

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЗНАЧИМЫЕ ВРЕМЕННЫЕ ИНТЕРВАЛЫ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОГО УПРАЖНЕНИЯ ЖИМ ЛЕЖА У ЛИЦ С ПОРАЖЕНИЕМ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

*А.Б. Трембач, И.Н. Федорова, Т.В. Пономарева, Е.Р. Миниханова, О.С. Попова*  
Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма,  
г. Краснодар, Россия

**Цель.** Анализ кинематических, динамических и электромиографических показателей в выделенные периоды и фазы у спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 24 высококвалифицированных и низкоквалифицированных спортсмена. Жим штанги осуществлялся с весом в 40, 80 и 90 % от максимального. Анализ динамических показателей проводился на аппаратно-программном комплексе в области верхнего плечевого пояса и таза. Посредством видеоанализа рассчитывались передвижение штанги в пространстве, ее скорость и ускорение. Синхронно регистрировались огибающие электромиограммы симметричных мышц: *M. pectoralis major, dexter et sinister*; *M. triceps brachii, dexter et sinister*. **Результаты.** У высококвалифицированных спортсменов в период разгона штанги от момента нахождения ее на груди сила, ускорение и скорость увеличивались, а в период торможения становились отрицательными и возвращались к исходному уровню. У низкоквалифицированных спортсменов аналогичные показатели существенно снижались. Период разгона штанги совпадал с максимальной электрической активностью *M. pectoralis major, dexter et sinister*, а в период торможения – с *M. triceps brachii, dexter et sinister*. **Заключение.** Комплексный анализ динамики исследуемых показателей соревновательного упражнения жим лежа позволяет контролировать и корректировать спортивную технику.

**Ключевые слова:** пауэрлифтинг, спортсмены с поражением опорно-двигательного аппарата, периоды разгона и торможения штанги, кинематические, динамические и электромиографические показатели.

**Введение.** Пауэрлифтинг является одним из видов спорта, который входит в Паралимпийские игры для спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата (ОДА) [12, 19]. Тренировочный процесс базируется на анализе спортивных результатов в его различные периоды [1, 11]. В скоростно-силовых видах спорта в настоящее время происходит все большее распространение комплексных методов, определяющих биомеханические и электромиографические показатели, что позволяет выявить механизмы совершенствования спортивного результата [13]. В пауэрлифтинге в большинстве исследований анализируются кинематические или электромиографические показатели [2, 4, 5, 8, 18]. По этим раздельным биологическим маркерам выде-

ляют временные интервалы соревновательного упражнения и обосновывают оптимальный уровень спортивной техники [15, 16]. Однако комплексный анализ динамических, биомеханических и электромиографических показателей, регистрируемых синхронно, в литературе практически отсутствует [3, 9, 21]. Это положение затрудняет выявление функционально-значимых временных интервалов собственно жима штанги. В предыдущих наших исследованиях выделены основные периоды и фазы от начала жима штанги до ее удерживания на вытянутых руках [9], что позволяет количественно рассчитать биомеханические и электромиографические показатели.

**Целью** настоящего исследования явился анализ кинематических, динамических и

электромиографических показателей в выделенные периоды и фазы у спортсменов с поражением ОДА.

**Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 24 высококвалифицированных и низкоквалифицированных спортсмена в возрасте 18–25 лет. Согласно Хельсинской декларации они были информированы о целях и задачах исследования и дали письменное согласие на участие. Анализ спортивной техники соревновательного упражнения осуществлялся на аппаратно-программном комплексе оцувствления скамьи для жима лежа в пауэрлифтинге, совместно разработанном с ЗАО «ОКБ Ритм» г. Таганрог (патенты № 2618104 и № 116058) [6, 10]. Упражнение выполнялось лежа на скамье с тензометрическими датчиками. Жим штанги осуществлялся с весом в 40, 80 и 90 % от максимального. Аппаратно-программный комплекс включал две тензометрические платформы, регистрирующие развиваемую спортсменом силу в области верхнего плечевого пояса и таза. Видеокамера с частотой 60 кадров в секунду регистрировала передвижение штанги в пространстве по вертикальной составляющей, ее скорость и ускорение. Анализ кинематических и динамических показателей проводился по ранее выделенным периодам и фазам разгона штанги и ее торможения до удержания на вытянутых руках. Анализ литературы по электромиографии в пауэрлифтинге [7, 8, 14, 17, 20] и предварительные собственные исследования позволили выбрать для регистрации *M. pectoralis major, dexter et sinister* и *M. triceps brachii, dexter et sinister*. Статистический анализ достоверных различий осуществлялся посредством непараметрических методов (Statistica 6.0). В статье представлены достоверные изменения исследуемых показателей.

