

ЗАВИСИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТА В СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ ВИДАХ ЛЁГКОЙ АТЛЕТИКИ ОТ НЕРВНО-МЫШЕЧНЫХ РЕАКЦИЙ

А.А. Русаков¹, irkrysakov@yandex.ru, [https:// orcid.org/0000-0002-6453-3928](https://orcid.org/0000-0002-6453-3928)
М.В. Пружинина¹, 954959@bk.ru, [https:// orcid.org/0000-0001-9681-3345](https://orcid.org/0000-0001-9681-3345)
В.Р. Кузекевич¹, kuzekevich@rambler.ru, [https:// orcid.org/0000-0003-2992-5413](https://orcid.org/0000-0003-2992-5413)
К.Н. Пружинин¹, 954959@bk.ru, [https:// orcid.org/0000-0001-6463-8247](https://orcid.org/0000-0001-6463-8247)
М.Д. Кудрявцев^{2,3,4}, kumid@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2432-1699>

¹ Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

² Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

³ Сибирский государственный университет науки и технологий

имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

⁴ Сибирский юридический институт МВД России, Красноярск, Россия

Аннотация. **Цель:** определение уровня оптимального спортивного состояния спортсмена на основе характеристик нервно-мышечного аппарата. **Материалы и методы.** Было проведено исследование латентного времени мышечной реакции (ЛВМР) у легкоатлетов в предсоревновательном периоде с целью определить её соотношение со спортивным результатом. Использование адаптированной методики «Зрительная моторно-мышечная реакция» позволяет соотнести временные показатели скорости напряжения и расслабления заданных мышц в период предсоревновательной подготовки с результатами, показанными на соревновании. **Результаты.** Удалось определить, что время нервно-мышечной реакции и ответ организма в процессе соревновательной деятельности имеют прямую зависимость от уровня оптимальной подготовленности на момент эксперимента. Было доказано, что разница латентного времени напряжения (ЛВН) и латентного времени расслабления (ЛВР) напрямую коррелирует с показанными результатами на соревнованиях. Отдельно было выяснено, что параметры мышечной активности имеют оптимальные характеристики у спортсменов с более высоким уровнем спортивной квалификации, а соотношение латентного времени напряжения и латентного времени расслабления укорачивается по мере роста спортивного мастерства. **Заключение.** Мы считаем, что предложенный метод может служить маркером в процессе определения тренировочной нагрузки и в случае необходимости поможет корректировать план спортивной подготовки.

Ключевые слова: оптимизация тренировочного процесса, психофизиологические особенности, латентное время мышечной реакции

Для цитирования: Зависимость результата в скоростно-силовых видах лёгкой атлетики от нервно-мышечных реакций / А.А. Русаков, М.В. Пружинина, В.Р. Кузекевич и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 2. С. 159–164. DOI: 10.14529/hsm230219

RELATIONSHIP BETWEEN SPEED-STRENGTH PERFORMANCE AND NEUROMUSCULAR REACTIONS

A.A. Rusakov¹, irkrysakov@yandex.ru, [https:// orcid.org/0000-0002-6453-3928](https://orcid.org/0000-0002-6453-3928)
M.V. Pruzhinina¹, 954959@bk.ru, [https:// orcid.org/0000-0001-9681-3345](https://orcid.org/0000-0001-9681-3345)
V.R. Kuzekevich¹, kuzekevich@rambler.ru, [https:// orcid.org/0000-0003-2992-5413](https://orcid.org/0000-0003-2992-5413)
K.N. Pruzhinin¹, 954959@bk.ru, [https:// orcid.org/0000-0001-6463-8247](https://orcid.org/0000-0001-6463-8247)
M.D. Kudryavtsev^{2,3,4}, kumid@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2432-1699>

¹ Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

² Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

³ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

⁴ Siberian Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to identify optimal athletic performance with respect to neuromuscular reactions. **Materials and methods.** The latent reaction time of muscular reactions was measured in athletes in the precompetitive period to identify its relationship with athletic performance. The simple eye-hand reaction test provides data on the relationship between the rate of muscular tension and relaxation in pre-competitive training and competitive performance. **Results.** The time of neuromuscular reactions and body responses during competitive activities directly depends on optimal athletic fitness at the time of the experiment. The parameters of muscular activity have optimal characteristics in athletes with higher athletic skills. The relationship between the latent time of tension and relaxation is getting shorter with performance enhancement. **Conclusion.** The proposed method can be indicative of training load and be used to adjust the training program.

