

Спортивная тренировка Sports training

Научная статья
УДК 796.886
DOI: 10.14529/hsm230308

ОЦЕНИВАНИЕ АСИММЕТРИЧНОСТИ РЫВКА ШТАНГИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СКОРОСТНОЙ СЪЕМКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Л.А. Хасин**, <https://orcid.org/0000-0002-3191-3860>

*А.Л. Дроздов**, <https://orcid.org/0000-0002-3476-811X>

Московская государственная академия физической культуры, Малаховка, Россия

**niit@mgafk.ru*

Аннотация. Цель: разработка методики оценивания асимметричности выполнения рывка по пространственно-временным, кинематическим и динамическим характеристикам движения штанги. **Материалы и методы.** Для получения кинематических и динамических показателей движения снаряда используется скоростная видеосъемка четырьмя камерами. Описана методика съемки, позволяющая получать искомые показатели для правого и левого концов штанги. Для обработки оцифрованных видеоматериалов используются цифровой фильтр и математические модели рывка. **Результаты.** Для расчета характеристик движения снаряда, необходимых для оценивания и анализа асимметрии выполнения рывка, были проведены и обработаны съемки упражнений, выполненные одновременно четырьмя скоростными камерами (250 к/с). Для концов грифа штанги рассчитаны вертикальные и горизонтальные перемещения, скорости и ускорения. Также рассчитаны вертикальные и горизонтальные силы, приложенные к правому и левому пакету блинов. На основе полученных данных определены величины поворота грифа штанги относительно двух осей. Рассчитаны моменты начала возникновения асимметрии (поворотов) и определены воздействия, их вызывающие. **Заключение.** Разработана комплексная бесконтактная методика, позволяющая рассчитывать показатели, объясняющие причины возникновения асимметрии движения.

Ключевые слова: тяжелая атлетика, рывок, скоростная видеосъемка, кинематика, динамика, асимметрия

Для цитирования: Хасин Л.А., Дроздов А.Л. Оценивание асимметричности рывка штанги с применением скоростной съемки и математического моделирования // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 3. С. 62–70. DOI: 10.14529/hsm230308

Original article
DOI: 10.14529/hsm230308

ANALYSIS OF THE SNATCH WITH HIGH-SPEED CAMERA AND MATHEMATICAL MODELING

*L.A. Khasin**, <https://orcid.org/0000-0002-3191-3860>

*A.L. Drozdov**, <https://orcid.org/0000-0002-3476-811X>

Moscow State Academy of Physical Education, Moscow Region, Lyubertsy District, Malakhovka Work Settlement, Russia

**niit@mgafk.ru*

Abstract. Aim. The paper aims to develop a method of evaluating the symmetry of the snatch through time and space characteristics along with the kinematic and dynamic characteristics of the movement patterns of the barbell. **Materials and methods.** High-speed video recording with four cameras is used to obtain the kinematic and dynamic characteristics of movement patterns. The technique of video analysis

is described to get data on movement patterns from the right and left ends of the barbell. A digital filter and mathematical models of the snatch are used for the processing of video data. **Results.** Exercise sessions were simultaneously shot with four high-speed cameras (250 fps), and the data obtained was processed to calculate movement characteristics that allow for evaluation and analysis of the symmetry of exercise performance. Vertical and horizontal displacements, velocities, and accelerations were calculated for the ends of the barbell. The vertical and horizontal forces applied to the right and left weight plates were measured. The data obtained was used to determine barbell rotation relative to two axes. The onset of asymmetry (turns) and its reasons were identified. **Conclusion.** A complex, non-contact technique was developed to calculate parameters related to the onset of asymmetry.

Keywords: weightlifting, snatch, high-speed video, kinematics, dynamics, asymmetry

For citation: Khasin L.A., Drozdov A.L. Analysis of the snatch with high-speed camera and mathematical modeling. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(3):62–70. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230308

Введение. Вопросы, связанные с асимметричностью движения снаряда при выполнении рывка штанги, давно привлекают внимание исследователей и практиков в области тяжелой атлетики. Развитие средств цифровой видеофиксации в последние годы позволило оценивать асимметрию движения не только визуально, но и в количественном выражении. В качестве показателей, определяющих несимметричность движения снаряда, исследователи используют различные переменные. В работе [6] на основе видеосъемки измеряли углы в голеностопном, коленном и тазобедренном суставах для правой и левой ноги, рассчитывались скорость и перемещение концов грифа на протяжении выполнения рывка штанги в сед.

