

## МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТРЕНИРОВОЧНЫХ И СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫХ УПРАЖНЕНИЙ ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ

Ф.А. Мавлиев<sup>1</sup>, А.И. Пьянзин<sup>2</sup>, М.М. Альбшлави<sup>1</sup>, Н.Х. Кудяшев<sup>3</sup>, Ф.Р. Зотова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, г. Казань, Россия,

<sup>2</sup>Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия,

<sup>3</sup>Набережночелнинский институт, филиал Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Набережные Челны, Россия

**Цель.** Выявить особенности проявления кинематики движений в тренировочных и соревновательных упражнениях тяжелоатлетов. **Материал и методы.** Были обследованы спортсмены-тяжелоатлеты (девушки) в возрасте от 17 до 20 лет, имеющие спортивный разряд от 1-го взрослого до мастера спорта РФ. Метрологической оценке было подвергнуто в общей сложности 11 тренировочных упражнений, отнесенных к группе толчковых; проведено 374 измерения. Общепринятыми методами антропометрии были измерены высота акромиальной точки, длина ног, бедра и голени, длина рук, плеч и предплечий. Для проведения измерений кинематики использовалось мобильное приложение Physics Toolbox Acceleometer, установленное на смартфон. **Результаты.** Наибольшее количество положительных корреляций времени разгона штанги было связано с высотой акромиальной точки, той высотой, на которую атлету необходимо поднять снаряд и, соответственно, выполнить больший или меньший объем работы. Установлено, что атлеты, имеющие более высокий уровень спортивного мастерства, демонстрировали лучшие показатели времени выполнения упражнения, что, по нашему мнению, является следствием ростовых параметров, так как корреляция высоты акромиальной точки с мастерством имела высокие значения ( $r = 0,8$ ,  $p < 0,001$ ). Меньшее количество корреляций наблюдается между уровнем квалификации спортсмена и высотой акромиальной точки со временем разгона снаряда в различных вариантах толчка от груди, что, по всей видимости, связано как с относительно меньшей длиной пути таза при разгоне штанги, так и с большим участием работы рук. **Заключение.** Имеется ряд ограничений, связанных с тем, что было использовано лишь одно измерительное устройство, что, с одной стороны, упрощает процедуру записи, а с другой – не позволяет увидеть особенности кинематики в суставах и звеньях или же в движении штанги. Однако даже при использовании представленного подхода можно дифференцировать исследуемые параметры и определить те, которые могут быть связаны со спортивным мастерством или же с морфологическим профилем атлета.

**Ключевые слова:** тяжелая атлетика, акселерометрия, антропометрия, кинематика движений, средства тренировки, упражнения.

**Введение.** Тяжелая атлетика в отличие от многих видов спорта требует от атлета максимальных проявлений силы (взрывная сила) при согласованности работы всех мышц, участвующих в движении. Кроме динамических характеристик движения и взрывной мышечной силы важными являются и кинематические – отражающие оптимальный суммарный вектор тяги работающих мышц, что является прямым показателем технического мастерства атлета. В то же время при выполнении любого упражнения с использованием различных снарядов (отягощений) стремятся исследовать всю систему «спортсмен – снаряд» (напр., «штангист – штанга»), но нередко рассматри-

вают вопросы кинематики снаряда или, напротив, избранных рабочих звеньев тела атлета.

Оценка кинематических характеристик, осуществляемая тренером (субъективная оценка), будет более полной, если в процессе тренировок они будут дополнены средствами доступной объективизации, которые могут дать довольно ценную информацию. Техническая часть фиксации кинематики сводится к использованию различных систем захвата движения [3–5, 7, 13, 15]. Некоторые из них благодаря реализации принципа обратной связи могут способствовать улучшению технических аспектов движения [11]. Также представляется возможной оценка потенциальных

## Спортивная тренировка

рисков травм [6]. Иногда используют нейронные сети для обработки первичных данных кинематики, что при ограниченном количестве используемых маркеров, например, лишь на снаряде, позволяет получить дополнительные спрогнозированные представления о суставных углах [2, 10]. Например, в 2011 г. итальянской компанией Sensorize было изготовлено устройство FreeSense (рис. 1, слева) для регистрации отдельных параметров техники спортивных упражнений, которое позволяет измерять ускорения и угловые скорости по 3 осям координат, а также GPS-координаты [1]. Параллельно с развитием специальных измерительных технологий сегодня появляются и общедоступные системы, использующие «попутное» оборудование, к примеру, приложения, анализирующие кинематические (а косвенно и динамические) параметры на основе акселерометрических датчиков современных смартфонов, что в определенных условиях позволяет получить довольно точную информацию, сопоставимую с системами видеозахвата [16]. Все это за счет общедоступности может стать инструментом, часто используемым в тренерской практике.

