



Влияние ритмической транскраниальной электростимуляции структур головного мозга на процессы восстановления функционального состояния здоровых добровольцев после истощающих физических нагрузок

Е.Б. Шустов¹, И.А. Берзин², А.А. Благинин³

¹ – ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России», Московская область

² – Федеральное медико-биологическое агентство России, Москва

³ – ФГБОУ ВПО «Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина», Санкт-Петербург

Контактная информация: д.м.н. Шустов Евгений Борисович, shustov-msk@mail.ru

Исследовано влияние ритмической транскраниальной электростимуляции структур головного мозга на динамику процессов восстановления функционального состояния нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем после шестичасовых физических нагрузок у здоровых добровольцев. Показано, что применение методов ритмической транскраниальной электростимуляции мозга для восстановления функционального состояния у людей с выраженным физическим утомлением обеспечивает формирование положительной динамики показателей субъективного состояния, центральной нервной, сердечно-сосудистой и мышечной систем, а также физиологических резервов.

Ключевые слова: функциональное состояние, восстановление, физическая нагрузка, ритмическая транскраниальная электростимуляция.

Введение

В современных условиях эффективность деятельности различных специалистов напрямую связана с их уровнем саморегуляции и умением поддерживать оптимальное функциональное состояние, связанное с мобилизацией и распределением ресурсов организма и психики. В связи с этим повышение эффективности деятельности специалистов может быть обеспечено разработ-

кой новых эффективных технологий нейромодуляции, основанной на биоуправлении. Такие технологии, с одной стороны, являются средством увеличения профессиональной эффективности в условиях чрезмерных физических и психологических нагрузок, а, с другой стороны, – средством сверхбыстрой, экономичной и индивидуально-ориентированной тренировки и реабилитации.

Основной сложностью модуляции различных функциональных состояний является определение физических аналогов физиологических реакций, специфических для каждого из компонентов векторной модели: уровня возбуждения, фокуса первой сигнальной системы и фокуса второй сигнальной системы [10]. При этом уровень возбуждения нервной системы напрямую зависит от соотношения процессов возбуждения и торможения, осуществляющихся в нервной ткани, и потому рассматривается нами как интегральный показатель общей активации нервной системы, которая определяется по данным электроэнцефалограммы. Фокусы первой и второй сигнальных систем не удается соотнести с каким-либо измеряемым техническими методами физиологическим маркером. Это связано с подвижностью фокусов этих систем и их непрерывной динамикой.

Такие физиотерапевтические методы, как транскраниальная микрополяризация, транскраниальная магнитная стимуляция и электростимуляция, исследуются с точки зрения их применения в целях коррекции функциональных состояний [2]. Анализ безопасности и эффективности физиотерапевтических методов воздействия показал, что только некоторые методы электромагнитного воздействия могут применяться для коррекции функциональных состояний здоровых людей [3].

Показано, что максимум тока, проникающего внутрь черепа, соответствует расположению отделов, прилежащих к основанию черепа. Подача тока при височно-затылочном расположении каждой пары электродов в большей или меньшей степени охватывает весь го-

ловной мозг. Для токов низкой частоты среди образований ЦНС наибольшей электропроводностью обладает серое вещество мозга и цереброспинальная жидкость, т.е. более интенсивно их действие на подкорковые отделы головного мозга, прилежащие к основанию, где расположены главные питающие мозг артерии и пространства, заполненные ликвором. Ориентируясь на данные об относительном действии тока на различные образования в основании мозга, можно связать механизм электротранквилизации с преимущественным действием электрического тока на образования зрительного бугра, ретикулярной формации ствола головного мозга, гипоталамус, центральное серое вещество в окружности сильвиева водопровода [9]. При этом, в связи с развитием парабриоза в восходящей активирующей системе, приток афферентных импульсов в кору уменьшается, тонус падает. Вследствие деафферентации в коре создаются условия для развития процессов торможения. Анальгетическое действие электротранквилизации связано с возбуждением лимбических структур, которые, в свою очередь, блокируют восходящие активирующие влияния ретикулярной формации на кору головного мозга, что и ведет к окончательной деафферентации коры [7]. Центральное серое вещество окружности сильвиева водопровода – одно из образований, подвергающееся преимущественному действию тока, оказывает тормозное влияние на кору сенсомоторной области, блокируя на корковом уровне специфическую афферентацию. Возбуждением и постепенным развитием парабриотического торможения в области ретикулярной формации продолговатого мозга

и гипоталамуса объясняются сопровождающие электротранквилизацию вегетативные и эндокринные сдвиги [8].