Keywords: load optimization, psychophysiological features, latent time, muscular reaction

For citation: Rusakov A.A., Pruzhinina M.V., Kuzekevich V.R., Pruzhinin K.N., Kudryavtsev M.D. Relationship between speed-strength performance and neuromuscular reactions. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(2):159–164. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230219

Введение. Анализ научно-методической литературы, описывающий основополагающие свойства нервно-мышечного аппарата, позволяет понять сущностные характеристики определённых двигательных проявлений, с учётом индивидуально-личностных различий в поведенческих актах соревновательной деятельности [2, 6, 7]. Определено, что результат на соревнованиях коррелирует с психофизиологическими особенностями нервно-мышечной деятельности спортсмена. К числу основных свойств центральной нервной системы относится скорость проведения возбудительных импульсов, отвечающая за быстроту ответной реакции на раздражитель [2, 6, 7].

Цель: определить зависимость изменений нервно-мышечной реакции в предстартовом состоянии спортсменов, занимающихся скоростно-силовыми видами лёгкой атлетики.

Организация и методика исследования. В нашем исследовании приняли участия 16 спортсменов – 10 мужчин и 6 женщин в возрасте 16–22 лет (5 мастеров спорта, 9 кан-

дидатов в мастера спорта и 2 спортсмена имели первый спортивный разряд). Исследования проводились в условиях тренировочного сбора подготовки к чемпионату России по лёгкой атлетике [4, 5].

В своем исследовании мы использовали адаптированную методику «Зрительная моторно-мышечная реакция». Спортсмену хаотично показывались сигналы разного цвета. При представлении сигнала определённого цвета спортсмен должен максимально быстро и с максимальной силой напрячь заданную мышцу и держать её в напряжении до появления сигнала определённого цвета. После второго сигнала спортсмен должен как можно быстрее расслабить мышцу [1].

Для исследования нами были выбраны две группы мышц: трехглавая мышца плеча правой и левой руки; четырехглавая мышца бедра правой и левой ноги. Измерения проводились по 4 раза на каждую группу мышц. Для интерпретации брались среднеарифметические результаты.

Таблица 1
Table 1

Параметры нервно-мышечных реакций у спортсменов в предсоревновательном периоде
Neuromuscular reactions in athletes in the precompetitive period

№	Трехглавая мышца плеча Triceps brachii		K / R	Четырехглавая мышца бедра Quadriceps femoris muscle		K / R
	ЛВН / LTT	ЛВР / LTR		ЛВН / LTT	ЛВР / LTR	
1	0,27	0,39	0,69	0,26	0,22	1,18
2	0,19	0,24	0,79	0,20	0,25	0,80
3	0,18	0,28	0,64	0,17	0,29	0,58
4	0,22	0,34	0,64	0,18	0,27	0,67
5	0,23	0,35	0,68	0,24	0,29	0,82
6	0,24	0,37	0,65	0,24	0,39	0,61
7	0,21	0,28	0,75	0,25	0,28	0,89
8	0,25	0,30	0,83	0,22	0,29	0,75
9	0,21	0,33	0,63	0,24	0,25	0,96
10	0,25	0,33	0,75	0,21	0,37	0,56
11	0,26	0,28	0,92	0,21	0,29	0,72
12	0,19	0,31	0,61	0,18	0,38	0,47
13	0,25	0,30	0,83	0,32	0,33	0,97
14	0,27	0,29	0,93	0,32	0,36	0,89
15	0,33	0,48	0,68	0,19	0,37	0,51
16	0,33	0,44	0,75	0,26	0,38	0,68

Примечание. ЛВН – латентное время напряжения; ЛВР – латентное время расслабления; К – коэффициент ЛВН/ЛВР.

Note. LTT – the latent time of tension; LTR – the latent time of relaxation; R – LTT/LTR ratio.

Временные показатели скорости напряжения и расслабления заданных мышц мы определяли по методике, предложенной В.Л. Сивоховым, с использованием цифрового электрокардиографа [3]. В эксперименте мы исследовали латентное время мышечной реакции (ЛВМР), которое определяется соотношением латентного времени напряжения (ЛВН) и латентного времени расслабления (ЛВР); временными показателями сокращения и расслабления исследуемых мышц.

В процессе эксперимента мы исследовали следующие параметры: средние величины временных показателей напряжения и расслабления мышц, а также амплитуду, частоту, структуру мышечных напряжений. Определялись значения максимального и минимального порядка в вариационном ряду. Параметры мышечной активности измерялись с помощью поверхностных электродов площадью 1 см² и межэлектродным расстоянием 2,4–3,8 см и обрабатывались при помощи компьютерной программы. Коэффициент нервно-мышечных реакций определялся по формуле $K = \text{ЛВН} / \text{ЛВР}$ [3].

Результаты исследования. Мы определили, что у спортсменов показатели левой и

правой рук и ног не имели достоверных различий. Также не были зарегистрированы достоверные различия между мужчинами и женщинами. В связи с этим представлены средние результаты (табл. 1).