Потенциал современных систем позволяет получить представление о стабильности техники выполнения упражнения, например, при рассмотрении кинематики отдельных звеньев тела тяжелоатлета в процессе выполнения рывка или толчка. При этом стабильность может быть обозначена как наименьшая вариативность от повтора к повтору при условии их достаточного количества с полным

восстановлением между ними, в противном же случае повышается вероятность травм и нарушается техника выполнения движения [9]. Становится возможной оценка индивидуальных аспектов технического мастерства атлета на различных этапах подготовки и, что более важно, при использовании различных рабочих весов. Можно также рассматривать вопрос групповой (типологической) вариативности техники, обусловленной как особенностями линейных параметров тела в целом, так и отдельно конечностей и/или их соотношений, а также степенью развития рабочих мышц (топографией силы).

С учетом того, что при выполнении тяжелоатлетических упражнений качество (техника выполнения) сильно зависит от степени развития мышц или топографии силы, с одной стороны, а также от степени освоенности движений – с другой, становится актуальным вычленение чисто технических аспектов освоения движений от тех компонентов, которые связаны с силой мышц. Несмотря на очевидность подобного утверждения, практически все работы (исследования), сделанные на тяжелоатлетах, выполнены с использованием рабочих весов, представляющих собой, как правило, 60 и более процентов от максимальных. На наш взгляд, сведения о степени освоенности движения будут тем точнее, чем детальнее будут рассмотрены элементы тяжелоатлетического рывка или толчка без использования больших весов, а степень развития мышц будет напрямую влиять на степень изменения ряда кинематических характеристик по мере увеличения рабочего веса или утомления.

Противоречие заключается в необходимости более глубокого понимания тренером направленности воздействия применяемых в тренировке упражнений, с одной стороны, и разрозненности информации об этом в научно-методической литературе – с другой.

**Цель исследования** – провести метрологическую оценку тренировочных и соревновательных упражнений квалифицированных тяжелоатлетов.

**Материал и методы исследования:** анализ научно-методической литературы по теме исследования, антропометрия, акселерометрия, методы математической статистики.

Общепринятыми методами антропометрии были измерены такие показатели, как высота акромиальной точки (см), длина ног



Рис. 1. Измерительный прибор FreeSense (слева) и приложение Physics Toolbox Accelerometer (справа)  
Fig. 1. The FreeSense measuring device (left) and Physics Toolbox Accelerometer app (right)

(а также бедра и голени, см), рук (а также плеч и предплечий, см).

Акселерометрия проводилась для измерения ускорений общего центра массы тела при выполнении тестовых упражнений. Для проведения измерений использовалось мобильное приложение Physics Toolbox Accelerometer (рис. 1, справа), установленное на смартфон [12]. Оно позволяет регистрировать количественные значения ускорений в трех проекциях с интервалами до миллисекунд и экспортировать данные в формате электронной таблицы. Такие измерения позволяют обеспечить повседневную доступность, а использование малых отягощений при подъеме штанги делает возможной оценку степени освоенности движения на различных этапах спортивной подготовки.

Измерение кинематических характеристик осуществлялось посредством применения смартфона, который крепился с помощью эластичного бинта сзади в области поясницы, на уровне 3-4-го поясничных позвонков (рис. 2), как было рекомендовано для закрепления аналогичного устройства FreeSense [1].

Были обследованы спортсмены-тяжелотлеты (девушки) в возрасте от 17 до 20 лет, имеющие спортивный разряд от 1-го взрослого до мастера спорта РФ (1-й разряд – 4 человека, КМС – 7, МС РФ – 6 атлетов). Метрологической оценке было подвергнуто 11 тренировочных упражнений, отнесенных к группе толковых (рис. 3); в общей сложности было проведено 374 измерения.

Благодаря небольшим весам, используемым в этих упражнениях, составляющим 15–20 % от персональных личных достижений в упражнениях, атлет мог выполнить весь

комплекс, не нуждаясь в длительном отдыхе, за 6–7 мин.