В исследованиях [1, 8, 9] также использовались углы в плечевом, локтевом и запястном суставах и данные от двух тензометрических платформ для левой и правой ноги спортсмена.

Методике регистрации движения ОЦМ штанги и ее вращения в горизонтальной и фронтальной плоскостях посвящена работа [4]. С применением этой методики было выполнено исследование асимметрии скоростно-силовых возможностей мышц коленных суставов [2].

Методика нахождения кинематических и динамических характеристик движения пакета блинов штанги с использованием OpenCV Template Matching algorithm описана в работе [11]. Нахождение силы, прикладываемой спортсменом к штанге, с использованием этой технологии описано в [10]. Применение этой технологии позволяет исследовать силы, приложенные к каждому пакету блинов. Также для сравнения движения разных концов грифа штанги применяется система V-score. Сравне-

нию движения правого и левого конца грифа с использованием V-score посвящена статья [5].

В нашем исследовании мы попытались устранить факторы, понижающие точность и информативность параметров, необходимых для оценивания асимметричности движения снаряда при выполнении рывка. Был определен необходимый набор параметров, позволяющий оценивать наклоны и повороты грифа штанги во время движения и проводить анализ причин наличия асимметрии в различных фазах подъема штанги. К этим параметрам мы отнесли вертикальные и горизонтальные перемещения, скорости и ускорения каждого конца грифа, горизонтальные и вертикальные силы, прикладываемые спортсменом к снаряду, а также моменты времени, задающие границы фаз выполнения упражнения. Для получения достаточной точности вычисления перечисленных пространственно-временных, кинематических и динамических характеристик использовались видеоматериалы, полученные с помощью съемки движения высокоскоростными камерами. Как показывает сравнение полученных с их помощью характеристик с аналогичными, измеренными с помощью контактных датчиков ускорения [12], результаты, полученные высокоскоростными камерами, имеют достаточную валидность. Для сглаживания оцифрованных данных применялись цифровые фильтры, построенные на основе подхода, предложенного в [13]. В НИИТ было разработано программное обеспечение, позволяющее рассчитывать скорости и ускорения (Свидетельство о государственной регистрации № 2017613826). Как показали исследования, проводимые в НИИТ МГАФК [3, 7], для расчета сил, прикладываемых спортсменом к снаряду, требуется применение специальных математических моделей. Особенно-

стью предлагаемого подхода является отсутствие использования контактных способов нахождения собираемых показателей, что позволяет проводить сбор данных на соревнованиях, а также получать все исследуемые параметры одновременно.

Материалы и методы. Проводилась синхронная скоростная съемка рывка штанги четырьмя камерами. Размещение камер представлено на рис. 1. Камерами 1 и 2 снимались торцы грифа. Оптические оси объективов этих камер параллельны продольной оси грифа. Оптическая ось камеры 4 направлена под углом 45 градусов к продольной оси грифа со стороны лица спортсмена. Камера 3 снимала спортсмена в фас с расстояния 10 м.

Упражнение рывок штанги выполнялось спортсменами квалификации мастер спорта, тренер С.А. Сырцов. Вес штанги выбирался так, чтобы он составлял 95 % от лучшего результата спортсмена. Скорость съемки – 250 к/с. Начало съемки – отрыв штанги от помоста, конец – фиксация снаряда в седе.

Для видеофрагментов с камер 1, 2 и 4 были отмаркированы ближние к камере концы грифа штанги. В качестве масштабирующего объекта использовался диаметр блина, измеренный по вертикали. Для видеофрагментов с камеры 3, кроме концов грифа, были отмаркированы точки на ближних к руке краях бобышек. Масштабирование выполнялось по длине грифа. Координаты, скорости и ускорения отмаркированных точек были рассчитаны с помощью программного обеспечения, описанного в [7]. Каждому кадру видеоряда был поставлен в соответствие набор рассчитанных параметров движения всех отмаркированных точек. Вертикальные и горизонтальные составляющие сил, прикладываемых спортсменом к правому и левому пакетам блинов, были рассчитаны с использованием алгоритмов, описанных в [3, 7].