Отдельно были исследованы те же параметры у спортсменов, имеющих более низкую квалификацию. Выборка составила 38 человек в возрасте 15–18 лет (табл. 2).

Из полученных результатов можно заключить, что уровень спортивной подготовленности напрямую коррелирует с временными показателями латентного времени напряжения (ЛВН) и латентного времени расслабления (ЛВР).

Далее мы соотнесли полученные коэффициенты нервно-мышечных реакций с результатами, показанными на соревнованиях. За основу взяты усреднённые показания трехглавой мышцы плеча правой и левой руки; четырехглавой мышцы бедра правой и левой ноги (табл. 3).

Определено, что уровень коэффициента напрямую коррелирует с уровнем спортивной подготовленности спортсмена на этот период подготовки. Так, спортсмены, имеющие коэффициент в диапазоне 0,75–0,98, показывали

Таблица 2
Table 2

Корреляционный анализ средних показателей латентного времени мышечной реакции спортсменов разной квалификации
Relationship between the average latent time of muscle reaction in athletes of different skills

Показатель / Parameter	1 группа / Group 1 (n = 15)		2 группа / Group 2 (n = 38)		t	p
	ЛВН	ЛВР	ЛВН	ЛВР		
Трехглавая мышца плеча Triceps brachii	0,24 ± 0,06	0,29 ± 0,06	0,35 ± 0,10	0,47 ± 0,15	3,86	> 0,05
Четырёхглавая мышца бедра Quadriceps femoris muscle	0,22 ± 0,05	0,29 ± 0,10	0,36 ± 0,09	0,52 ± 0,27	4,28	> 0,05

Таблица 3
Table 3

Соотношение коэффициента нервно-мышечных реакций и спортивного результата
Relationship between neuromuscular reactions and athletic performance

№	К (трехглавая мышца плеча) R (Triceps brachii)	К (четырёхглавая мышца бедра) R (Quadriceps femoris muscle)	Результат % от max % of max
1	0,69	1,18	94,3
2	0,79	0,80	106,4
3	0,64	0,58	94,6
4	0,64	0,67	89,7
5	0,68	0,82	99,0
6	0,65	0,61	88,5
7	0,75	0,89	100,0
8	0,83	0,75	110,2
9	0,63	0,96	98,4
10	0,75	0,56	91,1
11	0,92	0,72	110,5
12	0,61	0,47	81,5
13	0,83	0,97	94,6
14	0,93	0,89	112,2
15	0,68	0,51	87,5
16	0,75	0,68	84,4

максимально личные и превосходящие личные результаты (в пределах 0,93–112,2 %). Это свидетельствует о том, что хорошая межмышечная координация и нервно-мышечная проводимость происходит, когда группы мышц расслабляются и напрягаются стабильно, примерно с одинаковой скоростью.

Заключение. В результате проведённого эксперимента можно сделать вывод, что латентное время напряжения (ЛВН) и латентное время расслабления (ЛВР) укорачивается по мере роста спортивного мастерства, а утомление, возникшее в результате тренировочной или соревновательной нагрузки, приводит к удлинению этого периода, причем наибольшему изменению подвержено ЛВР. Спортивные результаты, показанные легкоатлетами, участвующими в эксперименте, на ближайшем старте к нашему исследованию были пропорциональны параметрам нервно-мышечных реакций: чем больше разница ЛВР и ЛВН, тем

хуже результат. В идеале коэффициент стремится к единице.

Доказано, что в соревновательной деятельности успешными стартами будут те, где психологические характеристики и свойства нервно-мышечного аппарата спортсмена будут соответствовать оптимальному соотношению нервно-мышечной реакции. Особенно это важно в видах спорта, связанных со скоростно-силовыми мышечными проявлениями, где результат во многом обусловлен быстрой реакцией на условный раздражитель (выстрел стартового пистолета) или оптимальной концентрацией мышечной стимуляции (прыжки и метания в лёгкой атлетике).

Исследование латентного времени мышечной реакции в тренировочном процессе предстартового периода может служить маркером уровня подготовленности спортсмена и позволит скорректировать уровень нагрузки.