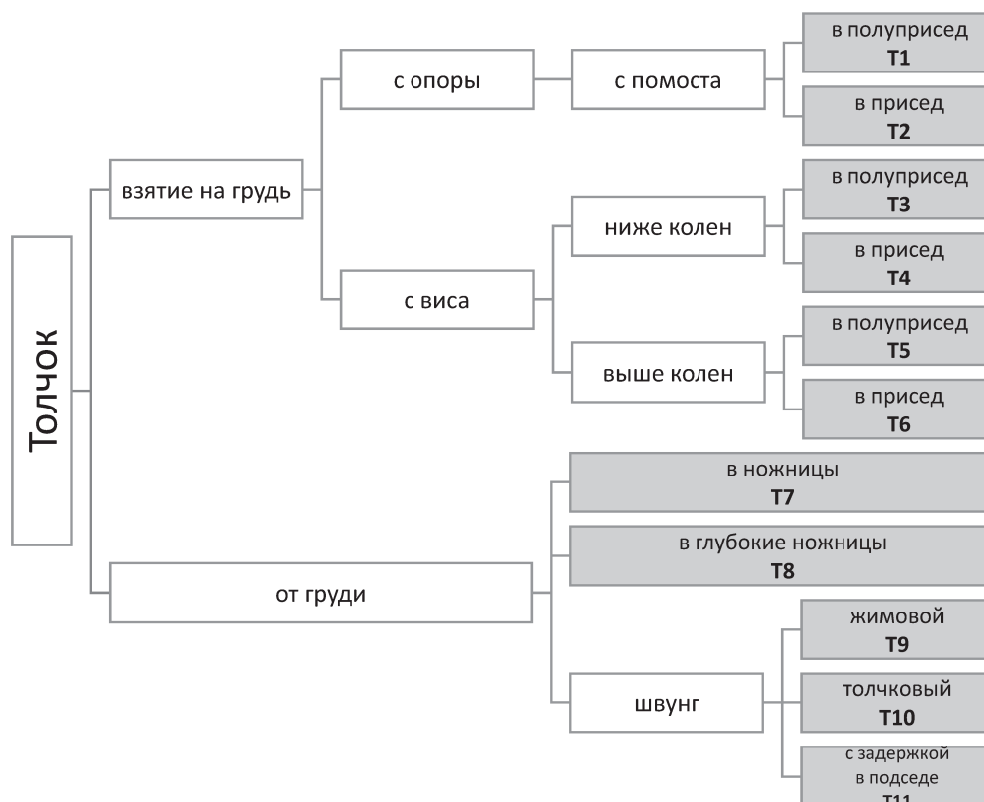
Поскольку абсолютные значения параметров у разных испытуемых в упражнениях были разные, для последующего сравнительного анализа мы определяли отношение абсолютных значений в том или ином тренировочном упражнении к абсолютным значениям в базовом упражнении у каждого испытуемого. В качестве базового упражнения, своеобразной точки отсчета для других упражнений, был выбран соревновательный рывок штанги. В этом случае количественные параметры движений в базовом упражнении были приравнены к единице. Полученные таким образом индивидуальные коэффициенты позволили вывести их среднegrupповые значения.

Данные были обработаны с помощью программы SPSS Statistics, версия 20.

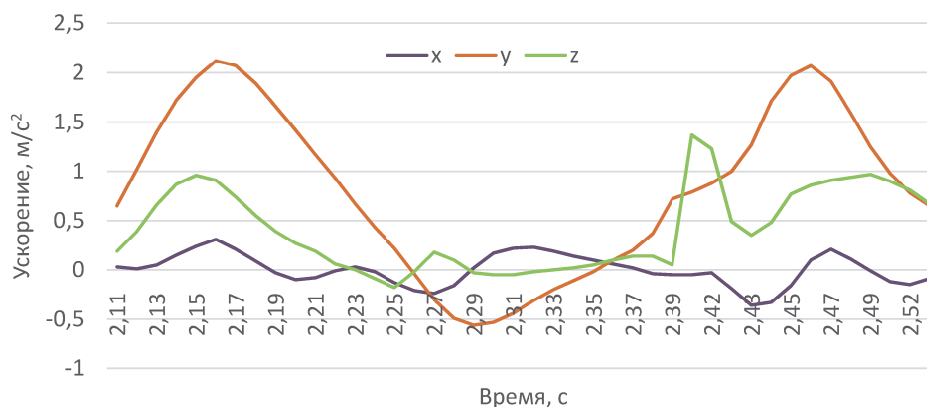
**Результаты исследования и их обсуждение.** График на рис. 4, полученный при помощи приложения для смартфона, показывает динамику ускорений по трем составляющим при взятии штанги на грудь с помоста в приседе. На рис. 4 можно выделить отдельные фазы движения: разгон штанги (восходящая динамика графика вертикального ускорения ( $y$ ) в начале упражнения), торможение штанги (нисходящая динамика графика), подседание с фиксацией штанги на груди (отрицательные значения графика до второго пика вертикального ускорения). Общий рисунок графиков толковых упражнений в целом схож, однако имеет некоторые особенности в проявлении количественных значений кинематических характеристик, что и отличает упражнения друг от друга.