Результаты. Рассмотрим выполнение рывка штанги весом 130 кг спортсменом Н-ко. Различия вертикальных координат и скоростей двух концов грифа невелики. Так, максимальная высота подъема правого и левого концов отличается меньше, чем на 0,5 см. Максимальные скорости отличаются менее, чем на 0,02 м/с. Разность высот концов грифа можно наблюдать только в начале движения после отрыва штанги от помоста и при фиксации в седе (рис. 2, 3).

Для оценивания поворотов грифа в вертикальной плоскости был построен график разности вертикальных координат грифа (рис. 4). До отрыва снаряда от помоста разность координат близка к нулю. Сразу после отрыва штанги от помоста (точка 1 на рис. 4) разность между правым и левым концом грифа начинает расти по модулю и достигает значения $-0,02$ м к моменту начала взаимодействия грифа штанги с бедрами (точка 2 на рис. 4). Отрицательная величина разности соответствует повороту грифа против часовой стрелки. После взаимодействия грифа с бедрами («отбива») направление поворота меняется на противоположное. Оно сохраняется до фиксации штанги в седе (точка 3 на рис. 4). К моменту фиксации разность вертикальных координат грифа составляет 2,6 см.

Изменение направления поворота в вертикальной плоскости обусловлено изменением сил, приложенных спортсменом к штанге. Рассмотрим графики на рис. 5.

После отрыва штанги от помоста (точка 1 на рис. 5) пик силы, приложенной к левому пакету блинов, составляет 950 N ($t = 0,284$ с), пик силы на правом пакете – 880 N ($t = 0,324$ с). Разность этих сил приводит к повороту штанги. Во время «отбива» (рис. 6) пик силы, приложенной к левому пакету блинов, составляет 825 N ($t = 0,972$ с), пик силы на правом пакете – 875 N ($t = 0,944$ с) (точка 2 на рис. 5).

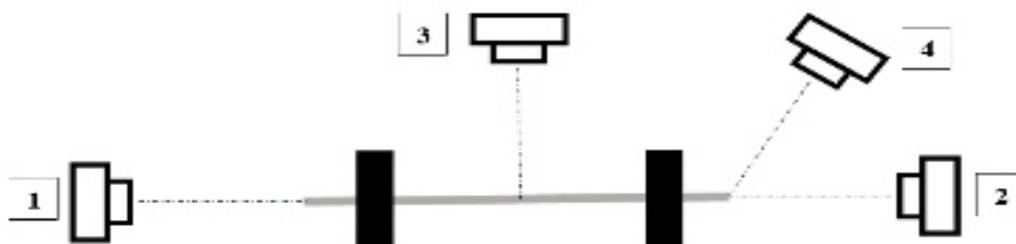


Рис. 1. Размещение камер
Fig. 1. Camera placement



Рис. 2. Н-ко. Поза спортсмена в момент отрыва штанги от помоста
Fig. 2. Athlete's position during the lift off

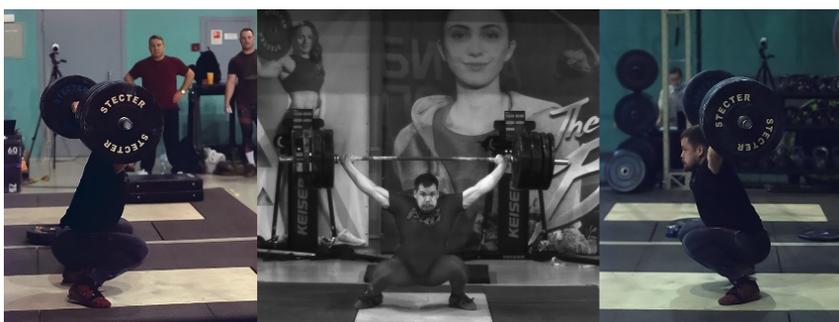


Рис. 3. Н-ко. Поза спортсмена в момент фиксации в седе
Fig. 3. Athlete's position during the catch phase

