

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБА «СПОРТИВНЫЙ НАГРУЗОЧНЫЙ ТЕСТ ПОВТОРНЫХ ПРЫЖКОВ BOSCO» ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

*С.В. Нопин*, [work800@yandex.ru](mailto:work800@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9406-4504>

*Ю.В. Корягина*, [koru@yandex.ru](mailto:koru@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5468-0636>

*Г.Н. Тер-Акопов*, [sk@fmbamail.ru](mailto:sk@fmbamail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7432-8987>

*Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр  
Федерального медико-биологического агентства России, Ессентуки, Россия*

**Аннотация.** **Цель:** разработать и научно обосновать применение автоматизированной функциональной пробы «Спортивный нагрузочный тест повторных прыжков Bosco» (далее – ФПВ) для диагностики состояния и оценки эффективности восстановительных мероприятий спортсменов. **Материалы и методы.** ФПВ была реализована в виде компьютерной программы, функционирующей на цифровой оптикоэлектронной измерительной системе SMART (BTS S.p.A., Милан, Италия). Разработанная ФПВ применялась для диагностики функционального состояния двигательной системы у 9 женщин-боксеров и обоснования эффективности восстановительных процедур по сочетанному применению эндомассажа и магнитного поля на аппарате MANTIS MR991 (MANTIS s.r.l., Кастельново-не-Монти, Италия) у 13 мужчин-волейболистов и фехтовальщиков-рапиристов. **Результаты.** Проведение диагностики состояния двигательной системы с помощью ФПВ позволило получить новые физиологические данные, показывающие, что наибольшие кинематические и динамические характеристики в 1-й период пробы обусловлены большим напряжением, а следовательно, активацией и синхронизацией двигательных единиц, в первую очередь прямой мышцы бедра. С развитием сначала компенсированного, а затем некомпенсированного утомления снижаются амплитудные и частотные характеристики электромиографии работающих мышц, хотя частота электроактивности при утомлении снижается в большей степени, чем амплитуда. Применение ФПВ позволило обосновать эффективность восстановительных процедур с применением сочетанного воздействия эндомассажа и магнитного поля у спортсменов. **Заключение.** Разработанная ФПВ с нагрузкой субмаксимальной мощности позволяет диагностировать функциональное состояние двигательной системы спортсменов, в частности физические и электрофизиологические параметры двигательного прыжкового теста, силовые сократительные свойства мышц и силовую выносливость.

**Ключевые слова:** спортсмены, диагностика, восстановление, опорно-двигательный аппарат, функциональная проба

**Для цитирования:** Нопин С.В., Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н. Автоматизированная физиологическая проба «Спортивный нагрузочный тест повторных прыжков Bosco» для диагностики состояния и оценки эффективности восстановления // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 1. С. 112–120. DOI: 10.14529/hsm240113

Original article  
DOI: 10.14529/hsm240113

## AUTOMATED PHYSIOLOGICAL TEST: THE BOSCO REPEATED JUMPS TEST AS A DIAGNOSTIC INSTRUMENT FOR THE ASSESSMENT OF PHYSIOLOGICAL CONDITIONS AND THE EVALUATION OF RECOVERY EFFICACY

S.V. Nopin, work800@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9406-4504>

Yu.V. Koryagina, koru@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5468-0636>

G.N. Ter-Akopov, sk@fmbamail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7432-8987>

North-Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, Russia

**Abstract. Aim.** To develop and scientifically substantiate the application of an automated Bosco test for diagnosing athlete status and assessing rehabilitation efficiency. **Materials and methods.** Bosco is computer software based on the SMART measurement system (BTS S.p.A., Milan, Italy). It was utilized to assess the functional status of the motor system in nine female boxers and confirm the efficiency of therapeutical treatment with the MR 991 device (MANTIS s.r.l., Castelnovo ne' Monti, Italy) in 13 male volleyball players and foil fencers. **Results.** The diagnosis of the motor system provided new physiological insights: the highest kinematic and dynamic characteristics in the initial phase of the test were attributed to increased tension, activation, and synchronization of motor units, primarily in the rectus femoris muscle. As compensated and then uncompensated fatigue developed, the amplitude and frequency characteristics of the working muscles' electromyography decreased. The electric activity's frequency in fatigue reduces to a greater extent than the amplitude. The implementation of the test allowed for the demonstration of the efficiency of restorative procedures based on the combined effects of endomassage and magnetic field. **Conclusion.** Our submaximal test enables the diagnosis of the functional status of athletes' motor systems, including physical and electrophysiological parameters of the jump test, power contractile properties of muscles, and power endurance.

