Дата публикации: 01.12.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_13
УДК 612; 615.847; 796; 577.171.5

Publication date: 01.12.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_13
UDC 612; 615.847; 796; 577.171.5

ВЛИЯНИЕ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА ГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ

Е.А. Руль[1], О.Н. Кудря[1], О.В. Леонов[1,2]
[1]ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», г. Омск, Россия
[2]БУЗОО «Омский клинический онкологический диспансер», г. Омск, Россия

Аннотация. Цель исследования: изучить влияние сеанса транскраниальной электростимуляции импульсным током (ТЭС) на изменение гормонального статуса квалифицированных лыжников-гонщиков. Анализ результатов исследования способствовал выявлению предполагаемых механизмов действия ТЭС. Основное влияние ТЭС оказывает на гипоталамус, который активирует аденогипофиз. В результате деятельности последнего у лыжников-гонщиков отмечаются гормональные изменения: повышение β-эндорфина, тестостерона, ацетилхолина; снижение концентрации гормонов стресса – кортизола, адренокортикотропного гормона. Установлено, что применение сеанса ТЭС оказывает влияние на вегетативную регуляцию: снижая активность симпатического отдела и повышая активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.
Ключевые слова: лыжные гонки, тестостерон/кортизол, гипоталамус, вариабельность сердечного ритма.

THE EFFECT OF TRANSCRANIAL ELECTRICAL STIMULATION ON THE HORMONAL STATUS OF SKI RACERS

E.A. Rul'[1], O.N. Kudrya[1], O.V. Leonov[1,2]
[1]Siberian State University of Physical Culture and Sport, Omsk, Russia
[2]Omsk Clinical Cancer Detection Center, Omsk, Russia

Annotation. The purpose of the research was to study the effect of a session of transcranial electrical stimulation (tES) by pulsed current on the change in the hormonal status of elite ski racers. The analysis of the study results contributed to the identification of the alleged mechanisms of tES action. The main effect of tES is on the hypothalamus, which activates the adenohypophysis. As a result of the latter's activity, hormonal changes are noted in ski racers: an increase in beta-endorphin, testosterone, acetylcholine; a decrease in the concentration of stress hormones – cortisol, adrenocorticotropic hormone. We have discovered that the use of a tES session has an effect on autonomic regulation: reducing the activity of the sympathetic department and increasing the activity of the parasympathetic department of the autonomic nervous system.
Keywords: ski racing, testosterone/cortisol, hypothalamus, heart rate variability.

Введение. Повышенные требования к организму, предъявляемые в современном спорте, нередко становятся причиной появления патологических состояний: перенапряжение и перетренированность, что сопровождается изменениями гормонального статуса. Как результат – нарушение функционирования физиологических систем организма, снижение работоспособности, соревновательной результативности и ухудшение здоровья в целом. В таких видах спорта, как лыжные гонки, наиболее часто встречается явление хронического утомления или переутомления при выполнении длительной циклической нагрузки, которая способствует снижению функций желез внутренней секреции, изменению гормонального статуса [1].

Применение восстановительных средств направлено на предупреждение негативных последствий влияния на

организм интенсивных физических нагрузок. Наиболее эффективными и широко применяемыми в спорте являются неинвазивные медико-биологические средства. Одним из таких средств является транскраниальная электростимуляция импульсным током (ТЭС).

На сегодняшний день известны эффекты ТЭС в спорте, сопровождающиеся изменениями в сердечно-сосудистой системе (снижение частоты сердечных сокращений, нормализация артериального давления), вегетативной нервной системе (нормализация вегетативного статуса) [2]. Изменения в работе физиологических систем организма под воздействием ТЭС обусловлены изменением уровня нейрогуморальной регуляции, поскольку в результате воздействия импульсным током на подкорковые структуры головного мозга происходит активация выброса гормона β-эндорфина, который запускает цепь последовательных гормональных реакций в организме [3].

Цель исследования – изучить влияние сеанса транскраниальной электростимуляции импульсным током на изменение гормонального статуса квалифицированных лыжников-гонщиков.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось в подготовительном периоде (общеподготовительный этап) тренировочного процесса. Участники исследования – квалифицированные лыжники-гонщики (I разряд, КМС), n=10, средний возраст составил 24,1±2,1 лет. Исследование производилось в утреннее время (9:00-10:00 ч.), натощак.