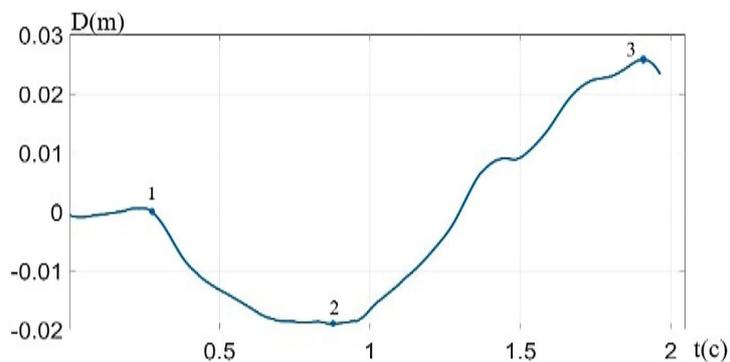


Рис. 4. Н-ко. Разность вертикальных координат
правого и левого концов грифа
Fig. 4. Difference between the vertical coordinates
of the right and left ends of the barbell

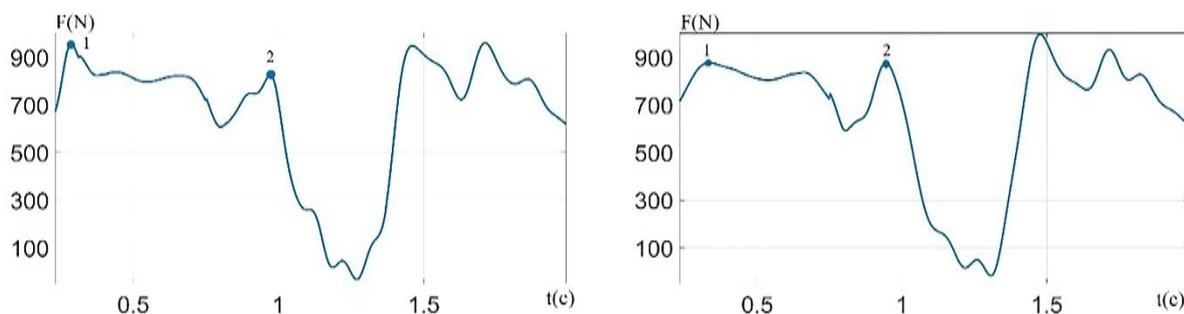


Рис. 5. Н-ко. Вертикальные силы, примененные к центрам правого и левого пакетов блинов
Fig. 5. Vertical forces applied to the centers of the right and left sets of weight plates



Рис. 6. Н-ко. Поза спортсмена при «отбиве» штанги
Fig. 6. Athlete's position during the barbell descent

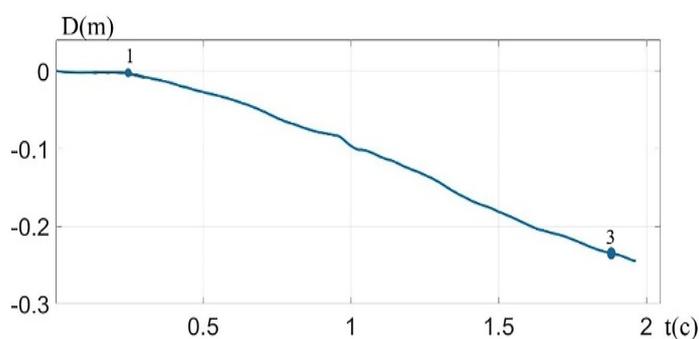


Рис. 7. Н-ко. Разность горизонтальных координат
правого и левого концов грифа
Fig. 7. Difference between the horizontal coordinates
of the right and left ends of the barbell