Список литературы

1. Динамика изменения параметров биоэлектрической активности мышц в ответ на разное статическое усилие / Т.В. Гавриленко, Д.В. Горбунов, К.А. Эльман, Г.А. Шадрин // Вестник новых мед. технологий. Электронное издание. – 2015. – № 3. – С. 8.
2. Колесник, И.С. Рационализация двигательных действий боксера на основе закономерностей высшей нервной деятельности / И.С. Колесник, Ф.А. Гатин // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2018. – Т. 13, № 2. – С. 46–53.
3. Марков, К.К. Экспериментальные исследования уровня психомоторных качеств высококвалифицированных кикбоксеров / К.К. Марков, В.Л. Сивохов, И.С. Чечев // Вестник Иркут. гос. техн. ун-та. – 2013. – № 5 (76). – С. 269–274.
4. Русаков, А.А. Интенсификация нагрузки в подготовительном периоде бегунов на короткие дистанции / А.А. Русаков, И.И. Богатова // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 10 (164). – С. 286–289.
5. Функциональное состояние бегунов на средние дистанции с учетом коррекции тренировочных воздействий / Г.З. Халиков, И.Г. Герасимова, И.Ш. Мутаева, Р.Е. Петров // Теория и практика физ. культуры. – 2020. – № 6. – С. 35–37.
6. Short-term Periodization Models: Effects on Strength and Speed-strength Performance / H. Hartmann, K. Wirth, M. Keiner et al. // Sports Med. – 2015. – Vol. 45 (10). – P. 1373–1386.
7. Thomas, L. Computer simulations assessing the potential performance benefit of a final increase in training during pre-event taper / L. Thomas, I. Mujika, T. Busso // J Strength Cond Res. – 2009. – Vol. 23 (6). – P. 1729–1736.

References

1. Gavrilenko T.V., Gorbunov D.V., Elman K.A., Shadrin G.A. [Dynamics of Changes in Parameters of Bioelectric Activity of Muscles in Response to Various Static Forces]. *Vestnik novykh meditsinskih tekhnologiy. Elektronnoe izdanie* [Bulletin of New Medical Technologies. Electronic Edition], 2015, vol. 3, p. 8. (in Russ.)
2. Kolesnik I.S., Gatin F.A. [Rationalization of Motor Actions of a Boxer Based on the Laws of Higher Nervous Activity]. *Pedagogiko-psihologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury i sporta* [Pedagogical-Psychological and Medico-Biological Problems of Physical Culture and Sports], 2018, vol. 13, no. 2, pp. 46–53. (in Russ.)
3. Markov K.K., Sivokhov V.L., Chechev I.S. [Experimental Studies of the Level of Psychomotor Qualities of Highly Qualified Kickboxers]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University], 2013, vol. 5 (76), pp. 269–274. (in Russ.)
4. Rusakov A.A., Bogatova I.I. [Intensification of the Load in the Preparatory Period of Runners for Short Distances]. *Ucheny'e zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of P.F. Lesgaft University], 2018, vol. 10 (164), pp. 286–289. (in Russ.)
5. Khalikov G.Z., Gerasimova I.G., Mutaeva I.Sh., Petrov R.E. [The Functional State of Middle-Distance Runners Taking into Account the Correction of Training Effects]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 6, pp. 35–37. (in Russ.)
6. Hartmann H., Wirth K., Keiner M. et al. Short-Term Periodization Models: Effects on Strength and Speed-strength Performance. *Sports Medicine*, 2015, no. 45 (10), pp. 1373–1386. DOI: 10.1007/s40279-015-0355-2
7. Thomas L., Mujika I., Busso T. Computer Simulations Assessing the Potential Performance Benefit of a Final Increase in Training During Pre-Event Taper. *Journal Strength Cond Research*, 2009, no. 23 (6), pp. 1729–1736. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181b3dfa1

Информация об авторах

Русakov Александр Альбертович, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физкультурно-спортивных и медико-биологических дисциплин Педагогического института, Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия.

Пружинина Марина Викторовна, кандидат педагогических наук, доцент, зав. кафедрой физкультурно-спортивных и медико-биологических дисциплин Педагогического института, Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия.

Кузекевич Владимир Робертович, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физкультурно-спортивных и медико-биологических дисциплин Педагогического института, Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия.

Пружинин Константин Николаевич, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физкультурно-спортивных и медико-биологических дисциплин Педагогического института, Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия.

Кудрявцев Михаил Дмитриевич, доктор педагогических наук, доцент; профессор кафедры физической культуры, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия; профессор кафедры физического воспитания, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия; профессор кафедры физической подготовки, Сибирский юридический институт МВД России, Красноярск, Россия.

Information about the authors

Alexander A. Rusakov, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education, Sports and Biomedical Disciplines, Pedagogical Institute, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia.

Marina V. Pruzhinina, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education, Sports and Biomedical Disciplines, Pedagogical Institute, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia.

Vladimir R. Kuzekevich, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education, Sports and Biomedical Disciplines, Pedagogical Institute, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia.

Konstantin N. Pruzhinin, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education, Sports and Biomedical Disciplines, Pedagogical Institute, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia.

Mikhail D. Kudryavtsev, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Physical Education, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; Professor of the Department of Physical Education, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia; Professor of the Department of Physical Training, Siberian Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Krasnoyarsk, 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 26.03.2023

The article was submitted 26.03.2023