По результатам врачебного осмотра у спортсменов не было выявлено отклонений в состоянии здоровья, отсутствовали признаки воспалительных процессов, о чем свидетельствовали результаты общего анализа крови.

Первое взятие венозной крови производилось по окончании 20 минут нахождения спортсмена в состоянии покоя (в положении лежа) для изучения исходного гормонального фона (1). Второе взятие крови – после проведения 20-минутного сеанса ТЭС для оценки срочного эффекта на активность гормонов (2); третье (3) и четвертое (4) взятие крови – через 30 и 90 минут соответственно после окончания сеанса ТЭС для изучения отставленных эффектов восстановительного средства на активность гормонов. В ходе исследования регистрировали уровень кортизола, адренокортикотропного гормона (АКТГ), ацетилхолина (АцХ), тестостерона, β-эндорфина. Рассчитывался коэффициент тестостерон/кортизол. Определение уровня гормонов проводили с использованием фотометрического анализатора Chem Well-2910 (США) и иммуноферментного анализатора Thermo Scientifik Multisran FC (Финляндия) на базе БУЗОО «Омский клинический онкологический диспансер».

Для изучения вегетативной регуляции использовали методы вариабельности сердечного ритма. Определение показателей производилось с использованием АПК «Поли-Спектр» («Нейрософт», г. Иваново).

Сеанс ТЭС проводился с использованием полипрограммного электростимулятора «ТРАНСАИР-5» («Центр «ТЭС», г. Санкт-Петербург) – прямоугольные биполярные импульсы, сила тока от 2,5-3 мА, частота 77,5 Гц, длительность 20 минут, в положении сидя.

Результаты исследования подвергались статистической обработке. Для изучения достоверности результатов при ненормальном распределении использовался метод непараметрической статистики для зависимых выборок – критерий Вилкоксона, уровень значимости $p \leq 0,05$. Фактические данные представлены: средняя арифметическая (M) ± ошибка средней арифметической (m).

Результаты исследования и их обсуждение. Подготовительный период (общеподготовительный этап) лыжников-гонщиков характеризуется повышением объема циклической нагрузки, что диктует необходимость использования дополнительных внетренировочных средств восстановления для снижения риска развития перетренированности и перенапряжения вследствие хронического стресса.

Основными гормонами, активность которых меняется при воздействии стресса, являются гормоны гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы, поскольку они играют ключевую роль, приводя организм в адекватное данной ситуации состояние. В этой связи мы проанализировали активность следующих гормонов: адренокортикотропного гормона (АКТГ), кортизола, тестостерона, ацетилхолина и β-эндорфина при воздействии ТЭС на организм спортсменов, находящихся в состоянии покоя.

По данным ряда авторов, при использовании транскраниальной электростимуляции происходит активация выброса β-эндорфина, хотя некоторые исследователи утверждают, что β-эндорфин не может проникать через гематоэнцефалический барьер [4]. В ходе исследования нами установлено, что после применения сеанса ТЭС через 90 минут концентрация гормона в крови повысилась на 75% (табл. 1). В научно-методической литературе описан антиаритмический эффект опиоидов, который связывают с изменением функционального состояния вегетативной нервной системы, а именно снижением адренергической активности и повышением тонуса блуждающего нерва [5].

Анализ концентрации ацетилхолина, медиатора парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, выявил его повышение на 7,5% через 30 минут после прекращения воздействия ТЭС (табл. 1), что свидетельствует о повышении активности вагусного влияния.

Повышение медиатора ацетилхолина способствовало изменениям вариабельности сердечного ритма, которая напрямую зависит от гормонального статуса (действие нейромедиаторов). Импульсные токи ТЭС снижают значения коэффициента LF/HF (на 18,6%) и %VLF (на 23,3%), что доказывает уменьшение активности симпатического отдела вегетативной регуляции. Возрастание показателя %HF (на 30,8%) отражает повышение активности парасимпатического отдела, отвечающего за процессы восстановления. Отмечается снижение частоты сердечных сокращений и уменьшение напряжения регуляторных механизмов согласно показателю индекса напряжения по Р.М. Баевскому (табл. 1).