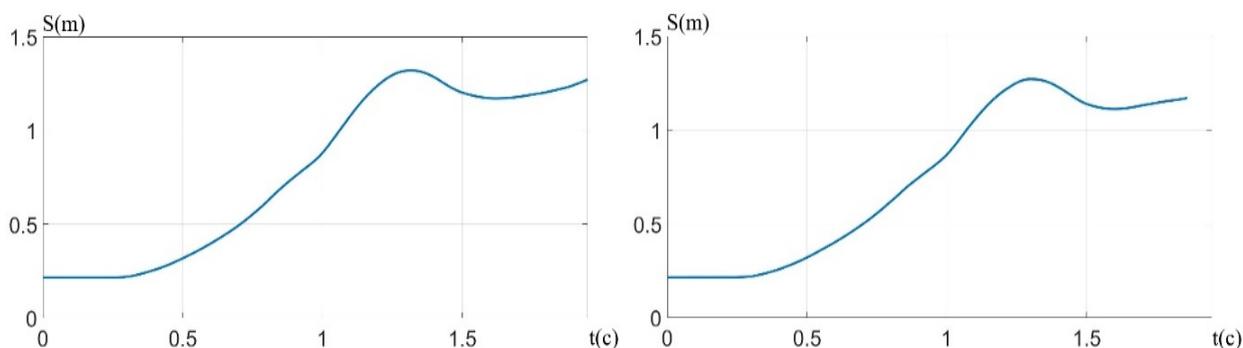


Рис. 8. Л-на. Графики зависимости вертикальных координат концов грифа от времени
Fig. 8. Relationship between vertical coordinates and time

В горизонтальной плоскости поворот грифа штанги также начинается в момент отрыва штанги от помоста (см. рис. 2). Этот поворот продолжается до фиксации штанги в седе. Как видно из графика разности горизонтальных координат концов грифа (рис. 7), величина разности координат достигает значения 0,24 м в седе.

Рассмотрим выполнение рывка штанги весом 60 кг спортсменкой Л-ой. По найденным вертикальным координатам правого и левого концов грифа (рис. 8) находим разность максимальных высот их подъема от положения на помосте. Высота подъема правого

конца – 1,06 м, левого – 1,11 м. Разность высот подъема концов – менее 0,05 м. Максимальная разность между вертикальными координатами концов грифа достигается при фиксации штанги – 0,06 м.

Сравнение графиков вертикальных координат концов грифа (см. рис. 8) показывает, что они одинаковы до момента времени 0,62 с от отрыва штанги от помоста. До этого момента разница составляла менее 0,006 м. Затем начинается поворот грифа в вертикальной плоскости. Момент начала поворота приходится на начало фазы амортизации (рис. 9). Причиной начала поворота в вертикальной



Рис. 9. Л-на. Поза спортсменки в начале фазы амортизации
Fig. 9. Athlete's position during the first pull phase

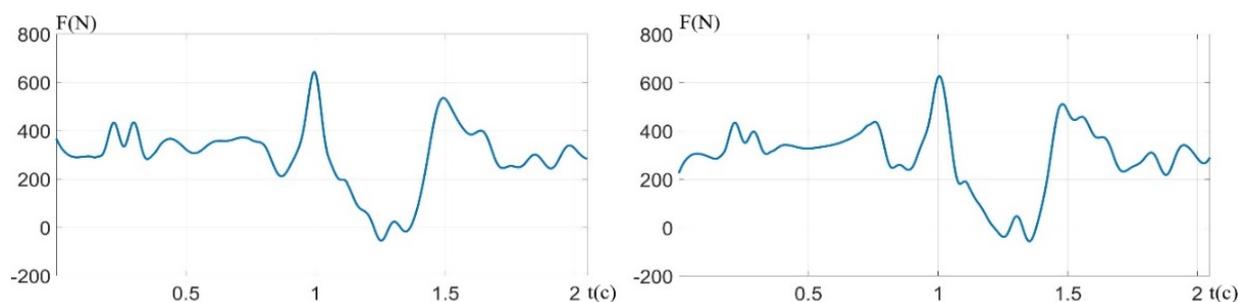


Рис. 10. Л-на. Вертикальные силы, приложенные к правому и левому пакетам блинов
Fig. 10. Vertical forces applied to the right and left sets of weight plates



Рис. 11. Л-на. Поза фиксации в седе
Fig. 11. Athlete's position during the catch phase

плоскости является изменение соотношения между силами, приложенными к левому и правому пакетам блинов. Локальные максимумы этих сил перед началом фазы амортизации для правого и левого пакетов блинов (рис. 10) составляют 371 N и 438 N соответственно.

Поворот грифа штанги против часовой стрелки продолжается до фиксации. Наклон штанги в сторону правой руки спортсменки хорошо заметен на съемке в фас в позе, соответствующей фиксации (рис. 11).