Рис. 2. Крепление измерительного устройства FreeSense (слева)  
и смартфона с приложением Physics Toolbox Accelerometer (справа)  
Fig. 2. Fixation of the FreeSense measuring device (left)  
and a smartphone with the Physics Toolbox Accelerometer app (right)



**Рис. 3. Тестовые упражнения, использованные для регистрации кинематических характеристик**  
**Fig. 3. Test routines used for the registration of kinematic characteristics**

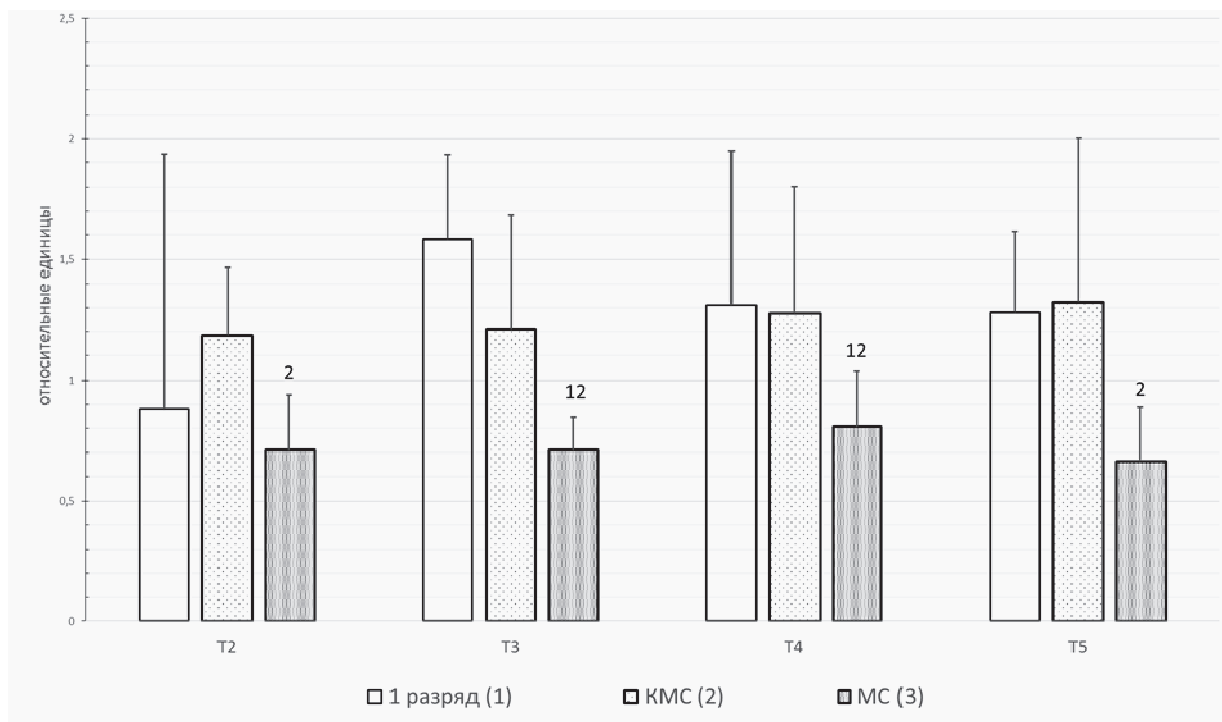


**Рис. 4. Графики ускорений при взятии штанги на грудь с помоста в присед (пример)**  
**Fig. 4. Acceleration graphs during front squat (example)**

Время разгона штанги при взятии на грудь как с опоры, так и с вися было статистически значимо связано с длиной тела атлетов. Это показывает выгоду меньших значений длины тела и конечностей тяжелоатлетов, обеспечивая биомеханические преимущества при подъеме штанги за счет уменьшения необходимого крутящего момента и вертикального расстояния, на которое должна быть смещена штанга.