Таблица 1

Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма квалифицированных лыжников-гонщиков в состоянии покоя и после проведения сеанса ТЭС (M±m), n=10

Показатели	до ТЭС	после ТЭС
LF/HF, у.е.	1,29±0,26	1,05±0,24
%VLF	47,05±5,14	36,08±3,24
%HF	25,68±4,20	33,58±3,22
Частота сердечных сокращений, уд/мин	58,33±2,01	52,17±1,42
Индекс напряжения, у.е.	52,68±10,43	39,02±9,03

В ряде работ показано, что при повышении уровня стресса увеличивается секреция АКТГ [6]. Снижение АКТГ на 49,7%, отмеченное при проведении исследования, позволяет говорить о том, что действие ТЭС оказывает стресслимитирующий эффект на организм лыжников-гонщиков (табл. 2). Синтез АКТГ регулируется нейрогормонами гипоталамуса. Исходя из этого, можно предположить, что действие ТЭС оказывает активизирующее действие на ядра гипоталамуса.

В свою очередь, гормон АКТГ регулирует активность кортизола. Известно, что кортизол является маркером стресса. Повышенные значения гормона ингибируют физиологический ангиогенез, что негативно сказывается на процессах адаптации организма к мышечной работе. Уменьшение показателя после использования ТЭС на 16,5% (рис. 1) может свидетельствовать об

уменьшении риска появления кардиоваскулярных нарушений на фоне тканевой гипоксии, являющейся частым явлением в практике спорта [7].

Таблица 2

Концентрация гормонов у квалифицированных лыжников-гонщиков до и после проведения сеанса ТЭС (M±m), n=10

Показатели	до ТЭС (1)	после ТЭС		
		по окончанию сеанса (2)	30 минут (3)	90 минут (4)
АКТГ, пг/мл	6,92±0,53	5,05±0,30*	3,53±0,36	3,48±0,25
Ацетилхолин, пг/мл	29,27±2,07	29,55±2,30	31,47±1,74$^{\Delta}$	30,45±2,43
β-эндорфин, нг/мл	0,042±0,004	0,052±0,005*	0,048±0,005	0,073±0,011
Коэффициент «тестостерон / кортизол», усл. ед.	0,062±0,008	0,077±0,011	0,092±0,016$^{\Delta}$	0,089±0,010$^{\blacktriangle}$

Примечание: * – изменения статически значимы при сравнении результатов «до ТЭС (1)» и «по окончанию сеанса (2)» ($p \leq 0,05$); $^{\Delta}$ – изменения статистически значимы при сравнении результатов «до ТЭС (1)» и «30 минут (3)» ($p \leq 0,05$); $^{\blacktriangle}$ – изменения статистически значимы при сравнении результатов «до ТЭС (1)» и «90 минут (4)» ($p \leq 0,05$)

В исследованиях Fry A.C. и соавт. (2000) показана взаимосвязь между уровнем перетренированности, активностью анаболического гормона тестостерона и катаболического гормона кортизола [8]. По мнению исследователей, соотношение «тестостерон/кортизол» можно использовать как маркер уровня перетренированности. Согласно М.К. Нурбекову, уменьшение данного показателя на 30% свидетельствует о наличии данного синдрома [9].

В ходе исследования нами выявлено, что под воздействием однократного сеанса к 30 минуте после окончания сеанса ТЭС коэффициент «тестостерон/кортизол» повышался на 41%, что свидетельствует о преобладании процессов анаболизма. После проведенного сеанса ТЭС увеличивается активность гормона, отвечающего за процессы анаболизма – тестостерона, и снижение активности катаболического гормона кортизола (рис.1).

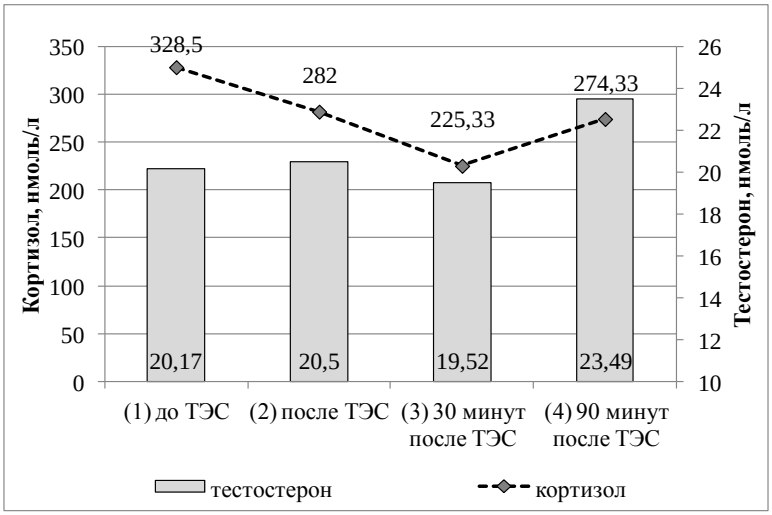


Рис. 1. Изменение концентрации гормонов кортизола и тестостерона квалифицированных лыжников-гонщиков без проведения сеанса ТЭС – «(1) до ТЭС», после его применения – «(2) после ТЭС», через 30 минут – «(3) 30 минут», через 90 минут – «(4) 90 минут»