Момент возникновения различий горизонтальных координат правого и левого концов грифа представлен на графике зависимо-

сти разности горизонтальных координат от времени (рис. 12).

Нулевая точка горизонтальной оси координат концов грифа – начало съемки. Штанга находится на помосте. Как видно из рис. 12, разность горизонтальных координат до момента времени $t = 0,98$ с не превышает значения 0,01 м, а затем начинает возрастать до значения 0,12 м, что соответствует повороту грифа в горизонтальной плоскости на 3,12 градуса. Момент времени начала поворота в горизонтальной плоскости происходит во время выполнения «отбива» штанги (рис. 13).

В этот момент возникают максимальные значения горизонтальных составляющих сил,

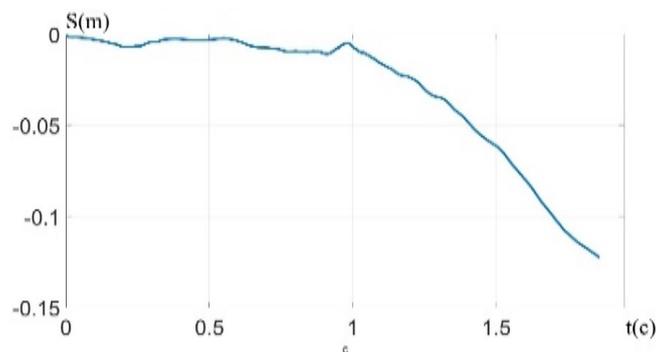


Рис. 12. Л-на. Разность горизонтальных координат
правого и левого концов грифа
Fig. 12. Difference between the horizontal coordinates
of the right and left ends of the barbell



Рис. 13. Л-на. Поза спортсменки при взаимодействии штанги с бедрами («отбива»)
Fig. 13. Athlete's position during the barbell descent

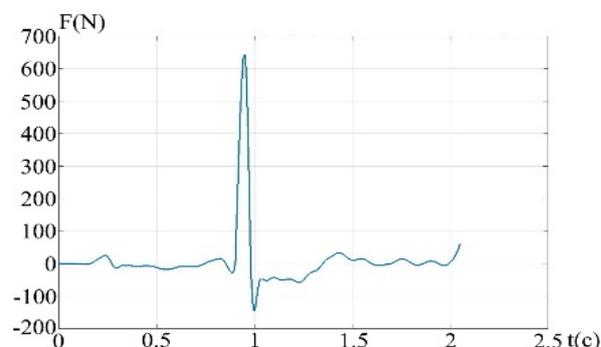
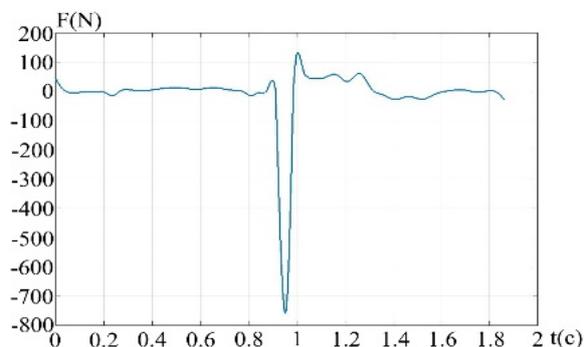


Рис. 14. Л-на. Горизонтальная сила, приложенная спортсменкой к штанге (правый и левый конец)
Fig. 14. Horizontal force applied to the barbell (right and left ends)

приложенных к пакетам блинов (графики на рис. 14).

Для левого пакета блинов максимальное значение – 654 N, а для правого – 780 N. Время взаимодействия бедер спортсменки со штангой – 0,076 с. За это время перемещение правого конца грифа составило 0,036 м, левого – 0,029 м. «Отбив» штанги бедрами производится несимметрично, что и влечет последующий поворот в горизонтальной плоскости.

Заключение. В настоящей и других работах, выполненных нами, проанализированы десятки подходов, в которых выполнялись тяжелоатлетические упражнения. Почти во всех подходах наблюдалась значительная

асимметричность движения снаряда. Нами были рассчитаны величины поворотов, найдены моменты начала поворотов, проведен анализ причин их возникновения.