Наибольшее количество положительных

корреляций времени разгона штанги было связано с высотой акромиальной точки, той высотой, на которую атлету необходимо поднять снаряд (т. е. на грудь в присед для дальнейшего подъема из приседа и толчка от груди) и, соответственно, выполнить больший или меньший объем работы. В связи с этим необходимо отметить, что время разгона штанги, по сути, без учета антропометрических параметров не может быть стандартизировано для оценки эффективности движения.



**Рис. 5. Зависимость времени (отн. ед.) разгона штанги от уровня спортивного мастерства (средние значения и стандартные отклонения): статистически значимые отличия результатов MC от остальных разрядов при  $p < 0,05$ , 1 – от 1-го разряда; 2 – от KMC**

**Fig. 5. Dependence of barbell acceleration time from the sport excellence level (average meanings and standard deviations): statistical significance of the results of Masters of Sport compared to athletes with other titles at  $p < 0.05$ ,**

**1 – compared to First Adult Category Athletes, 2 – compared to Candidate Masters of Sport**

Наряду с этим атлеты, имеющие более высокий уровень спортивного мастерства (рис. 5), демонстрировали лучшие показатели времени выполнения упражнения, что, по нашему мнению, является следствием ростовых параметров, так как корреляция высоты акромиальной точки с мастерством имела высокие значения ( $r = -0,8$ ,  $p < 0,001$ ), что отмечается и другими авторами [8, 14], указывающими на наличие взаимосвязей между результатами и соотношением поперечных размеров тела к длине. Данный факт позволяет демонстрировать лучшие силовые (динамические) показатели, а в нашем случае – кинематические.

Так, наибольшие значения коэффициента корреляции ( $r = 0.81$ ,  $p < 0.001$ ) проявляются между высотой акромиальной точки и временем взятия штанги на грудь в присед из положения выше колен (Т6). Взаимосвязь носила больше полиномиальный характер, чем линейный (рис. 6), что, возможно, определяется некоторыми оптимальными параметрами, в диапазоне которых наблюдаются минимальные корреляции, а за рамками – резкое снижение времени разгона из-за повышения длин рычагов и, соответственно, увеличения

времени, требующегося на разгон. Меньшие значения коэффициентов корреляции наблюдаются при выполнении остальных упражнений: Т2 –  $r = 0,71$ ,  $p = 0,007$ ; Т3 –  $r = 0,65$ ,  $p < 0,017$ ,  $r = 0,81$ ,  $p < 0,001$ ; Т4 –  $r = 0,64$ ,  $p < 0,019$ ; Т5 –  $r = 0,76$ ,  $p < 0,004$ ; Т7 –  $r = 0,75$ ,  $p < 0,003$ ; Т8 –  $r = 0,73$ ,  $p < 0,005$ . В то же время корреляций с длиной отдельных частей тела было мало, кроме статистически значимой взаимосвязи между длиной туловища и временем разгона штанги с вися ниже колен (Т3) –  $r = 0,73$ ,  $p < 0,005$ , что связано с длиной образуемого рычага в этом моменте.

Меньшее количество корреляций наблюдается между уровнем квалификации спортсмена и высотой акромиальной точки со временем разгона снаряда в упражнениях Т7–Т11 (варианты толчка от груди), что, по всей видимости, связано как с относительно меньшей длиной пути таза при разгоне штанги, так и с большим участием работы рук, которая нами не измерялась. В связи с этим необходимо использование как минимум еще одного датчика на грифе штанги, что позволит больше детализировать движения системы «спортсмен – снаряд».



