

ТРАНСКРАНИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ – ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В СПОРТЕ

Целью представленной работы явилось определение дальнейших перспектив и назначения использования транскраниальных воздействий в спорте. Транскраниальные методы – это воздействия токами либо магнитным полем через кожные покровы головы. В настоящее время проведено большое количество исследований, показывающих эффективность применения данных методов в клинической практике. Наибольшее распространение получили методы транскраниальной магнитной стимуляции и транскраниальной электростимуляции импульсным током (ТЭС). Уже доказана безопасность и эффективность использования последнего в терапевтических целях в различных отраслях медицины. Разработка технологий применения ТЭС в спорте только начинается. Проведенные нами поисковые исследования срочных и кумулятивных эффектов ТЭС в тренировочной и соревновательной деятельности показали, что срочный эффект однократного сеанса ТЭС после соревновательной нагрузки заключается в ускорении процессов восстановления вегетативной регуляции работы сердечно-сосудистой системы спортсменов. Кумулятивный эффект курса процедур ТЭС проявился в оптимизации ЭЭГ ритмов головного мозга спортсменов.

Ключевые слова: *спортсмены, транскраниальные методы, транскраниальная терапия, внутренировочные средства, эргогенные средства, восстановление, адаптация, сердечно-сосудистая система, вариабельность сердечного ритма, электроэнцефалограмма, реограмма, психофизиология.*

Проблема адаптации организма человека в условиях напряженной мышечной деятельности продолжает оставаться наиболее значимой [7; 8]. Экстремальные физические и психоэмоциональные нагрузки в значительной степени затрудняют процессы восстановления организма, адаптации. Ряд авторов утверждают, что до сих пор остаются неразработанными средства ускоренного восстановления после больших тренировочных нагрузок [12].

В настоящее время известен большой арсенал фармакологических средств, оказывающих влияние на различные функции организма, которые способствуют повышению работоспособности спортсмена. В то же время применение многих из них ограничено из-за побочных эффектов или наличия их в списке запрещенных субстанций и методов ВАДА, поэтому возникает необходимость использования разнообразных способов немедикаментозного воздействия [1; 5], среди которых значительный интерес представляют методы транскраниального воздействия. Данные методы активно используются в различных областях медицины, а их применение в спорте делает еще только первые шаги.

Определить дальнейшие перспективы и назначение использования методов транскраниального воздействия в спорте.

Организация и методы исследования.

В экспериментальном исследовании приняли участие 19 спортсменов мужского пола (14 пауэрлифтеров и 5 борцов) в возрасте от 18 до 24 лет, высокой спортивной квалификации (КМС, МС, МСМК). Все участники дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Для исключения противопоказаний к применению ТЭС (скрытой эпилептической активности мозга), всем участникам исследования предварительно была произведена запись электроэнцефалограммы. Срочные эффекты ТЭС исследовались в период соревнований. Сеанс ТЭС в экспериментальной группе проводился с помощью аппарата ТРАНСАИР-5, расположение электродов лобно-мастоидальное, продолжительность 20 мин, импульсный биполярный ток, максимальная величина 3 мА. Влияние ТЭС на функциональное состояние организма спортсменов и процессы восстановления оценивалось по данным вариабельности сердечного ритма и психофизиологическим показателям (время простой и сложной сен-

сомоторной реакции, времени реакции выбора и тесту Шульте). Спортсмены были обследованы за неделю перед соревнованиями (фон), до соревнований после взве-

шивания, сразу после соревнований и после ТЭС – экспериментальная группа, а контрольная группа через 20 минут после соревнований (рисунок 1).



Рисунок 1 – Спортсмен во время сеанса ТЭС

Для оценки кумулятивных эффектов проводился курс ТЭС, состоящий из 10 сеансов по 30 минут. До и после курса производилась регистрация физиологических и психофизиологических показателей по данным variability сердечного ритма, реовазографии и реоэнцефалографии, электроэнцефалографии и психофизиологическим показателям (время простой и сложной сенсорной реакции, времени реакции выбора и тесту Шульте).

Исследование анализа variability сердечного ритма осуществлялась с помощью АПК «Нейролаб», электроэнцефалография – с помощью прибора «Нейрон-спектр 3» (Нейрософт), реовазография и реоэнцефалография – «Рео-спектр» (Нейрософт).

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ современной научной литературы показал наличие большого количества исследований и результатов практического использования методов транскраниального воздействия в клинике.