**Keywords:** athletes, diagnosis, recovery, musculoskeletal system, functional test

**For citation:** Nopin S.V., Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N. Automated physiological test: the bosco repeated jumps test as a diagnostic instrument for the assessment of physiological conditions and the evaluation of recovery efficacy. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(1):112–120. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240113

**Введение.** Тенденции развития современного спорта заключаются в достижении наивысших результатов и в максимальном проявлении физических качеств. Применяемые на протяжении многих лет тренировочные нагрузки вызывают как положительные адаптационные изменения в виде увеличения функциональных возможностей систем организма, так и отрицательные эффекты адаптации [3]. Применение в обследованиях спортсменов функциональных проб (ФП) позволяет вести динамический контроль за функциональным состоянием, определять динамику работоспособности и физических качеств, планировать восстановительные мероприятия [1]. Однако, как правило, нагрузочные ФП применяются только для исследования функций кардиореспираторной системы на тред-

миле и велоэргометре [2]. Нагрузочные ФП для исследования функций двигательной системы спортсменов, в частности для оценки динамики биоэлектрической активности мышц и одновременно физических параметров (кинематики и динамики) движений, практически отсутствуют. Следовательно, актуальным является разработка ФП для исследования двигательной системы спортсменов в максимальных вертикальных прыжковых движениях [7].

Цель работы: разработка и научное обоснование применения автоматизированной функциональной пробы «Спортивный нагрузочный тест повторных прыжков Bosco» (далее – ФПВ) для диагностики состояния и оценки эффективности восстановительных мероприятий спортсменов.

**Материалы и методы. Разработка автоматизированной ФПВ.** ФПВ была реализована в виде программы для ЭВМ, функционирующей на цифровой оптикоэлектронной измерительной системе SMART (BTS S.p.A., Милан, Италия). Методика ФПВ использует в качестве прототипа простой тест Repeat Jump [6, 8]. Разработанная нами ФПВ, реализованная в виде программы для ЭВМ, выполняется на двух тензодинамометрических платформах с записью восьми электрофизиологических сигналов с помощью беспроводной электромиографии (ЭМГ) с дальнейшим автоматизированным анализом тензодинамометрических и ЭМГ – данных [4, 5]. Длительность ФПВ составляет 60 с (условно 4 периода по 15 с), следовательно, мощность нагрузки субмаксимальная.

Апробация применения ФПВ проведена у 71 спортсмена (55 мужчин и 16 женщин) [4]. В статье представлены области применения разработанной ФПВ: диагностика функционального состояния двигательной системы у 9 спортсменок-боксеров, мастеров спорта (МС) (возраст –  $24,4 \pm 3,1$  года); обоснование эффективности восстановительных процедур по сочетанному применению эндомассажа и магнитного поля у 13 мужчин-волейболистов и фехтовальщиков-рапиристов, МС и кандидатов в МС (возраст –  $20,0 \pm 1,24$  года). ФПВ проводилась дважды, в разные дни: 1) ФПВ без применения эндомассажа и магнитного поля; 2) процедура эндомассажа и магнитного поля длительностью 20 минут, затем сразу ФПВ.

Для проведения процедуры эндомассажа с магнитным полем на аппарате MANTIS MR991 на нижние конечности спортсменов использовалась манипула Mini DES, ее характеристики: скорость вращения роликов – от 0 до 74 об/мин; давление, создаваемое вакуумным насосом, – от 0 до  $-67$  кПа; пиковое значение магнитной индукции на поверхности индукторов излучателей –  $0,75 \pm 5$  % мТл; частота стохастических импульсов электромагнитного поля – от 0,1 кГц до 1 МГц. Продолжительность процедуры – 20 мин.

Статистическая обработка данных производилась с помощью программы Statistica 13.0. Проверка на нормальность распределения проводилась по критерию Шапиро – Уилка. Значимость различий при оценке диагностики состояния двигательной системы спортсменок-боксеров рассчитана по критериям Фридмана

(между покоем и периодами пробы), Ньюмена – Кеулса (между группами), U-Манна – Уитни (между правыми и левыми мышцами). Для оценки взаимосвязей использовали критерий Спирмена. Сравнение данных при оценке восстановительных мероприятий проводилось с помощью критерия Вилкоксона.