**Результаты.** У высококвалифицированных спортсменов период разгона штанги с весом 40 % от максимального составлял  $0,21 \pm 0,01$  с, а период торможения был существенно больше ( $0,42 \pm 0,03$  с). Увеличение веса штанги до 80 и 90 % от максимального приводило к повышению их продолжительности до  $0,36 \pm 0,02$  с и  $0,54 \pm 0,04$  с,  $0,41 \pm 0,03$  с и  $0,59 \pm 0,05$  с соответственно.

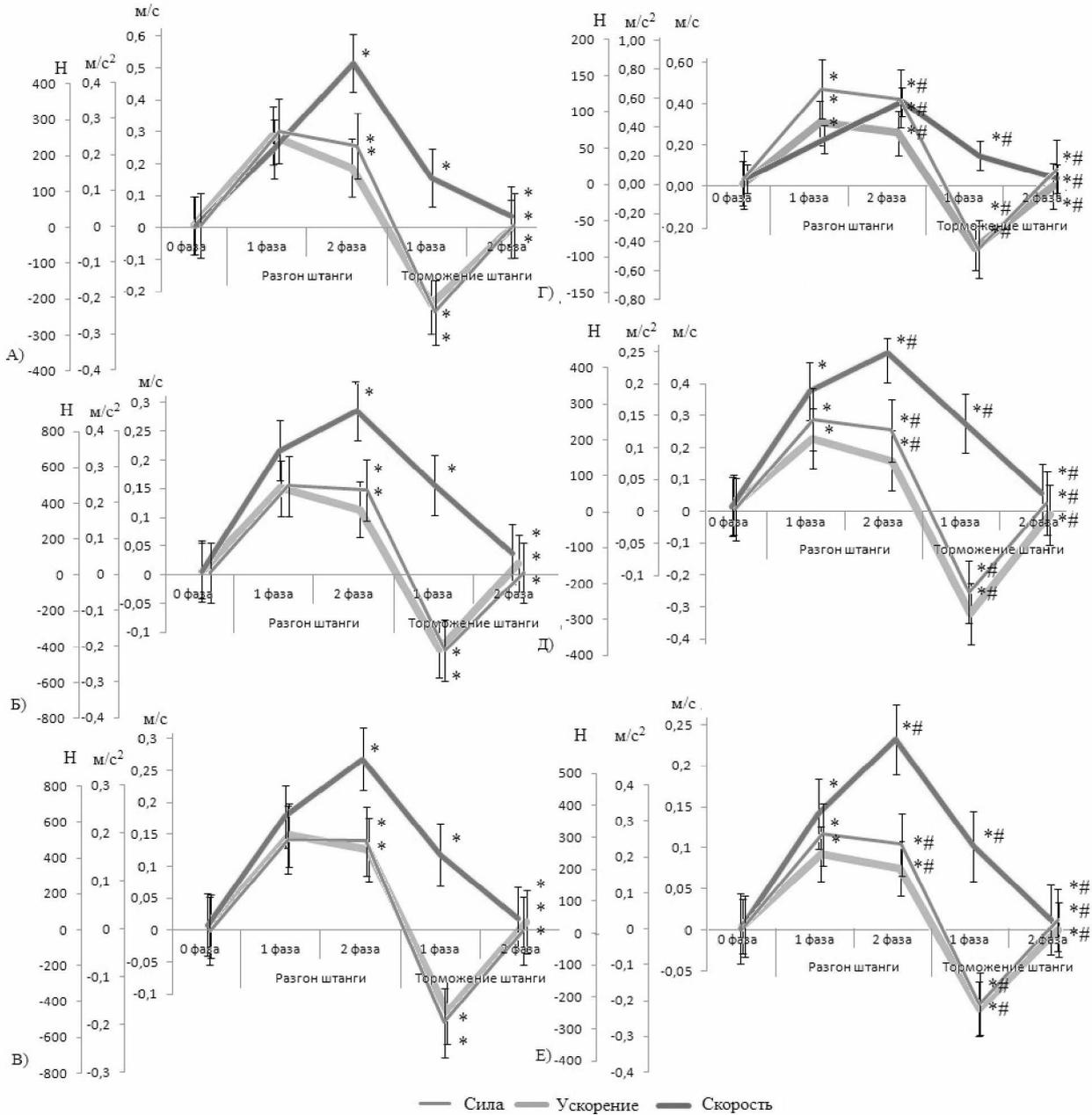
Динамика кинематических и динамических показателей также изменялась в зависимости от веса штанги. Полученные результаты в различные фазы разгона и торможения

штанги у высококвалифицированных спортсменов при выполнении соревновательного упражнения 40 % от максимального веса представлены на рис. 1А. Исследуемые показатели сравнивались с их нулевыми значениями без учета силы земного притяжения в исходном состоянии (штанга на груди) с последующими периодами. Период разгона штанги характеризовался быстрым увеличением преодолевающей силы земного притяжения, что обуславливало перемещение штанги с высоким ускорением и скоростью. В первую фазу периода разгона штанги определялись максимальные значения силы и ускорения, во второй фазе они несколько снижались, а скорость повышалась. В 1-ю фазу периода торможения штанги сила и ускорение приобретали отрицательные значения, скорость снижалась. Во 2-ю фазу при поднятии штанги на вытянутых руках сила, ускорение и скорость возвращались к исходному уровню.