К настоящему времени в медицине достоверно установлены и систематизированы основные лечебные эффекты ТЭС: нормализация психофизиологического статуса, купирование болевых синдромов, нормали-

зация артериального давления [4], стимуляция процессов репарации, метаболизма, иммунитета [2]. Данные о применении ТЭС в спортивной практике единичны. В ряде исследований ученые применяли ТЭС для коррекции психофизиологического статуса спортсменов [3; 10], гемодинамики дзюдоистов после физических нагрузок [10], вегетативных изменений у атлетов циклических видов спорта, а также для повышения физической работоспособности единоборцев [3]. Однако остаются недостаточно обоснованными физиологические механизмы и методы воздействия ТЭС на гемодинамику и функциональное состояние организма при восстановлении после тренировочных и соревновательных нагрузок, не разработана методика ее применения в зависимости от требований, предъявляемых видом спорта.

Проведенное нами исследование влияния ТЭС на процессы срочного восстановления спортсменов после соревновательной нагрузки показали следующее.

Динамика частоты сердечных сокращений (ЧСС) представлена на рисунке 2. После проведения сеанса ТЭС частота сердечных сокращений восстановилась относительно предсоревновательных показателей, однако фоновых значений не достигла.

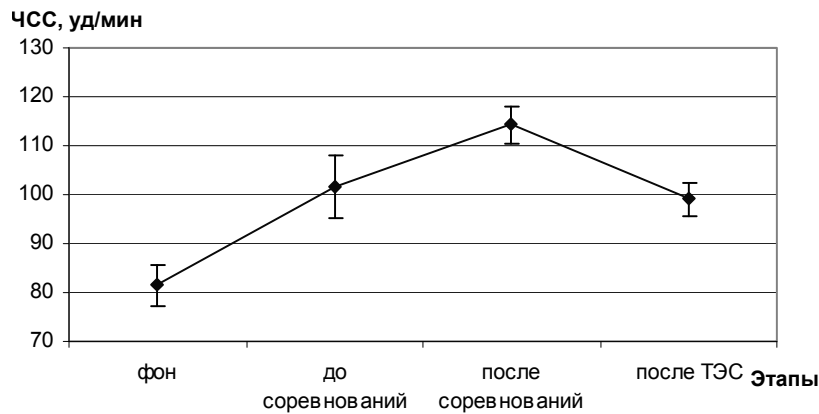


Рисунок 2 – Динамика ЧСС экспериментальной группы пауэрлифтеров

Динамика показателей variability сердечного ритма представлена в таблице 1. Изменение предсоревновательных показателей относительно фоновых связано с предстартовым функциональным состоянием спортсменов. После соревнований у спортсменов отмечается снижение текущего функционального состояния организма и преобладание активности симпатического звена на

фоне уменьшения активности парасимпатического звена вегетативной регуляции. Произошло достоверное уменьшение моды (M_0) до 525 ± 21 мс, снижение вариационного размаха (ВР) до 112 ± 20 мс, повышение индекса напряжения (ИН) до 658 ± 158 у.е. Также повысились индекс вегетативного равновесия (ИВР) до 654 ± 154 у.е., вегетативный показатель ритма (ВПР) до 21 ± 3 у.е.

Таблица 1 – Динамика показателей variability сердечного ритма экспериментальной группы

Показатели	Фон ($M \pm m$)	До соревнований ($M \pm m$)	После соревнований ($M \pm m$)	После ТЭС ($M \pm m$)
R-Rcp, мс	749 ± 42	605 ± 37	528 ± 19	610 ± 21
R-Rmin, мс	631 ± 38	535 ± 25	482 ± 12	535 ± 20
R-Rmax, мс	876 ± 43	716 ± 50	594 ± 30	760 ± 29
ВР, мс	244 ± 17	181 ± 29	112 ± 20	225 ± 24
SDNN, мс	51 ± 3	34 ± 5	22 ± 4	39 ± 5
ИН, у.е.	123 ± 21	420 ± 195	658 ± 158	202 ± 26
Коэф. вар., %	$6 \pm 0,5$	$5 \pm 0,5$	$4 \pm 0,5$	$6 \pm 0,8$
M_0 , мс	739 ± 38	596 ± 37	525 ± 21	603 ± 21
ВКР	$10 \pm 0,5$	$8 \pm 0,7$	$6 \pm 0,6$	$8 \pm 0,4$

Примечание: в таблице приведены только достоверные данные между показателями variability сердечного ритма после соревнований и после ТЭС.