Анализ научно-методической литературы и результаты исследования изменения активности гормонов у спортсменов под воздействием однократного сеанса ТЭС позволяет предположить, что воздействию ТЭС в первую очередь подвергаются дугообразное, паравентрикулярное ядра и, в целом, передний отдел гипоталамуса, которые регулируют деятельность аденогипофиза (рис. 2). В связи с этим, наблюдаются следующие эффекты:

- повышение β-эндорфина при повышении активности дугообразного ядра гипоталамуса аденогипофиза;

- повышение анаболического гормона тестостерона в результате действия аденогипофиза, который при помощи лютеинизирующего гормона (ЛГ) активизирует клетки Лейдига в семенниках;

- снижение активности адренокортикотропного гормона аденогипофиза. АКТГ способствовал снижению кортизола в пучковой зоне коры надпочечников;

- активация переднего отдела гипоталамуса способствовала усилению активности парасимпатических влияний, что вызвало повышение нейромедиатора ацетилхолина [10].

Предполагаемая схема влияния транскраниальной электростимуляции на гормональный статус лыжников-гонщиков представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Механизм действия транскраниальной электростимуляции на концентрацию гормонов

Примечание: АКТГ – адренокортикотропный гормон, ГнРГ – гонадотропин-рилизинг-гормон, ЛГ – лютеинизирующий гормон; ↓ – ингибирование; ↑ – стимуляция; ↑ β-эндорфин – исследуемые гормоны (↑ повышение показателя, ↓ снижение показателя); кортиколиберин – предполагаемые посредники: клетки, гормоны

Заключение. Таким образом, результаты, полученные в рамках проведенного исследования, позволяют сделать вывод, что транскраниальная электростимуляция импульсным током способствует снижению риска перетренированности и улучшает функциональное состояние квалифицированных лыжников-гонщиков за счет нормализации гормонального статуса спортсменов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солодков, А. С. Особенности утомления и восстановления спортсменов / А. С. Солодков // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2013. – №6 (100). – С. 131-143.
2. Транскраниальная электростимуляция в сочетании с трансцеребральными электрофорезом серотонина в лечении профессионального стресса / А.Р. Токарев, С.В. Токарева, А.П. Симоненков, Л.И. Каменев // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – № 5. – С. 108-113.
3. Лебедев, В. П. ТЭС-терапия для коррекции синдрома дефицита эндорфинов / В. П. Лебедев, А. В. Малыгин, С. В. Трусов // Главный врач Юга России. – 2021. – № 1(76). – С. 20-21.
4. Голобородько, Е. В. Вероятные механизмы изменения уровня эндорфинов в плазме крови при электромагнитном терапевтическом воздействии на головной мозг (обзор литературы) / Е. В. Голобородько // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – Т. 27. – № 4. – С. 75-78.
5. Каде, А. Х. Стресс-индуцированное повреждение миокарда и антиаритмический эффект опиоидных пептидов / А. Х. Каде, Е. А. Сорокина // Кардиология в Беларуси. – 2020. – № 12(6). – С. 888-901.
6. Steinacker, J. M. New Aspects of the Hormone and Cytokine Response to Training / J. M. Steinacker, W. Lormes, S. Reissnecker // European Journal of Applied Physiology. – 2004. – № 91. – pp. 382-391.
7. Артемова, Е. В. Особенности синтеза, активации и дезактивации глюкокортикоидов. Биологическая роль кортизола в метаболических нарушениях / Е. В. Артемова // Ожирение и метаболизм. – 2017. – № 14(2). – С. 48-52.
8. Fry, A. C. The Relationship Between Testosterone, Cortisol and Weightlifting Performance / A. C. Fry, W. J. Kraemer, L. P. Koziris // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2000. – № 14(3). – pp. 338-343.
9. Генетический маркер тренированности атлетов: экспрессия гена триптофанил-тРНК-синтетазы / Нурбеков М. К., Елов А. А., Ильин А. Б. [и др.] // Гены и клетки. – 2015. – Т. 10. – № 3. – С. 88-93.
10.Crivii, C. B. Anatomy and Topography of the Hypothalamus / C. B. Crivii, S. V. Clichici, A. G. Filip // The Human Hypothalamus. – 2020. – pp. 7-14. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-62187-2_2.