При жиме штанги 80 % от максимального веса в 1-ю и 2-ю фазу периода разгона штанги сила возрастала, а ускорение и скорость снижались по сравнению с предыдущими экспериментальными условиями (рис. 1Б). В 1-ю фазу периода торможения штанги отрицательная динамика силы и ускорения сохранялась, но в меньшей степени, скорость снижалась. Во 2-ю фазу они также возвращались к исходному уровню.

При жиме штанги 90 % от максимального динамика исследуемых параметров качественно не отличалась в период разгона и торможения штанги (рис. 1В). Однако выявлялись наибольшие различия между динамическими и кинематическими показателями. Сила, обеспечивающая передвижение штанги в пространстве, была максимальной, а ускорение и скорость ее передвижения – минимальной по сравнению с аналогичными показателями при жиме штанге 40 и 80 % от максимального.

У низкоквалифицированных спортсменов, выполняющих соревновательное упражнение жим лежа при весе 40 % от максимального, продолжительность периода разгона штанги составляла  $0,31 \pm 0,01$  с, а при ее торможении –  $0,52 \pm 0,04$  с. При повышении веса штанги (80 и 90 % от максимального) продолжительность вышеописанных периодов возрастала до  $0,43 \pm 0,03$  с и  $0,64 \pm 0,05$  с,  $0,55 \pm 0,03$  с и  $0,88 \pm 0,07$  с соответственно.



**Рис. 1.** Динамика силы, ускорения и скорости у высококвалифицированных (А, Б, В) и низкоквалифицированных (Г, Д, Е) спортсменов при весе штанги 40, 80 и 90 % от максимального: 0-я фаза – исходное состояние перед поднятием штанги лежа на груди; 1-й период – разгон штанги: 1-я фаза – от момента начала движения штанги вверх до момента развития максимального ускорения; 2-я фаза – от момента развития максимального ускорения штанги до момента развития максимальной скорости; 2-й период – торможение штанги: 1-я фаза – от момента развития максимальной скорости штанги до момента развития минимального ускорения; 2-я фаза – от момента развития минимального ускорения штанги до момента фиксации штанги на вытянутых руках; \*отмечается достоверность изменений между 1-й фазой периода разгона штанги с остальными фазами у высококвалифицированных и низкоквалифицированных спортсменов; #отмечается достоверность различий исследуемых показателей между высококвалифицированными и низкоквалифицированными спортсменами

**Fig. 1.** Strength, acceleration, and speed dynamics in highly-skilled (A, B, V) and low-skilled (Г, Д, Е) athletes with a barbell of 40, 80 and 90 % of maximum weight: 0 phase – initial position before raising a barbell from the chest; 1 period – barbell acceleration: 1 phase – from the beginning of driving a barbell up until maximum acceleration; 2 phase – from the point of maximum acceleration to the point of maximum speed; 2 period – barbell deceleration: 1 phase – from the point of maximum speed to the point of minimum deceleration; 2 phase – from the point of minimum deceleration to the moment of holding a barbell with the arms stretched; \*there are significant changes between 1 phase of barbell acceleration and other phases in highly-skilled and low-skilled athletes; #there are significant changes between the indicators studied in highly-skilled and low-skilled athletes