После проведенного сеанса ТЭС, достоверно изменились показатели: мода (M_0) возросла на 13 %, вариационный размах (ВР) увеличился в 2 раза, что отражает повышение уровня вагусной регуляции ритма сердца. Индекс напряжения регуляторных систем (ИН) уменьшился в 3 раза. Индекс вегетативного равновесия (ИВР) и вегетативный показатель ритма (ВПР) уменьшились в 2 раза, что отражает нормализацию соотношения между активностью симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. Полученные

данные позволяют говорить о восстановлении баланса между отделами вегетативной нервной системы после сеанса ТЭС.

В контрольной группе показатели ВСР статистически значимо не изменились.

Исследование динамики физиологических и психофизиологических показателей до и после курса ТЭС, состоящего из 10 процедур продолжительностью 30 минут показало следующее. Результаты исследования биоэлектрической активности нейронов головного мозга представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика биоэлектрической активности нейронов головного мозга

Отведения	Показатели	До ТЭС (М ± m)	После ТЭС (М ± m)	p
лобные	Ам (А)	21,2 ± 2,9	14,5 ± 3,3	< 0,03
	Аср (А)	10,3 ± 1,5	7,2 ± 1,7	< 0,01
	Ам (Бн)	25,3 ± 4,4	18,3 ± 4,1	< 0,01
	Аср (Бн)	8,3 ± 1,9	6,3 ± 1,5	< 0,02
	Ам (Бв)	58,2 ± 13,8	35,9 ± 12,1	< 0,002
	Аср (Бв)	10,3 ± 2,9	7,4 ± 2,1	< 0,05
центральные	Ам (А)	23,7 ± 3,2	14,8 ± 3,2	< 0,01
	Аср (А)	10,5 ± 1,3	7,1 ± 1,5	< 0,02
	Ам (Бн)	28,3 ± 4,9	17,8 ± 3,8	< 0,01
	Аср (Бн)	8,9 ± 1,8	6,0 ± 1,2	< 0,01
	Ам (Бв)	63,6 ± 14,6	34,7 ± 11,5	< 0,002
теменные	Аср (Бв)	10,8 ± 2,5	6,8 ± 1,7	< 0,01
	Ам (Бн)	23,2 ± 3,9	16,8 ± 3,4	< 0,02
затылочные	Ам (Бв)	50,1 ± 11,8	32,3 ± 10,4	< 0,01
	Ам (Т)	17,4 ± 5,6	7,8 ± 2,7	< 0,02
	Аср (Т)	7,3 ± 1,8	3,8 ± 1,4	< 0,03
	Ам (А)	28,8 ± 3,8	19,8 ± 3,6	< 0,02
	Аср (А)	12,4 ± 1,4	9 ± 1,4	< 0,03
	Ам (Бн)	29,4 ± 4,6	17,0 ± 3,4	< 0,03
	Аср (Бн)	8,8 ± 1,5	5,8 ± 1,1	< 0,01
	Ам (Бв)	62,8 ± 12,8	33,7 ± 10,6	< 0,05
	Аср (Бв)	10,1 ± 1,9	6,5 ± 1,5	< 0,01

Примечание: Ам – амплитуда максимальная; Аср – амплитуда средняя; А – альфа ритм; Бн - бета низкочастотный ритм; Бв - бета высокочастотный ритм; Т – тета ритм.

Статистически значимые изменения показателей ЭЭГ зарегистрированы в левом полушарии. В лобных и центральных отведениях выявлено снижение максимальной и средней амплитуды альфа, бета высокочастотного и бета низкочастотного ритмов. В теменных отведениях снизилась максимальная амплитуда бета высокочастотного и бета низкочастотного ритмов. В затылочных отведениях выявлено снижение максимальной и средней амплитуды тета, альфа, бета высокочастотного и бета низкочастотного ритмов. Это связано, по-видимому, с тормозящим действием эндорфинов, вырабатываемых под действием ТЭС, на нейроны коры головного мозга.

Снижение амплитуды бета ритма во всех отведениях левого полушария сочеталось с

достоверным уменьшением времени реакции выбора в психофизиологических тестах. Это можно расценить как признак экономизации работы головного мозга при выполнении работы, требующей повышенного внимания и зрительно - моторной координации.