**Результаты. Диагностика состояния спортсменов с применением автоматизированной ФПВ.** Диагностика функционального состояния двигательной системы у женщин-боксеров показала следующие результаты. Индекс утомления –  $1,67 \pm 0,37$ , средняя максимальная сила перед полетом (сила отталкивания от платформы) –  $1973 \pm 734$  Н. Наибольшие показатели максимальной мощности, средней и максимальной высоты прыжка были зафиксированы в первый период теста, в этот же период выявлена наибольшая электроактивность мышц (максимальные и средние амплитуды ЭМГ): прямой мышцы бедра, длинной малоберцовой и икроножной мышцы (табл. 1, 2), что свидетельствует о максимальной активации и синхронизации двигательных единиц (ДЕ). От периода к периоду, к окончанию ФПВ величины данных показателей снижались.

Одновременно с этим на протяжении ФПВ снижение электрической активности в мышцах левой ноги наблюдалось в меньшей степени, чем в правой. Следовательно, при утомлении правой ноги для обеспечения требуемого уровня мощности и количества повторений (в 3-м периоде оно даже увеличивается) нагрузку берет на себя другая конечность – левая нога, что является проявлением физиологического эффекта компенсированного утомления. Однако, несмотря на это, в 4-м периоде ФПВ все биомеханические параметры минимальны: мощность, высота и количество прыжков, то есть наступает некомпенсированное утомление.

Средние амплитуды ЭМГ двуглавой мышцы бедра и икроножной мышцы левой ноги во все периоды теста даже больше, чем правой (см. табл. 2). Снижение частотных характеристик ЭМГ (доминирующая пиковая частота, средняя и медианная частоты) имело такую же тенденцию, как и амплитудных. Сравнение средней электроактивности мышц правой и левой ноги в начале и в конце ФПВ в целом показало снижение амплитудных и частотных параметров ЭМГ при утомлении.

Таблица 1  
Table 1

Физические и электрофизиологические показатели при ФПВ у женщин-боксеров (n = 9)  
Physical and electrophysiological data of the Bosco repeat jump test for female boxers (n = 9)

Показатели теста по 15-секундным периодам Test results by 15-second periods	Показатели теста / Test parameter				Максимальные амплитуды ЭМГ, мВ / Max EMG amplitude, mV									
	Мощность, Вт/кг Power, W/kg	Высота прыжка средняя, м Average jump height, m	Макс. высота прыжка, м Max. jump height, m	Средняя сила отталкивания, Н Average repulsive force, N	Макс. сила отталкивания, Н Max repulsive force, N	Код-во прыжков Jump, reps	Прямая мышца бедра Rectus femoris		Двуглавая мышца бедра Biceps femoris		Длинная малоберцовая мышца Peroneus longus		Икроножная мышца Gastrocnemius	
							П	Л	П	Л	П	Л	П	Л
Перед тестом (в покое) Before the test (at rest)	–	–	–	–	–	–	0,015 (0,01; 0,018)	0,011 (0,01; 0,064)	0,025 (0,013; 0,042)	0,104 (0,019; 0,174)	0,093 (0,059; 0,114)	0,082 (0,067; 0,103)	0,11 (0,049; 0,154)	0,051 (0,038; 0,115)
1-й период 1 <sup>st</sup> period	13,76 (12,8; 14)	0,179 (0,164; 0,183)	0,196 (0,186; 0,196)	1196 (1068; 1305)	1339 (1083; 1438)	13 (13; 14)	1,272 (1,256; 1,542)***	1,075 (0,933; 1,159)	0,559 (0,509; 0,775)	0,618 (0,458; 0,726)	0,933 (0,885; 1,254)	1,33 (1,034; 1,423)	1,065 (0,967; 1,387)	1,044 (0,971; 1,257)
2-й период 2 <sup>nd</sup> period	11,69 (11,55; 11,9)	0,147 (0,135; 0,16)	0,168 (0,159; 0,177)	1172 (1078; 1286)	1399 (1274; 1660)	13 (12; 14)	1,293 (1,22; 1,386)	1,022 (0,989; 1,162)	0,526 (0,442; 0,644)	0,499 (0,456; 0,6)	0,972 (0,918; 1,076)	1,281 (0,869; 1,428)	1,057 (0,862; 1,318)	1,134 (0,997; 1,273)
3-й период 3 <sup>rd</sup> period	9,89 (9,2; 10,59)	0,135 (0,104; 0,136)	0,142 (0,118; 0,168)	1344 (1093; 1555)	1598 (1163; 1922)	14 (11; 16)	1,193 (1,071; 1,347)	0,978 (0,937; 1,118)	0,474 (0,386; 0,694)	0,480 (0,400; 0,679)	1,062 (0,793; 1,131)	1,259 (0,944; 1,435)	1,098 (0,853; 1,217)	0,964 (0,917; 1,249)
4-й период 4 <sup>th</sup> period	9,11 (7,73; 9,29)	0,108 (0,084; 0,12)	0,118 (0,096; 0,133)	1351 (1065; 1453)	1732 (1259; 1804)	11 (11; 12)	1,249 (1,034; 1,314)	0,949 (0,879; 1,223)	0,534 (0,419; 0,597)	0,435 (0,378; 0,733)	0,941 (0,802; 1,373)	1,197 (0,948; 1,373)	1,042 (0,945; 1,213)	0,965 (0,815; 1,288)
P <	0,001** (-)	0,001** (1-3, 1-4)	0,001** (1-4)	–	–	–	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)