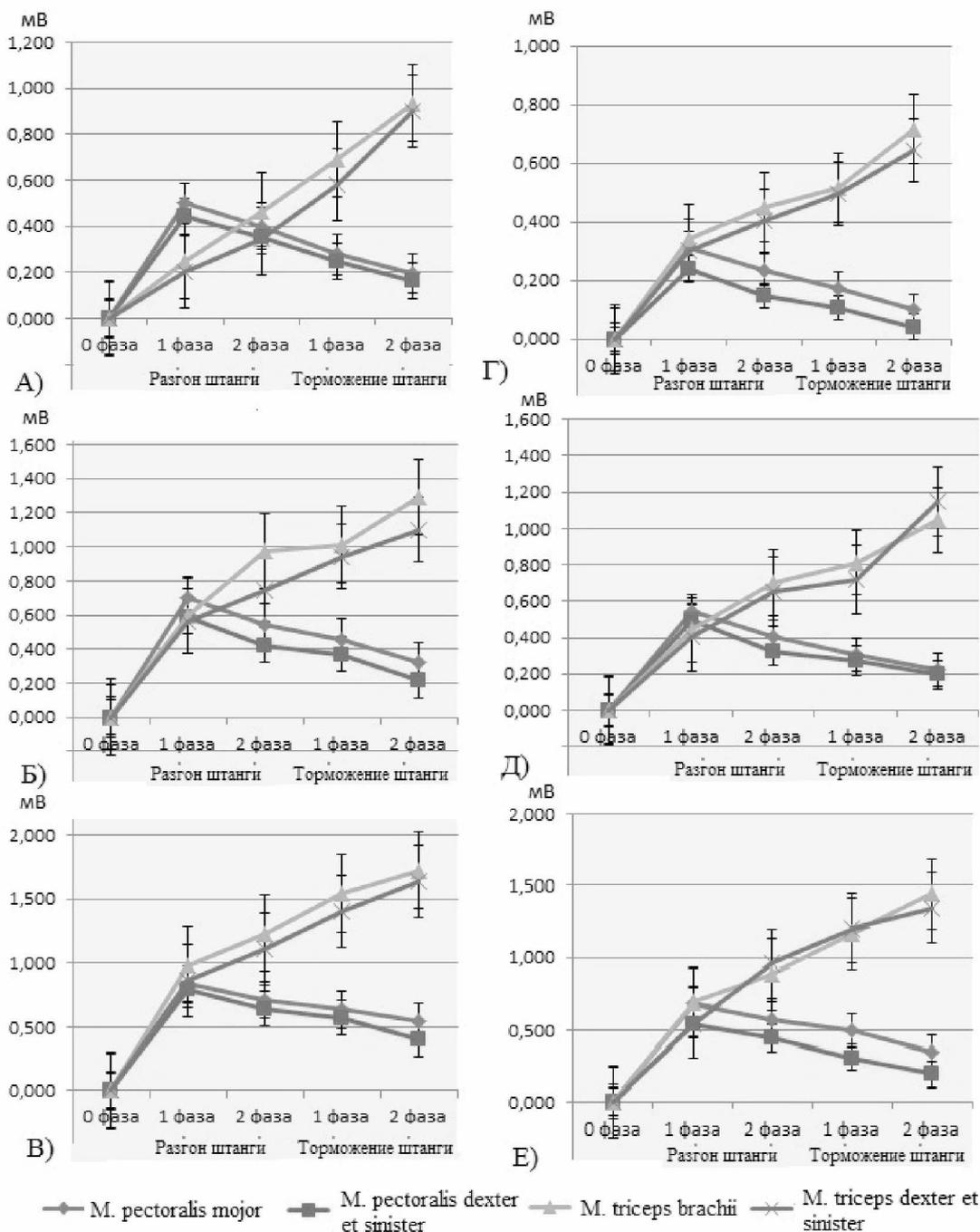


Рис. 2. Динамика ОЭМГ *M. pectoralis major*, *dexter et sinister* и *M. triceps brachii*, *dexter et sinister* у высококвалифицированных (А, Б, В) и низкоквалифицированных (Г, Д, Е) спортсменов при весе штанги 40, 80 и 90 % от максимального: 0-я фаза – исходное состояние перед поднятием штанги лежа на груди; 1-й период – разгон штанги: 1-я фаза – от момента начала движения штанги вверх до момента развития максимального ускорения; 2-я фаза – от момента развития максимального ускорения штанги до момента развития максимальной скорости; 2-й период – торможение штанги: 1-я фаза – от момента развития максимальной скорости штанги до момента развития минимального ускорения; 2-я фаза – от момента развития минимального ускорения штанги до момента фиксации штанги на вытянутых руках

Fig. 2. Electromyography dynamics of the *pectoralis major*, *dexter et sinister*, and *M. triceps brachii*, *dexter et sinister*, in highly-skilled (A, B, V) and low-skilled (Г, Д, Е) athletes with a barbell of 40, 80 and 90 % of maximum weight: 0 phase – initial position before raising a barbell from the chest; 1 period – barbell acceleration: 1 phase – from the beginning of driving a barbell up until maximum acceleration; 2 phase – from the point of maximum acceleration to the point of maximum speed; 2 period – barbell deceleration: 1 phase – from the point of maximum speed to the point of minimum deceleration; 2 phase – from the point of minimum deceleration to the moment of holding a barbell with the arms stretched

Динамика кинематических и динамических показателей в выделенные периоды и фазы у низкоквалифицированных спортсменов так же изменялась в зависимости от веса штанги. Однако у низкоквалифицированных по сравнению с высококвалифицированными спортсменами было выявлено существенное их снижение.