Состояние перетренированности спортсменов часто отражается в нарушении вегетативной регуляции функций организма. Проявляется это, в частности, нарушением регуляции сердечного ритма. На рисунке 3 представлены ритмограммы спортсмена Я. 18 лет, КМС, дзюдо. До курса ТЭС у него регистрируется аритмия (рисунок 3 А), в виде экстрасистолии. После проведенного курса ТЭС восстановился нормальный сердечный ритм (рисунок 3 Б).

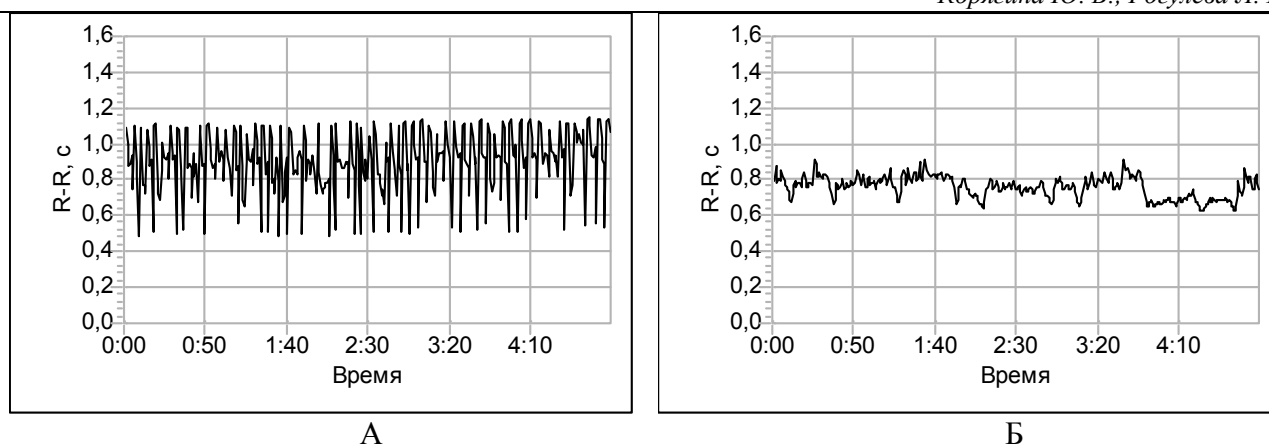


Рисунок 3 – Ритмограмма спортсмена с перетренированностью до и после курса ТЭС (А – до курса ТЭС, Б – после курса ТЭС)

Выводы

1. Срочный эффект однократного сеанса ТЭС после соревновательной нагрузки заключается в ускорении процессов восстановления вегетативной регуляции работы сердечно-сосудистой системы спортсменов. Кумулятивный эффект курса процедур ТЭС проявился в оптимизации ЭЭГ ритмов головного мозга спортсменов.

2. ТЭС является перспективным методом физиовоздействия для оптимизации функционального состояния спортсменов в процессе их адаптации к тренировочным и соревновательным нагрузкам, а также в процессе восстановления после них.

Список литературы

1. Современные тенденции применения медико-биологических средств для повышения работоспособности и восстановления спортсменов в биатлоне и шорт-треке (по материалам зарубежной печати) / В. А. Аикин, Ю. В. Корягина, Е. А. Сухачев, Е. А. Реуцкая // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. – 2013. – № 7 (115). – С. 43-50.

2. Транскраниальная электростимуляция как метод реабилитации часто болеющих детей / В. П. Вавилова, Е. Д. Басманова, А. Л. Айнетдинова и др. // *Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования*. – 2009. – Т. 3 – С. 289-298.

3. Гаманилина, М. А. Применение метода транскраниальной электростимуляции в процессе подготовки спортсменов / М. А. Гаманилина, А. В. Калинин // *Тезисы*

докладов науч.-практ. конф., посвященной 25-летию разработки и внедрению метода в широкую клиническую практику «Актуальные проблемы ТЭС-терапии». – СПб., 2008. – С. 24-25.

4. Зюзина, Н. А. Повышение эффективности гипотензивной терапии с помощью транскраниальной электростимуляции / Н. А. Зюзина, Л. Н. Елисеева, А. Х. Каде // *Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования*. – 2009. – Т. 3. – С. 237-243.

5. Медико-биологические средства повышения работоспособности и восстановления спортсменов / Ю. В. Корягина, Л. Г. Роголева, Т. П. Замчий, К. С. Зайцев // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 10. (Часть 8). – стр. 1753-1757; URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=shoarticle&article_id=10001877 (дата обращения: 20.12.2013).