К наиболее распространенным моментам возникновения поворотов или изменения их направления во время выполнения рывка следует отнести: отрыв штанги от помоста, начало фазы амортизации, «отбив» штанги бедрами, фиксацию штанги в седе. Во всех этих случаях наблюдаются различия в величинах сил, приложенных к пакетам блинов.

Вращение штанги, особенно в горизонтальной плоскости, осложняет выполнение подъема штанги, поскольку вынуждает спорт-

смена создавать дополнительный компенсирующий момент сил, что может привести к неудачному подъему или получению спортсменом травмы.

Для выявления причин возникновения асимметрии и разработки методики минимизации асимметрии мы планируем продолжить исследования.

Список литературы

1. Асимметрия биомеханической структуры движений тяжелоатлетов / В.Ф. Костюченко, В.С. Степанов, А.А. Алексеев и др. // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2008. – № 2 (36). – С. 59–63.
2. Масуми, Ш. Асимметрия скоростно-силовых возможностей мышц коленных суставов и движений в толчке у тяжелоатлетов высокой квалификации / Ш. Масуми, А.А. Шалманов, Е.А. Лукунина // Теория и практика физ. культуры. – 2015. – № 11. – С. 78.
3. Хасин, Л.А. Расчет горизонтальных сил, прикладываемых спортсменом к штанге, при выполнении рывка с применением скоростной видеосъемки и математического моделирования / Л.А. Хасин, С.Б. Бурьян // Теория и практика физ. культуры. – 2019. – № 6. – С. 29–31.
4. Шалманов, А.А. Методика регистрации поступательного и вращательного движения штанги / А.А. Шалманов, В.Ф. Скотников, А.П. Баюрин // Теория и практика прикладных и экстремальных видов спорта. – 2014. – № 4. – С. 30–34.
5. Bilateral comparison of barbell kinetics and kinematics during a weightlifting competition / S.J. Rossi, T.W. Buford, D.B. Smith, R. Kennel, E.E. Haff, G.G. Haff // International Journal of Sports Physiology and Performance. 2007. – Vol. 2. – P. 150–158.
6. Biomechanical analysis of snatch technique in conjunction to kinematic motion of olympic weightlifters / Kusuma Nanang Himawan Moh., D. Rilastia, M. Syafei et al. // The 4th International Seminar on Public Health Education (ISPHE 2018). Advances in Health Science Research. – Semarang, Indonesia. – 8–9 May. – 2018. – Vol. 12. – P. 132–137. – <https://www.atlantispress.com/proceedings/isphe-18/25899762>
7. Khasin, L.A. Biomechanical analysis of technique of highly skilled weightlifters with the application of mathematical modeling and high-speed video recording / L.A. Khasin // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – T. 1028 AISC. – P. 96–105.
8. Kinematic analysis of the snatch technique in high performance weightlifters / N. Olaya-Mira, I.C. Soto-Cardona, R.T. Palacio-Peña, N.J. Acevedo-Tangarife // Apunts. Educación Física y Deportes. – 2020. – 140. – P. 70–76 – URL: [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2020/2\).140.10](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2020/2).140.10)
9. Muaidi, Q.I. Biomechanical assessments of the snatch lift: A case study / Q.I. Muaidi, S.S. Alo-taibi // Majmaah Journal of Health Sciences. – 2016. – May. – P. 48–60.
10. Sandau, I. Concurrent validity of barbell force measured from video-based barbell kinematics during the snatch in male elite weightlifters / I. Sandau, H. Chaabene, U. Granacher // Ploze One. – 2021. – July 19. DOI: 10.1371/journal.pone.0254705
11. Sandau, I. Realanalyzer HD-Areal-time barbell tracking software for weightlifting / I. Sandau, H. Jentsch, M. Bunk // EWFSMag. – 2019. – Vol. 5 (3). – P. 14–23.
12. Sato, K. Validation of an accelerometer for measuring sport performance / K. Sato, S.L. Smith, W.A. Sands // J Strength Cond Res. – 2009. – Vol. 23 (1). – P. 341–347.
13. Savitsky, A. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures / A. Savitsky, M.J. Golay // Analytical Chemistry. – 1964. – Vol. 36 – No. 8. – P. 1627–1639.