У высококвалифицированных спортсменов при жиме штанги весом 40 % от максимального в 1-й фазе разгона штанги амплитуды ОЭМГ *M. pectoralis major* и *dexter et sinister* были максимальными и составляли  $0,501 \pm 0,013$  и  $0,442 \pm 0,012$  мВ соответственно (рис. 2А). Во 2-ю фазу они существенно снижались ( $0,397 \pm 0,012$  и  $0,355 \pm 0,012$  мВ). В 1-й и 2-й фазах периода торможения штанги электрическая активность этих мышц продолжала снижаться до минимальных значений ( $0,277 \pm 0,013$  и  $0,194 \pm 0,012$  мВ,  $0,246 \pm 0,011$  и  $0,163 \pm 0,011$  мВ соответственно). Амплитуды *M. triceps brachii* и *dexter et sinister* в 1-ю фазу периода разгона штанги составляли  $0,246 \pm 0,014$  и  $0,202 \pm 0,013$  мВ. Во 2-й фазе они повышались и продолжали расти в период торможения штанги и достигали максимальных величин в последующих фазах:  $0,466 \pm 0,014$ ,  $0,691 \pm 0,015$  и  $0,935 \pm 0,014$  мВ;  $0,344 \pm 0,012$ ,  $0,582 \pm 0,014$  и  $0,898 \pm 0,013$  мВ соответственно.

При жиме штанги 80 % от максимального во всех периодах и фазах существенно повышалась ОЭМГ *M. pectoralis major* и *dexter et sinister* в 1-й фазе периода разгона штанги ( $0,698 \pm 0,013$  и  $0,586 \pm 0,012$  мВ), но сохраняла равномерное снижение до окончания спортивного упражнения ( $0,322 \pm 0,011$  и  $0,214 \pm 0,011$  мВ) (рис. 2Б). Амплитуды ОЭМГ *M. triceps brachii* и *dexter et sinister* по сравнению с 1-й фазой ( $0,600 \pm 0,013$  и  $0,564 \pm 0,012$  мВ) увеличивались равномерно во всех остальных фазах до  $1,293 \pm 0,014$  и  $1,102 \pm 0,014$  мВ соответственно.

При весе штанги 90 % от максимального амплитуда ОЭМГ достигала наибольших значений в 1-ю фазу периода разгона штанги ( $0,840 \pm 0,014$  и  $0,791 \pm 0,013$  мВ) и также равномерно снижалась до 2-й фазы периода торможения ( $0,547 \pm 0,013$  и  $0,403 \pm 0,010$  мВ соответственно) (рис. 2В). Амплитуды ОЭМГ *M. triceps brachii* и *dexter et sinister* составляли в 1-ю фазу периода разгона штанги  $0,983 \pm 0,014$  и  $0,865 \pm 0,013$  мВ и повышались во всех по-

следующих фазах обоих периодов, достигая максимальных значений во 2-ю фазу периода торможения  $1,722 \pm 0,015$  и  $1,634 \pm 0,014$  мВ соответственно.

У низкоквалифицированных спортсменов динамика ОЭМГ исследуемых мышц при жиме штанги 40, 80 и 90 % от максимального была аналогичной направленности (рис. 2 Г, Д, Е). Однако амплитуда ОЭМГ у них была существенно ниже. Еще одно различие заключалось в том, что у неквалифицированных спортсменов в 1-ю фазу периода разгона штанги амплитуда ОЭМГ *M. triceps brachii* и *dexter et sinister* была выше, чем у высококвалифицированных.

**Заключение.** Спортивный результат в пауэрлифтинге определяется техникой, обеспечивающей преодоление силы земного притяжения при жиме штанги за счет межмышечной и внутримышечной координации. Поэтому ее можно рассматривать как двигательный навык, который включает внешнюю и внутреннюю структуры. Межмышечная и внутримышечная координации определяют оптимальное развертывание спортивного упражнения. Полученные результаты свидетельствуют о том, что период разгона штанги характеризуется в большей степени за счет сокращения грудных мышц, а период торможения связан с активностью трехглавых мышц плеча. Разнонаправленное нарастание электрической активности исследуемых мышц в период разгона и торможения способствует оптимальному формированию соревновательного упражнения жим лежа. Предложенный комплексный анализ позволяет количественно оценивать биомеханические и электромиографические показатели, что способствует коррекции спортивной техники.

### Литература

1. Волков, Н.П. О технике жима штанги лежа двумя руками в пауэрлифтинге / Н.П. Волков // Теория и практика физ. культуры. – 2012. – № 6. – С. 80–84.
2. Донской, Д.Д. Биомеханика: учеб. для ин-тов физ. культуры / Д.Д. Донской, В.М. Зацюрский. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 264 с.
3. Дубровский, В.И. Биомеханика / В.И. Дубровский, В.Н. Федорова. – М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – 672 с.
4. Кичайкина, Н.Б. Электрическая актив-

ность мышц верхней конечности и туловища при жиме штанги лежа атлетами разной технической подготовленности / Н.Б. Кичайкина, Г.А. Самсонов // Ученые записки университета им. Лесгафта. – 2015. – № 5 (123). – С. 97–102.