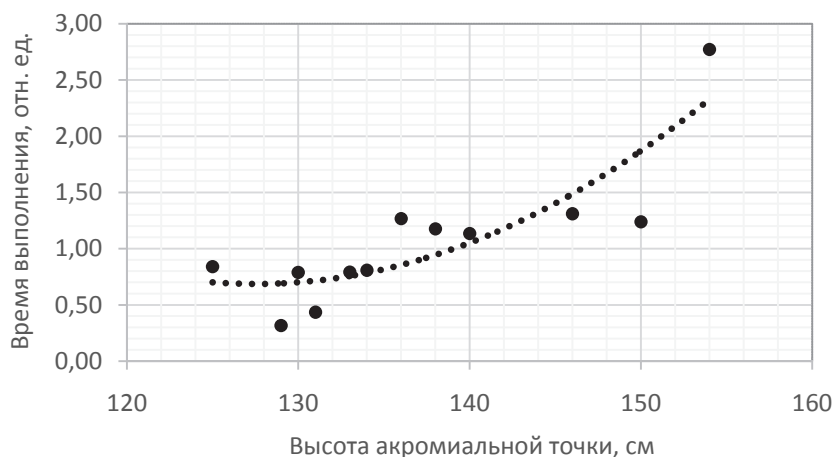


Рис. 6. Зависимость времени разгона штанги от высоты акромиальной точки при взятии штанги на грудь в присед

Fig. 6. Dependence of barbell acceleration time from the acromial height during front squat

**Заключение.** Необходимо отметить, что имеется ряд ограничений, связанных с тем, что было использовано лишь одно измерительное устройство, что, с одной стороны, упрощает процедуру записи, а с другой – не позволяет увидеть особенности кинематики в суставах и звеньях или же в движении штанги. Однако даже при использовании представленного подхода можно дифференцировать исследуемые параметры и определить те, которые могут быть связаны со спортивным мастерством или же с морфологическим профилем атлета.

### Литература

1. Драйвер, С. Оценка параметров горизонтальных прыжков в полевых условиях / С. Драйвер // *Легкоатлетический вестник ИААФ*. – 2011. – Т. 26. – № 3–4. – С. 175–177.

2. Использование комплексной диагностики для оценки тренированности тяжелоатлетов / А.Н. Корженевский, В.А. Клендар, Г.В. Кургузов, Л.В. Тарасова // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2020. – Т. 19, № S2. – С. 45–50.

3. Корягина, Ю.В. Биомеханический и электромиографический анализ работы опорно-двигательного аппарата спортсменов при выполнении тяжелоатлетических упражнений / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин, Г.Н. Тер-Акопов // *Наука и спорт: современные тенденции*. – 2020 – Т. 8, № 2. – С. 58–66.

4. Шалманов, А.А. Биомеханический контроль технической и скоростно-силовой подготовленности спортсменов в тяжелой атлетике / А.А. Шалманов, В.Ф. Скотников // *Теория и практика физ. культуры*. – 2013. – № 2. – С. 103–106.

5. Dæhlin, T.E. Enhancing digital video analysis of bar kinematics in weightlifting: A case study / T.E. Dæhlin, T. Krosshaug, L.Z.F. Chiu // *The Journal of Strength & Conditioning Research*. – 2017. – Vol. 31. – No. 6. – P. 1592–1600.

6. Design of a Biomechanical Model and a Set of Neural Networks for Monitoring of Weightlifting / F.J.R. Ibarra et al. // *Res. Comput. Sci.* – 2014. – Vol. 80. – P. 31–42.

7. Garhammer J., Newton H. Applied video analysis for coaches: Weightlifting examples / J. Garhammer, H. Newton // *International Journal of Sports Science & Coaching*. – 2013. – Vol. 8. – No. 3. – P. 581–594.

8. Gender-and height-related limits of muscle strength in world weightlifting champions / L.E. Ford et al. // *Journal of Applied Physiology*. – 2000. – Vol. 89. – No. 3. – P. 1061–1064.

9. Hu, B. The influence of lumbar extensor muscle fatigue on lumbar-pelvic coordination during weightlifting / B. Hu, X. Ning // *Ergonomics*. – 2015. – Vol. 58. – No. 8. – P. 1424–1432.

10. Kipp, K. Predicting net joint moments during a weightlifting exercise with a neural network model / K. Kipp, M. Giordanelli, C. Geisser // *Journal of Biomechanics*. – 2018. – Vol. 74. – P. 225–229.

11. Mulqueen, D. Using Video Modeling and Video Feedback to Improve Olympic Weightlifting Technique / D. Mulqueen. – 2014.

12. Physics Toolbox Accelerometer. – <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chrystianvieyra.android.physicstoolboxaccelerometer&hl=ru>

13. Reliability of a Weightlifting Accelerometer during Repeated 1 KG Drop Trials / A.B. Chaves et al. // *International Journal of*

*Exercise Science: Conference Proceedings*. – 2015. – Vol. 9. – No. 3. – P. 21.