Примечание: П – правая нога, Л – левая нога. Значимость различий рассчитана критериями Фридмана (\* – между покоем и периодами пробы, \*\* – между периодами пробы) и Ньюмана – Кеулса (статистически значимые различия между группами с P < 0,05). \*\*\* – различия (P) по U-критерию Манна – Уитни статистически значимы между правыми и левыми мышцами. Данные описаны в виде медиан и квартилей. Электрофизиологические показатели определялись непосредственно во время прыжка (перед отрывом от поверхности), электрофизиологические показатели перед тестом (в покое) определялись при стоянии на тензоплатформе за несколько секунд до серии прыжков.

Note: R – right leg, L – left leg. The statistical significance of differences was calculated with the Friedman (\* difference between rest and test periods, \*\* between test periods) and Newman – Keuls tests (differences between groups are statistically significant at P < 0.05). \*\*\* – differences (P) between right and left muscles are statistically significant according to the Mann – Whitney U-test. The data was described with medians and quartiles. The electrophysiological data was collected immediately before the jump (before takeoff), the electrophysiological data before the test (at rest) was obtained while standing on a force plate seconds before performing a series of jumps.

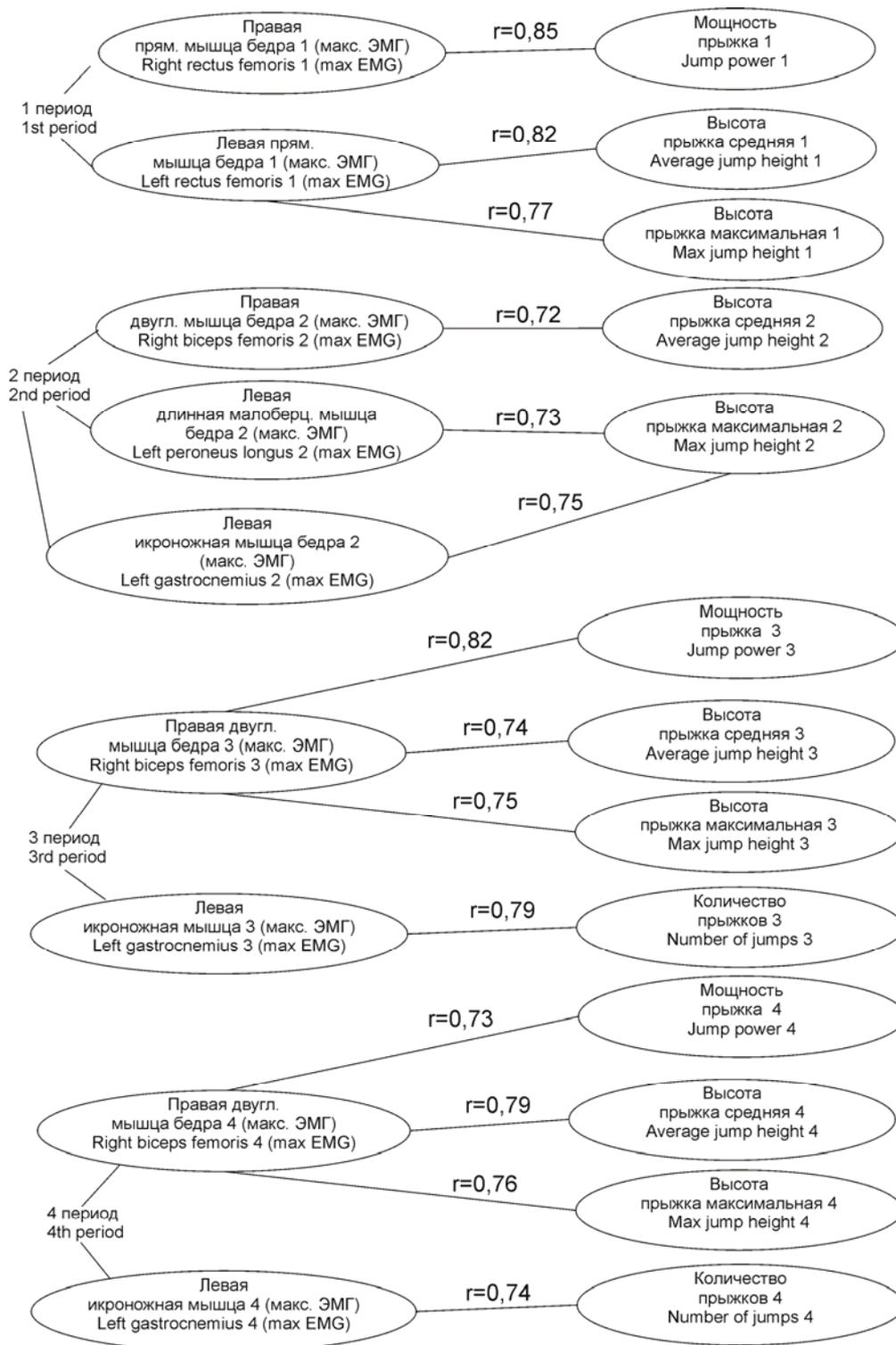
Таблица 2  
Table 2

Электрофизиологические показатели (средние значения амплитуд) при ФПВ у женщин-боксеров (n = 9)  
Electrophysiological data (mean amplitude values) of the Bosco repeat jump test for female boxers (n = 9)

Показатели теста по 15-секундным периодам Test results by 15-second periods	Средние по модулю величины электроактивности, мВ Modulus average values of electroactivity, mV													