References

1. Kostyuchenko V.F., Stepanov V.S., Alekseev A.A. et al. [Asymmetry of the Biomechanical Structure of Weightlifters' Movements]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University], 2008, no. 2 (36), pp. 59–63. (in Russ.)
2. Masumi Sh., Shalmanov A.A., Lukunina E.A. [Asymmetry of the Speed-Strength Capabilities in knee Muscles and Movements in Clean and Jerk in Highly Qualified Weightlifters]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2015, no. 11, p. 78. (in Russ.)
3. Khasin L.A., Bur'yan S.B. [Video Captures and Mathematical Modeling to Rate Horizontal Forces in Snatch Sequence]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2019, no. 6, pp. 29–31. (in Russ.)

4. Shalmanov A.A., Skotnikov V.F., Bayurin A.P. [Method of Registration of Progressive and Rotational Movement of the Bar]. *Teoriya i praktika prikladnykh i ekstremal'nykh vidov sporta* [Extreme Human Activity], 2014, no. 4, pp. 30–34. (in Russ.)
5. Rossi S.J., Buford T.W., Smith D.B. et al. Bilateral Comparison of Barbell Kinetics and Kinematics During a Weightlifting Competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2007, vol. 2, pp. 150–158. DOI: 10.1123/ijsp.2.2.150
6. Kusuma Nanang Himawan Moh., Rilastia D., Syafei M. et al. Biomechanical Analysis of Snatch Technique in Conjunction to Kinematic Motion of Olympic Weightlifters. *The 4th International Seminar on Public Health Education. Advances in Health Science Research*, 2018, vol. 12, pp. 132–137. DOI: 10.12816/0031192
7. Khasin L.A. Biomechanical Analysis of Technique of Highly Skilled Weightlifters with the Application of Mathematical Modeling and High-Speed Video Recording. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020, vol. 1028, pp. 96–105. DOI: 10.1007/978-3-030-35048-2_12
8. Olaya-Mira N., Soto-Cardona I.C., Palacio-Peña R.T., Acevedo-Tangarife N.J. Kinematic Analysis of the Snatch Technique in High Performance Weightlifters. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 2020, no. 140, pp. 70–76. DOI: 10.5672/apunts.2014-0983.es.(2020/2).140.10
9. Muaidi Q.I., Alotaibi S.S. Biomechanical Assessments of the Snatch Lift: A Case Study. *Majmaah Journal of Health Sciences*, 2016, pp. 48–60.
10. Sandau I., Chaabene H., Granacher U. Concurrent Validity of Barbell Force Measured from Video-Based Barbell Kinematics During the Snatch in Male Elite Weightlifters. *Ploze One*, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0254705
11. Sandau I., Jentsch H., Bunk M. Realanalyzer HD-Areal-time Barbell Tracking Software for Weightlifting. *EWFSMag*, 2019, vol. 5 (3), pp. 14–23.
12. Sato K., Smith S.L., Sands W.A. Validation of an Accelerometer for Measuring Sport Performance. *Journal Strength Cond Research*, 2009, vol. 23 (1), pp. 341–347. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181876a01
13. Savitsky A., Golay M.J. Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures. *Analytical Chemistry*, 1964, vol. 36, no. 8, pp. 1627–1639. DOI: 10.1021/ac60214a047

Информация об авторах

Хасин Леонид Александрович, кандидат педагогических наук, директор Научно-исследовательского института информационных технологий, Московская государственная академия физической культуры, Московская область, Люберцкий район, рабочий поселок Малаховка, Россия

Дроздов Андрей Леонидович, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института информационных технологий, Московская государственная академия физической культуры, Московская область, Люберцкий район, рабочий поселок Малаховка, Россия.

Information about the authors

Leonid A. Khasin, Candidate of Pedagogical Sciences, Director of the Research Institute of Information Technologies, Moscow State Academy of Physical Education, Moscow Region, Lyubertsy District, Malakhovka Work Settlement, Russia

Andrey L. Drozdov, Senior Researcher, Research Institute of Information Technologies, Moscow State Academy of Physical Education, Moscow Region, Lyubertsy District, Malakhovka Work Settlement, Russia.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 25.05.2023

The article was submitted 25.05.2023