REFERENCES

1. Solodkov, A.S. Features of fatigue and restoration of the athletes. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2013, no. 6(100), pp. 131-143. (in Russ.)
2. Tokarev A.R., Tokareva S.V., Simonenkov A.P., Kamenev L.I. Transcranial electrostimulation combined with transcerebral electrophoresis of serotonin in treatment of professional stress. *Journal of New Medical Technologies*, 2018, no. 5, pp. 108-113. (in Russ.)
3. Lebedev V.P., Malygin A.V., Trusov S.V. TES-therapy for correction of endorphin deficiency syndrome. *Glavnyj vrach Yuga Rossii*, 2021, no. 1(76), pp. 20-21. (in Russ.)
4. Goloborod'ko E.V. Probable mechanisms for altering blood plasma endorphins with electromagnetic therapeutic effects on the brain (literature review). *Journal of New Medical Technologies*, 2020, no. 4(27), pp. 75-78. (in Russ.)
5. Kade A.Kh., Sorokina E.A. Stress-induced myocardial damage and antiarrhythmic effect of opioid peptides. *Cardiology in Belarus*, 2020, no. 12(6), pp. 888-901. (in Russ.)
6. Steinacker J.M., Lormes W., Reissnecker S. New Aspects of the Hormone and Cytokine Response to Training. *European Journal of Applied Physiology*, 2004, no. 91, pp. 382-391.
7. Artemova E.V. Synthesis, activation and deactivation of glucocorticoids. The biological role of cortisol in metabolic disorders. *Obesity and metabolism*, 2017, no. 4(2), pp. 48-52. (in Russ.)
8. Fry A.C., Kraemer W.J., Koziris L.P. The Relationship Between Testosterone, Cortisol and Weightlifting Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2000, no. 14(3), pp. 338-343.
9. Nurbekov M.K., Elov A.A., Il`in A.B. Tryptophanyl-tRNA synthase gene expression as genetic

marker of the athletes' overtraining. *Genes and Cells*, 2015, vol. 10, no. 3, pp. 88-93. (in Russ.)
10.Crivii C.B., Clichici S.V., Filip A.G. Anatomy and Topography of the Hypothalamus. *The Human Hypothalamus*, 2020, pp. 7-14. DOI: https://doi.org/-10.1007/978-3-030-62187-2_2.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Екатерина Андреевна Руль – аспирант, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: ekaterinashigina96@mail.ru.
Ольга Николаевна Кудря – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой анатомии, физиологии, спортивной медицины и гигиены, Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: olga27ku@mail.ru.
Олег Владимирович Леонов – доктор медицинских наук, доцент кафедры анатомии, физиологии, спортивной медицины и гигиены, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта; заместитель главного врача по медицинской части, Омский клинический онкологический диспансер, Омск, e-mail: leonov_oleg@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Ekaterina Andreevna Rul' – Post-Graduate Student, Siberian State University of Physical Culture and Sport, Omsk, e-mail: ekaterinashigina96@mail.ru
Ol'ga Nikolaevna Kudrya – Head of the Department of Anatomy, Physiology, Sports Medicine and Hygiene, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Siberian State University of Physical Culture and Sport, Omsk, e-mail: olga27ku@mail.ru
Oleg Vladimirovich Leonov – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy, Physiology, Sports Medicine and Hygiene, Siberian State University of Physical Culture and Sport; deputy chief physician for medical affairs, Omsk Clinical Cancer Detection Centre, Omsk, e-mail: leonov_oleg@mail.ru.

Для цитирования: Руль, Е. А. Влияние транскраниальной электростимуляции на гормональный статус лыжников-гонщиков / Е. А. Руль, О. Н. Кудря, О. В. Леонов // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_13

For citation: Rul' E.A., Kudrya O.N., Leonov O.V. The effect of transcranial electrical stimulation on the hormonal status of ski racers. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_13