14. *The Examination of Relationship between Anthropometric Measurement Values of Lower Extremity and Weightlifting Performance of Olympic Style Weightlifting Athletes* / K. Erdađi et al. // *Türkiye Spor Bilimleri Dergisi*. – Vol. 4. – No. 1. – P. 1–8.

15. *Validity and reliability of a 3-axis acce-*

*lerometer for measuring weightlifting movements* / F.J. Flores et al. // *International Journal of Sports Science & Coaching*. – 2016. – Vol. 11. – No. 6. – P. 872–879.

16. *Validity and reliability of a computer-vision-based smartphone app for measuring barbell trajectory during the snatch* / C. Balsalobre-Fernández, G. Geiser, J. Krzyszkowski, K. Kipp // *J Sports Sci*. – 2020. – Vol. 38, No. 6. – P. 710–716.

**Мавлиев Фанис Азгатович**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник учебно-научного центра технологий подготовки спортивного резерва, Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма. 420010, г. Казань, Деревня Универсиады, 35. E-mail: fanis16rus@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8981-7583.

**Пьянзин Андрей Иванович**, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретических основ физического воспитания, Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева. 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38. E-mail: pianzin@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9606-7714.

**Альбшлави Майсун Мохсень**, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма. 420010, г. Казань, Деревня Универсиады, 35. E-mail: small.anton@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-9334-9057.

**Кудяшев Наиль Хасанович**, кандидат педагогических наук, доцент, Набережночелнинский институт, филиал Казанского (Приволжского) федерального университета. 423812, г. Набережные Челны, проспект Мира, 68/19 (1/18). E-mail: fskomk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6602-9805.

**Зотова Фируза Рахматулловна**, доктор педагогических наук, профессор, Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма. 420010, г. Казань, Деревня Универсиады, 35. E-mail: zfr-nauka@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8711-8807.

*Поступила в редакцию 15 октября 2020 г.*

DOI: 10.14529/hsm200413

## METROLOGICAL ASSESSMENT OF TRAINING AND COMPETITIVE EXERCISES FOR WEIGHTLIFTERS

**F.A. Mavliev**<sup>1</sup>, fanis16rus@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8981-7583,

**A.I. Pianzin**<sup>2</sup>, pianzin@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9606-7714,

**M.M. Albshlawi**<sup>1</sup>, small.anton@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-9334-9057,

**N.Kh. Kudiashev**<sup>3</sup>, fskomk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6602-9805,

**F.R. Zotova**<sup>1</sup>, zfr-nauka@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8711-8807

<sup>1</sup>Volga Region State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russian Federation,

<sup>2</sup>Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, Russian Federation,

<sup>3</sup>Kazan Federal University – Naberezhnye Chelny Institute, Naberezhnye Chelny, Russian Federation

**Aim.** The paper aims to reveal features of movement kinematics in training and competitive exercises for weightlifters. **Material and methods.** The research involved female weightlifters aged 17–20 years (First Adult Category Athletes and Masters of Sport of the Russian Federation). Metrological assessment was applied to 11 push training routines. In total, 374 measurements were performed. Anthropometric methods were used to measure acromial height, leg length, hip length, tibia length, arm length, shoulder length, and forearm length. The Physics

Toolbox Accelerometer sensor app was used to carry out kinematic measurements. **Results.** The majority of positive correlations of barbell acceleration time was connected with the acromial height, being the height an athlete should reach with his barbell, which can be associated with greater or lesser effort. It was established that athletes with higher skills demonstrated better exercise duration. This may be an effect of height parameters as a result of a high correlation between acromial height and sports excellence ( $r = 0.8$ ,  $p < 0.001$ ). A lower number of correlations was found between the skills level and acromial height with barbell acceleration time in various bench press routines. Obviously, it is related to a relatively shorter pelvic tilt during barbell acceleration and a more intense arm functioning. **Conclusion.** There is a number of limitations associated with the use of only one measuring device. On the one hand, it simplifies the registration procedure, and on the other hand, it is an obstacle to the study of joint kinematics or barbell trajectory. Nevertheless, the proposed approach enables differentiation of the studied parameters and identification of the parameters connected with sports excellence or with the morphological profile of an athlete.