5. Ланская, О.В. Электрическая активность скелетных мышц при выполнении пауэрлифтерами приседания со штангой на плечах, жима штанги лежа и становой тяги / О.В. Ланская, Е.В. Ланская // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2016. – Т. 11, № 1. – С. 406–407.

6. Писаренко, А.О. Аппаратно-программный комплекс оцувствления скамьи для жима в пауэрлифтинге / А.О. Писаренко, А.Н. Тюленев, А.Б. Трембач и др. // Изв. Южного федер. ун-та. Технические науки. – 2012. – Т. 134. – № 9. – С. 240–243.

7. Самсонова, А.В. Гипертрофия скелетных мышц человека / А.В. Самсонова. – СПб., 2015. – 54 с.

8. Самсонов, Г.А. Электрическая активность широчайшей мышцы спины при жиме штанги лежа на горизонтальной скамье / Г.А. Самсонов, Д.Д. Дальский // Ученые записки ун-та им. Лесгафта. – 2015. – № 8 (126). – С. 137–142.

9. Трембач, А.Б. Метод комплексного анализа соревновательного упражнения жим лежа спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата / А.Б. Трембач, Д.А. Левченко, И.Н. Федорова и др. // Теория и практика физ. культуры. – 2016. – № 2. – С. 72–74.

10. Трембач, А.Б. Сравнительный анализ спортивной техники в пауэрлифтинге у спортсменов различных квалификаций с поражением опорно-двигательного аппарата / А.Б. Трембач, Ю.В. Шкабарня, И.Н. Федорова и др. // Инженер. вестник Дона. – 2012. – № 4 (Ч. 1). – С. 178–180.

11. Шейко, Б.И. Пауэрлифтинг. От новичка до мастера / Б.И. Шейко, П.С. Горулев, Э.Р. Румянцева, Р.А. Цедов. – М.: Изд-во «Активформула», 2013. – 560 с.

12. Шейко, Б.И. Двигательная структура

жима лежа инвалидов ПОДА / Б.И. Шейко // Адаптивная физическая культура, спорт и здоровье: интеграция науки и практики: сб. материалов III Всерос. науч.-практ. конф., ч. II. – Уфа: РИЦ БашИФК, 2009. – С. 247–253.

13. Энока, Р.М. Основы кинезиологии / Р.М. Энока. – М.: Олимп. лит., 1998. – 400 с.

14. Asraf Ali. Surface electromyography for assessing triceps brachii muscle activities: A literature review / Asraf Ali, Kenneth Sundaraj, R. Badlishah Ahmad et al. // Biocybernetics and biomedical engineering. – 2013. – No. 33. – P. 187–195.

15. Bianco, A. One repetition maximum bench press performance: a new approach for its evaluation in inexperienced males and females: a pilot study / A. Bianco, D. Filingeri, A. Paoli, A. Palma // J Bodyw Mov Ther. – 2015. – № 19 (2). – P. 11–19.

16. Castillo, F. Maximum power, optimal load and optimal power spectrum for power training in upper-body (bench press): a review / F. Castillo, T. Valverde, A. Morales et al. // Rev Andal Med Deporte. – 2011. – No. 5 (1). – P. 18–27.

17. Golaś, Artura. Changes of Bioelectrical Muscle Activity During Ascending Phase Flat Bench Pressing / Golaś Artura, Maszczyk Adama, Pietraszowski Przemyslaw et al. // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2014. – P. 488–491.

18. Hales, M.E. Kinematic analysis of the powerlifting style squat and the conventional deadlift during competition: is there a cross-over effect between lifts? / M.E. Hales, B.F. Johnson, J.T. Johnson // J Strength Cond Res. – 2009. – № 23 (9). – P. 74–80.

19. Joseph, P. Adapted physical education and sport / P. Joseph, EdD. Winnick. – 5<sup>th</sup> ed. – 2010. – 637 p.

20. Kame, G. Essentials of electromyography / G. Kamen, D.A. Gabriel. – 1961. – No. II. – 265 p.

21. Król, H. Complex analysis of movement in evaluation of flat bench press performance / H. Król, A. Golas, G. Sobota // Acta Bioengineering and Biomechanics. – 2010. – № 12 (2). – P. 93–98.

**Трембач Александр Борисович**, доктор биологических наук, профессор, руководитель научно-практического центра нейробиоуправления, профессор кафедры адаптивной физической культуры, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. 350015, г. Краснодар, ул. им. Буденного, 161. E-mail: alex\_trem@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3527-3896.