	Прямая мышца бедра Rectus femoris		Двуглавая мышца бедра Biceps femoris		Длинная малоберцовая мышца Peroneus longus		Икроножная мышца Gastrocnemius							
	П R	Л L	П R	Л L	П R	Л L	П R	Л L	П R	Л L	П R	Л L		
Перед тестом (в покое) Before the test (at rest)	0,002 (0,002; 0,003)	0,004 (0,002; 0,008)	0,003 (0,002; 0,003)	0,009 (0,007; 0,011)	0,008 (0,007; 0,013)	0,005 (0,004; 0,01)	0,010 (0,007; 0,013)	0,002 (0,002; 0,008)	0,173 (0,143; 0,178)	0,069 (0,054; 0,087)	0,071 (0,06; 0,078)	0,086 (0,079; 0,113)	0,081 (0,065; 0,111)	0,133 (0,123; 0,154)
1-й период 1 <sup>st</sup> period	0,158 (0,142; 0,174)	0,063 (0,052; 0,079)	0,063 (0,054; 0,071)	0,1 (0,074; 0,146)	0,086 (0,069; 0,096)	0,083 (0,079; 0,09)	0,073 (0,063; 0,1)	0,131 (0,121; 0,141)	0,158 (0,142; 0,174)	0,063 (0,052; 0,079)	0,063 (0,054; 0,071)	0,1 (0,074; 0,146)	0,073 (0,063; 0,1)	0,131 (0,121; 0,141)
2-й период 2 <sup>nd</sup> period	0,144 (0,122; 0,147)	0,052 (0,04; 0,077)	0,051 (0,049; 0,057)	0,105 (0,078; 0,13)	0,077 (0,072; 0,093)	0,079 (0,075; 0,109)	0,075 (0,066; 0,098)	0,121 (0,093; 0,125)	0,144 (0,122; 0,147)	0,052 (0,04; 0,077)	0,051 (0,049; 0,057)	0,105 (0,078; 0,13)	0,075 (0,066; 0,098)	0,121 (0,093; 0,125)
3-й период 3 <sup>rd</sup> period	0,15 (0,11; 0,156)	0,052 (0,045; 0,066)	0,051 (0,046; 0,054)	0,096 (0,07; 0,12)	0,074 (0,065; 0,097)	0,075 (0,07; 0,092)	0,072 (0,069; 0,085)	0,135 (0,084; 0,143)	0,15 (0,11; 0,156)	0,052 (0,045; 0,066)	0,051 (0,046; 0,054)	0,096 (0,07; 0,12)	0,072 (0,069; 0,085)	0,135 (0,084; 0,143)
4-й период 4 <sup>th</sup> period	0,001* (0-1,2,3,4; 1-4) 0,001** (-)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4) 0,001** (-)	0,001* (0-1,2,3,4) 0,001** (-)	0,001* (0-1,2,3,4) 0,001** (-)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4; 1-4) 0,001** (-)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)	0,001* (0-1,2,3,4)

