатов в рывке и толчке тяжелоатлетов Кубы* / А. Эррера // *Тяжелая атлетика: ежегодник.* – 1980. – С. 17–19.

Сивохин Иван Павлович, доктор педагогических наук, начальник научно-образовательного центра, Костанайский государственный педагогический институт, г. Костанай, Казахстан, Sivokhin_i_57@mail.ru.

Скотников Виталий Федорович, заведующий кафедрой тяжелой атлетики, кандидат педагогических наук, профессор, Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, г. Москва, Sivokhin_i_57@mail.ru.

Хлыстов Михаил Савельевич, кандидат педагогических наук, профессор, профессор кафедры теории физической культуры, Казахский национальный педагогический университет им. Абая, г. Алматы, Казахстан, Sivokhin_i_57@mail.ru.

Федоров Александр Иванович, доцент кафедры физического воспитания и здоровья, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, sportscience@mail.ru.

Поступила в редакцию 10 ноября 2015 г.

DOI: 10.14529/hsm160112

FACTOR ANALYSIS OF BARBELL JERK PERFORMED BY SKILLED WEIGHTLIFTERS DURING COMPETITION

*I.P. Sivokhin*¹, Sivokhin_i_57@mail.ru,
*V.F. Skotnikov*², Sivokhin_i_57@mail.ru,
*M.S. Khlystov*³, Sivokhin_i_57@mail.ru,
*A.I. Fyodorov*⁴, sportscience@mail.ru

¹Kostanay State Pedagogical Institute, Kostanay, Kazakhstan,

²Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism, Moscow, Russian Federation,

³Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan,

⁴South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Aim. To carry out factor analysis of barbell jerk performed by skilled weightlifters during competition. **Research organization and methods.** Weightlifters' skill perfection is associated with using the various modern instrumental techniques of objective control necessary for obtaining the exact quantitative characteristics of biomechanical structure of the athletes' moving actions at competitive exercising. To record the trajectory of the barbell movement and dynamic indicators we used a specialized software and hardware complex including photo-video camera, transmitting source installed at the end of the barbell and the appropriate software. The study involved highly skilled athletes (n = 13), the members of Kazakh national weightlifting scratch team (8 men and 5 women). **Results.** The analysis of obtained empiric data revealed intra-group regularities of kinematic and dynamic parameters of the barbell movement during the jerk, and also revealed the factors influencing the motor action efficiency. **Conclusion.** The program and techniques of barbell jerk enhancement for high-skilled weightlifters should be developed considering the motor action efficiency factors revealed by the research. It will enhance the quality of educational process aimed to improve the weightlifters' sports mastery.

Keywords: weightlifting, biomechanical control, jerk technique, factor analysis.

References

1. Lukashev A.A., Novikov P.S., Sivokhin I.P. [The Relationship of Physical Qualities with the Technique of Weightlifting Exercises]. *Sovershenstvovanie spetsial'noy podgotovki sportsmenov vysokoy kvalifikatsii: sbornik nauchnykh statey* [Improving Special Training Highly Skilled Athletes. A Collection of Scientific Articles], 1990, pp. 65–69. (in Russ.)
2. Medvedev A.S. *Sistema mnogoletney trenirovki v tyazheloy atletike* [The System of Long-Term Training in Weightlifting]. Moscow, Physical Education and Sports Publ., 1986. 272 p.

3. Novikov P.S., Verkhoshanskiy Yu.V. [Correction of Technical Readiness of Weight-Lifters of High Qualification on the Basis of Special Power-Speed]. *Nauchnye osnovy upravleniya podgotovkoy vysokokvalifitsirovannykh sportsmenov: tezisy докладов Vsesoyuznoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific Bases of Management of Preparation of Highly Skilled Athletes. Abstracts of the All-Union Scientific-Practical Conference], 1986, pp. 125–126. (in Russ.)

4. Sivokhin I.P., Fedorov A.I. [Biomechanical Control in Assessing the Realizable Efficiency of Motor Actions in Weightlifting]. *Biomekhanika dvigatel'nykh deystviy i biomekhanicheskiy kontrol' v sporte: materialy Vserossiyskoy (s mezhdunarodnym uchastiem) ochno-zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Biomechanics of Motor Actions and Biomechanical Control in Sport. Materials of All-Russian (With International Participation) Part-Time Scientific and Practical Conference], 2014, pp. 28–34. (in Russ.)

5. Shalmanov A.A., Skotnikov V.F., Panin A.V. [The Kinematics and Dynamics of Motion of the Rod in Weightlifting Qualifications in a Competition]. *Olimp* [Olympus], 2012, no. 2–3, pp. 27–31. (in Russ.)

6. Errera A. [Correlation of Results in the Snatch and Jerk Weightlifting Cuba]. *Tyazhelaya atletika: ezhegodnik* [Weightlifting. Yearbook], 1980, pp. 17–19. (in Russ.)

Received 10 November 2015

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Факторный анализ толчка штанги от груди элитных тяжелоатлетов в условиях соревнований / И.П. Сивохин, В.Ф. Скотников, М.С. Хлыстов, А.И. Федоров // Человек. Спорт. Медицина. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 72–77. DOI: 10.14529/hsm160112

FOR CITATION

Sivokhin I.P., Skotnikov V.F., Khlystov M.S., Fedorov A.I. Factor Analysis of Barbell Jerk Performed by Skilled Weightlifters During Competition. *Human. Sport. Medicine*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 72–77. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm160112