6. Лебедев, В. П. Транскраниальная электростимуляция: новый подход / В. П. Лебедев // *Транскраниальная электростимуляция. Экспериментальные и клинические исследования*. – 2005. – Т. 1. – С. 22-38.

7. Меерсон, Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – М. : Медицина, 1988. – 225 с.

8. Платонов, В. Н. Основы теории адаптации и закономерности ее формирования у спортсменов / В. Н. Платонов // *Система подготовки спортсменов в Олимпийском спорте. Общая теория и ее практическое приложение*. – Киев, 2004. – С. 132-145.

9. Пономаренко, Г. Н. Биофизические основы физиотерапии : учеб. пособие / Г. Н. Пономаренко, И. И. Турковский. – М. : Медицина, 2006. – 176 с.
10. Сеин, О. Б. Коррекция гемодинамики у дзюдоистов после физических нагрузок / О. Б. Сеин, В. А. Иванов, Ю. П. Милостной // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования. – 2009. – Т. 3. – С. 274–281.
11. Филина, Н. Ю. Немедикаментозная коррекция церебральных нарушений у детей с сахарным диабетом 1-го типа / Н. Ю. Филина, Н. В. Болотова, В. Ю. Манукян и др. // Журнал неврологии и психиатрии. – 2009. - № 12. – С. 66-70.
12. Эрлих, В. В. Интеграция звеньев нейромоторного обеспечения центральной, региональной и мозговой гемодинамики у юных лыжников-гонщиков 18-20 лет высокой спортивной квалификации в годовом цикле подготовки / В. В. Эрлих, А. П. Исаев, А. А. Кравченко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2011. – № 20. – С. 49-54.
13. Enriquez-Geppert, S. Boosting brain functions: Improving executive functions with behavioral training, neurostimulation, and neurofeedback / S. Enriquez-Geppert, R. J. Huster, C. S. Herrmann // International Journal of Psychophysiology. – 2013. – Vol. 88 (1). – P. 1-16.
14. Goodall, S. Supraspinal fatigue after normoxic and hypoxic exercise in humans / S. Goodall, J. Gonzalez-Alonso, L. Ali et al. // Journal of Physiology. – 2012a. – V. 590. – P. 2767-2782.
15. Goodall, S. Transcranial magnetic stimulation in sport science: A commentary / S. Goodall [et al.] // European Journal of Sport Science, 2012b. – P. 1-9.
16. Guleyupoglu B. Classification of methods in transcranial Electrical Stimulation (tES) and evolving strategy from historical approaches to contemporary innovations / B. Guleyupoglu, P. Schestatsky, D. Edwards, F. Fregni, M. Bikson // Journal of Neuroscience Methods. – 2013. – Vol. 219 (2). – P. 297-311.
17. Hollge J. Central fatigue in sports and daily exercises. A magnetic stimulation study / J. Hollge, M. Kunkel, U. Ziemann et al. // International Journal of Sports Medicine. - 1997. – V. 18. – P. 614-617.
18. Ross E. Z. Corticomotor excitability contributes to neuromuscular fatigue following marathon running in man / E. Z. Ross, N. Middleton, R. Shave et al. // Experimental Physiology. – 2007. – V. 92. – P. 417-426.
19. Ross, E. Z. Muscle contractile function and neural control after repetitive endurance cycling / E. Z. Ross, W. Gregson, K. Williams et al. // Medicine and Science in Sports and Exercise. - 2010. – V. 42. – P. 206-212.
20. Sidhu S. K. Cortical voluntary activation of the human knee extensors can be reliably estimated using transcranial magnetic stimulation / S. K. Sidhu, D. J. Bentley, T. J. Carroll // Muscle & Nerve, 2009. – V. 39. – P. 186-196.
21. Verin, E. Effects of exhaustive incremental treadmill exercise on diaphragm and quadriceps motor potentials evoked by transcranial magnetic stimulation / E. Verin, E. Ross, A. Demoule et al. // Journal of Applied Physiology. – 2004. – V. 96. – P. 253-259.
22. Viganò, A. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) of the visual cortex: a proof-of-concept study based on interictal electrophysiological abnormalities in migraine. / A. Viganò [et al.] // The journal of headache and pain. – 2013. – Vol. 14 (1). – P. 23.