Примечание: П – правая нога, Л – левая нога. Значимость различий рассчитана критериями Фридмана (\* – между покоем и периодами пробы, \*\* – между периодами пробы) и Ньюмена – Келса (статистически значимые различия между группами с P < 0,05). Различия (P) по U-критерию Манна – Уитни статистически не значимы между правыми и левыми мышцами. Данные описаны в виде медиан и квартилей. Для отдельных периодов у конкретных испытуемых используется среднее значение величины электроактивности за период. Электрофизиологические показатели определялись непосредственно во время прыжка (перед отрывом от поверхности), электрофизиологические показатели перед тестом (в покое) определялись при стоянии на тензоплатформе за несколько секунд до серии прыжков.

Note: R – right leg, L – left leg. The statistical significance of differences was calculated with the Friedman (\* difference between rest and test periods, \*\* between test periods) and Newman – Keuls tests (differences between groups are statistically significant at P < 0.05). \*\*\* – differences (P) between right and left muscles are statistically significant according to the Mann – Whitney U-test. The data was described with medians and quartiles. The electrophysiological data was collected immediately before the jump (before takeoff), the electrophysiological data before the test (at rest) was obtained while standing on a force plate seconds before performing a series of jumps.



**Ранговые корреляции Спирмена физиологических показателей за четыре периода (0–60 секунд теста) ФПВ у женщин-боксеров (n = 9).**  
**Примечание:** отмеченные корреляции значимы на уровне  $P < 0,05$   
**Spearman's rank correlations of physiological data over four periods (0–60 s) of the Bosco repeat jump test in female boxers (n = 9).**  
**Note:** noted correlations are significant if  $P < 0.05$

Результаты ФПВ у мужчин, занимающихся волейболом и фехтованием на рапирах, в пробах без (1) и с применением (2) процедуры эндомассажа и магнитного поля (n = 13)  
The Bosco repeat jump test results in male volleyball players and foil fencers in trials without (1) and with (2) endomassage and magnetic field procedures (n = 13)

Показатели / Parameter	1	2	P <
Индекс утомления / Fatigue index	1,87 ± 0,18	1,36 ± 0,08	0,05
Максимальная сила отталкивания, Н / Max repulsive force, N	2105,46 ± 121,49	2230,99 ± 150,27	–
3-й период ФПВ (30–45 с) / 3 <sup>rd</sup> period of the test (30–45 s)			
Мощность прыжка, Вт / Jump power, W	973,72 ± 100,17	1020,13 ± 78,74	–
Удельная мощность прыжка, Вт/кг / Specific jump power, W/kg	12,88 ± 1,41	13,55 ± 1,02	–
Средняя высота прыжка, м / Average jump height, m	0,159 ± 0,016	0,178 ± 0,013	0,05
4-й период ФПВ (45–60 с) / 4 <sup>th</sup> period of the test (45–60 s)			
Мощность прыжка, Вт / Jump power, W	875,58 ± 105,23	987,24 ± 85,10	0,05
Удельная мощность прыжка, Вт/кг / Specific jump power, W/kg	11,66 ± 1,59	13,04 ± 1,05	0,05
Средняя высота прыжка, м / Average jump height, m	0,138 ± 0,016	0,172 ± 0,019	0,05
Максимальная высота прыжка, м / Max jump height, m	0,168 ± 0,017	0,200 ± 0,018	0,05
Количество прыжков за период / Jumps per period	12,46 ± 1,14	12,92 ± 1,57	–
За весь период ФПВ (0–60 с) / Whole test (0–60 s)			
Средняя высота прыжка, м / Average jump height, m	0,186 ± 0,016	0,196 ± 0,016	0,05