**Keywords:** *weightlifting, accelerometry, anthropometry, movement kinematics, training means, exercises.*

### References

1. Drayver S. [Assessment of the Parameters of Horizontal Jumps in the Field]. *Legkoatleticheskiy vestnik IAAF* [IAAF Athletics Bulletin], 2011, vol. 26, no. 3–4, pp. 175–177. (in Russ.)
2. Korzhenevskiy A.N., Klendar V.A., Kurguzov G.V., Tarasova L.V. Using Complex Diagnostics to Assess the Fitness of Weightlifters. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 19, no. S2, pp. 45–50. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm19s206
3. Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Ter-Akopov G.N. [Biomechanical and Electromyographic Analysis of the Work of the Musculoskeletal System of Athletes While Performing Weightlifting Exercises]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sport. Modern Trends], 2020, vol. 8, no. 2, pp. 58–66. (in Russ.) DOI: 10.36028/2308-8826-2020-8-2-58-66
4. Shalmanov A.A., Skotnikov V.F. [Biomechanical Control of Technical and Speed-Power Readiness of Athletes in Weightlifting]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2013, no. 2, pp. 103–106. (in Russ.)
5. Dæhlin T.E., Krosshaug T., Chiu L.Z.F. Enhancing Digital Video Analysis of Bar Kinematics in Weightlifting: A Case Study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2017, vol. 31, no. 6, pp. 1592–1600. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001618
6. Ibarra F.J.R. et al. Design of a Biomechanical Model and a Set of Neural Networks for Monitoring of Weightlifting. *Res. Comput. Sci.*, 2014, vol. 80, pp. 31–42. (in Russ.) DOI: 10.13053/rcs-80-1-3
7. Garhammer J., Newton H. Applied Video Analysis for Coaches: Weightlifting Examples. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 2013, vol. 8, no. 3, pp. 581–594. DOI: 10.1260/1747-9541.8.3.581
8. Ford L.E. et al. Gender-and Height-Related Limits of Muscle Strength in World Weightlifting Champions. *Journal of Applied Physiology*, 2000, vol. 89, no. 3, pp. 1061–1064. DOI: 10.1152/jappl.2000.89.3.1061
9. Hu B., Ning X. The Influence of Lumbar Extensor Muscle Fatigue on Lumbar-Pelvic Coordination during Weightlifting. *Ergonomics*, 2015, vol. 58, no. 8, pp. 1424–1432. DOI: 10.1080/00140139.2015.1005173
10. Kipp K., Giordanelli M., Geiser C. Predicting net Joint Moments during a Weightlifting Exercise with a Neural Network Model. *Journal of Biomechanics*, 2018, vol. 74, pp. 225–229. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2018.04.021
11. Mulqueen D. *Using Video Modeling and Video Feedback to Improve Olympic Weightlifting Technique*, 2014.
12. Physics Toolbox Accelerometer. Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chrystianvieyra.android.physicstoolboxaccelerometer&hl=ru>
13. Chaves A.B. et al. Reliability of a Weightlifting Accelerometer During Repeated 1 KG Drop Trials. *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*, 2015, vol. 9, no. 3, p. 21.



14. Erdađı K. et al. The Examination of Relationship Between Anthropometric Measurement Values of Lower Extremity and Weightlifting Performance of Olympic Style Weightlifting Athletes. *Türkiye Spor Bilimleri Dergisi*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8.

15. Flores F.J. et al. Validity and Reliability of a 3-Axis Accelerometer for Measuring Weightlifting Movements. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 2016, vol. 11, no. 6, pp. 872–879. DOI: 10.1177/1747954116676114

16. Balsalobre-Fernández C., Geiser G., Krzyszkowski J., Kipp K. Validity and Reliability of a Computer-Vision-Based Smartphone App for Measuring Barbell Trajectory During the Snatch. *J Sports Sci.*, 2020, vol. 38, no. 6, pp. 710–716. DOI: 10.1080/02640414.2020.1729453

*Received 15 October 2020*

---

**ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ**

Метрологическая оценка тренировочных и соревновательных упражнений тяжелоатлетов / Ф.А. Мавлиев, А.И. Пьянзин, М.М. Альбшлави и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № 4. – С. 111–119. DOI: 10.14529/hsm200413

**FOR CITATION**

Mavliev F.A., Pianzin A.I., Albshlawi M.M., Kudiashev N.Kh., Zotova F.R. Metrological Assessment of Training and Competitive Exercises for Weightlifters. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 4, pp. 111–119. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200413

---