**Федорова Ирина Николаевна**, преподаватель кафедры адаптивной физической культуры, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. 350015, г. Краснодар, ул. им. Буденного, 161. E-mail: fedorova327@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1086-3144.

**Пономарева Татьяна Васильевна**, кандидат биологических наук, декан факультета адаптивной и оздоровительной физической культуры, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. 350015, г. Краснодар, ул. им. Буденного, 161. E-mail: tkaratysh@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7802-1966.

**Миниханова Екатерина Равильевна**, магистрант, старший лаборант кафедры адаптивной физической культуры, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. 350015, г. Краснодар, ул. им. Буденного, 161. E-mail: ekaterina.minikhanova@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-4409-7388.

**Попова Олеся Сергеевна**, преподаватель кафедры адаптивной физической культуры, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. 350015, г. Краснодар, ул. им. Буденного, 161. E-mail: olesenka.90@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5472-5758.

*Поступила в редакцию 9 апреля 2019 г.*

DOI: 10.14529/hsm190213

## A COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOMECHANICAL AND ELECTROMYOGRAPHIC INDICATORS DURING FUNCTIONALLY SIGNIFICANT TIME INTERVALS OF THE BENCH PRESS EXERCISE IN ATHLETES WITH MUSCULOSKELETAL DISORDERS

*A.B. Trembach, alex\_trem@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3527-3896,  
I.N. Fedorova, fedorova327@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1086-3144,  
T.B. Ponovareva, tkaratysh@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7802-1966,  
E.R. Minikhanova, ekaterina.minikhanova@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-4409-7388,  
O.S. Popova, olesenka.90@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5472-5758*

*Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism, Krasnodar,  
Russian Federation*

**Aim.** The article deals with the analysis of kinematic, dynamic, and electromyographic indicators in the selected periods and phases in athletes with musculoskeletal disorders. **Materials and Methods.** 24 highly-skilled and low-skilled athletes participated in the study. The bench press exercise was performed with the weight of 40, 80 and 90% of maximum weight. The analysis of dynamic indicators was conducted by using hardware and software complex in the area of the upper shoulder girdle and pelvis. Barbell trajectory, its speed, and acceleration were calculated with the help of video analysis. Electromyograms of symmetrical muscles were registered synchronously: M. pectoralis major, dexter et sinister; M. triceps brachii, dexter et sinister. **Results.** In highly-skilled athletes, barbell acceleration which followed after holding a barbell on the chest was accompanied by the increase of both speed and acceleration. During barbell deceleration, both speed and acceleration were negative and returned to initial values. In low-skilled athletes, the same indicators decreased significantly. Barbell acceleration corresponded with

a maximum electrical activity of M. pectoralis major, dexter et sinister, while barbell deceleration coincided with M. triceps brachii, dexter et sinister. **Conclusion.** A comprehensive analysis of the bench press exercise indicators allows controlling and correcting sports technique.

**Keywords:** powerlifting, athletes with musculoskeletal disorders, barbell acceleration and deceleration, kinematic, dynamic and electromyographic indicators.