*Примечание.* сравнение данных проводилось с помощью непараметрического критерия Вилкоксона. В 1-м и во 2-м периоде ФПВ достоверных различий между показателями не выявлено.

*Note:* data comparison was performed with the Wilcoxon signed-rank test. No significant differences were found during the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> periods of the test.

Наиболее наглядно функциональная пластичность двигательной системы проявляется при анализе поверхностной ЭМГ в состоянии относительного покоя (перед упражнением, принятие позы) и в каждый период ФПВ. Выявлено, что наибольшее увеличение амплитуд ЭМГ (медианных значений) у женщин-боксеров происходит в основном в первый период ФПВ, для прямой мышцы бедра – до 98 раз. Для двуглавой мышцы бедра зафиксировано увеличение в 86,5 раза, для длинной малоберцовой мышцы – до 19 раз, для икроножной мышцы – до 67,5 раза.

Увеличение коэффициентов частотных характеристик ЭМГ в различные периоды ФПВ у женщин-боксеров наблюдалось в меньшей степени, чем амплитудных. В основном увеличивалась пиковая частота ЭМГ всех исследуемых мышц бедра (максимально в 2,44 раза). Для средней и медианной частоты ЭМГ наблюдалось снижение показателей до 2 раз.

Наиболее значимые корреляции Спирмена (r) физиологических показателей в разные периоды ФПВ представлены на рисунке. Выявленные корреляции показывают, что в организме спортсменов электрофизиологиче-

ские, кинематические и динамические характеристики движения имеют взаимозависимость, степень выраженности которых изменяется при сдвигах функционального состояния организма.

**Обоснование эффективности восстановительных процедур у спортсменов с применением автоматизированной ФПВ.** Сравнение показателей, полученных до и после процедур эндомассажа и магнитного поля на аппарате MANTIS MR991 у спортсменов-мужчин, занимающихся волейболом и фехтованием, показало достоверное увеличение мощности, средней и максимальной высоты прыжка после процедуры применения эндомассажа и магнитного поля (3-й период ФПВ) (табл. 3). Также достоверно уменьшился индекс утомления, что указывает на увеличение силовой выносливости мышц ног спортсменов. Следовательно, использование ФПВ позволило обосновать эффективность восстановительных процедур с применением сочетанного воздействия эндомассажа и магнитного поля у спортсменов.

**Заключение.** Таким образом, разработанная ФПВ эффективно апробирована и позволяет диагностировать функциональное со-

стояние двигательной системы спортсменов, в частности физические и электрофизиологические параметры двигательного прыжкового теста, силовые сократительные свойства мышц, силовую выносливость. Полученные с помощью ФПВ данные позволяют охарактеризовать локальные физиологические про-

цессы, состояния утомления, а также проявления свойств пластичности нервной системы. Экспериментально доказано, что ФПВ может применяться в клинических экспериментальных исследованиях для обоснования эффективности восстановительных мероприятий.

### Список литературы

1. Андриянова, Е.Ю. Преимущества и недостатки тестов по оценке уровня общей физической работоспособности спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой / Е.Ю. Андриянова // *Наука и спорт: современные тенденции*. – 2022. – Т. 10, № 3. – С. 6–13.
2. Бахарева, А.С. Особенности функционального ответа организма лыжников-гонщиков с различными скоростными показателями в нагрузочном тесте / А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова, В.В. Эрлих // *Современные вопросы биомедицины*. – 2022. – Т. 6, № 2 (19). DOI: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_02\_3
3. Иорданская, Ф.А. Мониторинг функциональной подготовленности спортсменов – диагностические и прогностические возможности с использованием мобильных технологий в процессе тренировочных мероприятий / Ф.А. Иорданская. – М.: Спорт, 2022. – 284 с.
4. Нопин, С.В. Тестирование функционального состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов циклических и ситуационных видов спорта / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов // *Теория и практика физ. культуры*. – 2020. – № 4. – С. 25–27.
5. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021619879 Российская Федерация. Спортивный нагрузочный тест повторных прыжков Bosco / С.В. Нопин, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов; заявитель и патентообладатель: ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России. – № 2021619170; заявл. 11.06.2021; опубли. 18.06.2021.
6. Bosco, C. A simple method for measurement of mechanical power in jumping / C. Bosco, P. Luhtanen, P.V. Komi // *European journal of applied physiology and occupational physiology*. – 1983. – Vol. 50, no. 2. – P. 273–282.
7. Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes / R.G. Lockie, S.J. Callaghan, S.P. Berry et al. // *The Journal of Strength & Conditioning Research*. – 2014. – Vol. 28 (12). – P. 3557–3566.
8. The effect of intermittent training with plyometric exercises on aerobic and anaerobic capacities / B. Kheiredine, B. Radhouane, C. Silarbi et al. // *Fizičko vaspitanje i sport kroz vekove*. – 2021. – Vol. 8 (1). – P. 105–118.

### References

1. Andriyanova E.Yu. [Advantages and Disadvantages of Tests to Assess the Level of General Physical Performance of Athletes and Persons Engaged in Physical Activity]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sport. Modern Tendencies], 2022, vol. 10, no. 3, pp. 6–13. (in Russ.)
2. Bakhareva A.S., Shibkova D.Z., Erlich V.V. [Features of Functional Response in Ski Racers Depending on Their Speed in the Load Test]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2022, vol. 6, no. 2 (19). (in Russ.) DOI: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_02\_3
3. Iordanskaya F.A. *Monitoring funktsional'noy podgotovlennosti sportsmenov – diagnosticheskie i prognosticheskie vozmozhnosti s ispol'zovaniem mobil'nykh tekhnologiy v protsesse trenirovochnykh meropriyatiy* [Monitoring of the Functional Fitness of Athletes – Diagnostic and Prognostic Capabilities with Application of Mobile Technologies in the Process of Training]. Moscow, Sport Publ., 2022. 284 p.
4. Nopin S.V., Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N. [Functional Status of Locomotor System of Athletes Engaged in Cyclic and Situational Sports]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 4, pp. 25–27. (in Russ.)
5. Nopin S.V., Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N. *Sportivnyi nagruzochnyi test povtornykh pryzhkov Bosco* [Bosco Repetitive Jump Test]. Certificate for Computer Software Registration RF, no. 2021619879. 2021.

6. Bosco C., Luhtanen P., Komi P.V. A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1983, vol. 50, no. 2, pp. 273–282. DOI: 10.1007/BF00422166

7. Lockie R.G., Callaghan S.J., Berry S.P. et al. Relationship between Unilateral Jumping Ability and Asymmetry on Multidirectional Speed in Team-sport Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2014, vol. 28 (12), pp. 3557–3566. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000588

8. Kheiredine B., Radhouane B., Silarbi C. et al. The Effect of Intermittent Training with Plyometric Exercises on Aerobic and Anaerobic Capacities. *Fizičko Vaspitanje i Sport Kroz Vekove*, 2021, vol. 8 (1), pp. 105–118. DOI: 10.5937/spes2101105K

#### **Информация об авторах**

**Нопин Сергей Викторович**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России, Ессентуки, Россия.

**Корягина Юлия Владиславовна**, доктор биологических наук, профессор, руководитель Центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России, Ессентуки, Россия.

**Тер-Акопов Гукас Николаевич**, кандидат экономических наук, генеральный директор, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России, Ессентуки, Россия.

#### **Information about the authors**

**Sergey V. Nopin**, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Center for Medical and Biological Technologies, North-Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, Russia.

**Yuliya V. Koryagina**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center for Medical and Biological Technologies, North-Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, Russia.

**Gukas N. Ter-Akopov**, Candidate of Economic Sciences, General Director, North-Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, 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 13.09.2023**

**The article was submitted 13.09.2023**