### References

1. Volkov N.P. [On the Technique of Bench Press with Two Hands in Powerlifting]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2012, no. 6, pp. 80–84. (in Russ.)
2. Donskoy D.D., Zatsiorskiy V.M. *Biomekhanika. Uchebnyk dlya institutov fizicheskoy kul'tury* [Biomechanics. Textbook for Institutes of Physical Culture]. Moscow, Physical Culture and Sport Publ., 1979. 264 p.
3. Dubrovskiy V.I., Fedorova V.N. *Biomekhanika* [Biomechanics]. Moscow, VLADOS-PRESS Publ., 2003. 672 p.
4. Kichaykina N.B., Samsonov G.A. [Electrical Activity of the Muscles of the Upper Limb and Body when the Barbell is Pressed by Athletes of Different Technical Readiness]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni Lesgafta* [Scientific notes of the Lesgaft University], 2015, no. 5 (123), pp. 97–102. (in Russ.)
5. Lanskaya O.V., Lanskaya E.V. [Electrical Activity of Skeletal Muscles when Doing Powerlifters Squats with a Barbell on the Shoulders, Bench Press Bench and Deadlift]. *Zdorov'ye – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya* [Health is the Basis of Human Potential. Problems and Ways to Solve Them], 2016, vol. 11, no. 1, pp. 406–407. (in Russ.)
6. Pisarenko A.O., Tyulenev A.N., Trembach A.B. et al. [The Hardware and Software Complex for Bench Sensing for Bench Press in Powerlifting]. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki* [Izvestia Southern Federal University. Technical Science], 2012, vol. 134, no. 9, pp. 240–243. (in Russ.)
7. Samsonova A.V. *Gipertrofiya skeletnykh myshts cheloveka* [Human Skeletal Muscle Hypertrophy]. St. Petersburg, 2015. 54 p.
8. Samsonov G.A., Dal'skiy D.D. [Electrical Activity of the Latissimus Dorsi when the Barbell is Lying on a Horizontal Bench]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni Lesgafta* [Scientific notes of the University Named after Lesgaft], 2015, no. 8 (126), pp. 137–142. (in Russ.)
9. Trembach A.B., Levchenko D.A., Fedorova I.N. et al. [The Method of Complex Analysis of Competitive Exercise Press Lying Athletes with the Defeat of the Musculoskeletal System]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2016, no. 2, pp. 72–74. (in Russ.)
10. Trembach A.B., Shkabarnya Yu.V., Fedorova I.N. et al. [Comparative Analysis of Sports Equipment in Powerlifting Among Athletes of Various Qualifications with Affection of the Musculoskeletal System]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2012, no. 4 (ch. 1), pp. 178–180. (in Russ.)
11. Sheyko B.I., Gorulev P.S., Rumyantseva E.R., Tsedov R.A. *Pauerlifting. Ot novichka do мастера* [Powerlifting From Beginner to Master]. Moscow, Aktiformula Publ., 2013. 560 p.
12. Sheyko B.I. [The Motor Structure of the Bench Press Disabled]. *Adaptivnaya fizicheskaya kul'tura, sport i zdorov'ye: integratsiya nauki i praktiki: Sborni materialov III Vserossiyskoy Nauchno-prakticheskoy konferentsii, chast' II* [Adaptive Physical Culture, Sport and Health. The Integration of Science and Practice. Collection of Materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference, Part 2], 2009, pp. 247–253. (in Russ.)
13. Enoka R.M. *Osnovy kineziologii* [Basics of Kinesiology]. Moscow, Olympic Literature Publ., 1998. 400 p.
14. Asraf Ali, Kenneth Sundaraj, Badlishah Ahmad R., Nizam Uddin Ahame, Anamul Islam. Surface Electromyography for Assessing Triceps Brachii Muscle Activities: A Literature Review. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 2013, no. 33, pp. 187–195. DOI: 10.1016/j.bbe.2013.09.001
15. Bianco A., Filingeri D., Paoli A., Palma A. One Repetition Maximum Bench Press Performance: a New Approach for Its Evaluation in Inexperienced Males and Females: a Pilot Study. *J Bodyw Mov Ther*, 2015, no. 19 (2), pp. 11–19. DOI: 10.1016/j.jbmt.2014.11.019

16. Castillo F., Valverde T., Morales A., Pérez-Guerra A., García-Manso J.M. Maximum Power, Optimal Load and Optimal Power Spectrum for Power Training in Upper-Body (Bench Press): a Review. *Rev Andal Med Deporte*, 2011, no. 5 (1), pp. 18–27. DOI: 10.1016/S1888-7546(12)70005-9
17. Golaś Artura, Maszczyk Adama, Pietraszowski Przemyslaw, Roczniok Roberta, Król Henryk. Changes of Bioelectrical Muscle Activity During Ascending Phase Flat Bench Pressing. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2014, pp. 488–491. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.02.250
18. Hales M.E., Johnson B.F., Johnson J.T. Kinematic Analysis of the Powerlifting Style Squat and the Conventional Deadlift During Competition: is there a Cross-Over Effect Between Lifts? *J Strength Cond Res*, 2009, no. 23 (9), pp. 74–80. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181bc1d2a
19. Joseph P., Winnick Eb.D. Adapted Physical Education and Sport. 5<sup>th</sup> ed., 2010. 637 p.
20. Kamen G., David A. Gabriel Essentials of Electromyography, 1961, no. 2, 265 p.
21. Król H., Golas A., Sobota G. Complex Analysis of Movement in Evaluation of Flat Bench Press Performance. *Acta Bioengineering and Biomechanics*, 2010, no. 12 (2), pp. 93–98.

Received 9 April 2019

---

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Сравнительный анализ биомеханических и электромиографических показателей в функционально-значимые временные интервалы соревновательного упражнения жим лежа у лиц с поражением опорно-двигательного аппарата / А.Б. Трембач, И.Н. Федорова, Т.В. Пономарева и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 2. – С. 101–109. DOI: 10.14529/hsm190213

#### FOR CITATION

Trembach A.B., Fedorova I.N., Ponovareva T.B., Minikhanova E.R., Popova O.S. A Comparative Analysis of Biomechanical and Electromyographic Indicators During Functionally Significant Time Intervals of the Bench Press Exercise in Athletes with Musculoskeletal Disorders. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 2, pp. 101–109. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190213