Несмотря на то, что методы ритмической транскраниальной электростимуляции достаточно широко применяются в клинической практике для лечения различных невротических и астено-невротических состояний, в практике восстановительной медицины их применение после истощающих длительных физических нагрузок изучено явно недостаточно [4].

В связи с этим, **целью** настоящего исследования было выявление особенностей влияния ритмической транскраниальной электростимуляции на функциональное состояние здоровых добровольцев после истощающих физических нагрузок.

Материалы и методы

Исследование динамики функционального состояния выполнено на группе из 50-ти здоровых добровольцев-мужчин в возрасте 18-24 лет, регулярно занимающихся спортом и не имеющих медицинских ограничений к выполнению физических нагрузок.

Физическая нагрузка задавалась последовательным циклическим выполнением работы на комплексе спортивных тренажеров. Каждый участник исследования работал с персонально подобранным утяжелением. Тяжесть нагрузки задавалась изменением груза на тренажере в ходе предварительного обследования так, чтобы на пределе возможностей человек мог выполнить 12-15 типичных для данного тренажера движений. Последовательность прохождения тренажеров обеспечивала рав-

номерное распределение нагрузки на все основные группы мышц. Интервал времени между прохождением тренажеров составлял 5 мин. Режим водопотребления был свободным.

Оценка функционального состояния добровольцев проводилась в ходе фонового обследования перед первым циклом нагрузок, после завершения последующего цикла работы на тренажерах и через 1 ч восстановительного периода.

Для оценки реактивной тревожности применялась шкала Ч.Д. Спилбергера в модификации Ю.Л. Ханина. Для оценки показателей субъективного состояния обследуемых использовался тест оценки самочувствия, активности и настроения (САН). Наряду с этим, обследуемые должны были оценить степень утомления (состояние усталости) по десяти-балльной шкале [1].

Для характеристики кардиореспираторной системы определялись ЧСС, проба PWC_{170} с использованием велоэргометра, форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1 с ($ОФВ_1$) с помощью прибора КТД-8, пробы Штанге и Генча.

Исследование психофизиологических функций включало определение латентного периода простой сенсомоторной реакции (ПСМР), критической частоты слияния световых мельканий (КЧСМ), треморометрии, динамометрии. Для оценки статокINETической устойчивости проводилась шаговая проба, предложенная Фукудой (1959 г.), в модификации В.И. Копанева (1965 г.) [6].

По результатам фонового обследования участвующие в исследовании добровольцы были разделены на контрольную (36 чел.) и основную (14 чел., с применением в восстановительном пе-

риоде транскраниального электроцеребрального воздействия) группы. Неравноценность групп по численности была связана с техническими ограничениями по возможности одновременного выполнения транскраниального электроцеребрального воздействия большому числу добровольцев.

Транскраниальное электроцеребральное воздействие осуществлялось с помощью прибора ЭГСАФ-01 в режиме переменной скважности, частота следования импульсов: 900-1000 Гц, длительности импульса: 0,2 мс, сила тока: 0,6-1,5 мА при лобно-затылочном наложении парных электродов (экспозиция – 30 мин). В первые 15 мин воздействие прямоугольными импульсами сочеталось с дополнительной постоянной составляющей [5].

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью приложения «Пакет анализа» к процессору таблиц Microsoft Office Excel 2010,

достоверность различий между группами оценивалась методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA).

Результаты и их обсуждение

Оценка восстановления функционального состояния после шестичасовой интенсивной физической нагрузки, которая вызывала развитие острого утомления, выявила различную динамику психофизиологических показателей в контрольной и основной группах (табл.).

Под воздействием ритмической транскраниальной электростимуляции субъективная оценка самочувствия, активности, настроения возросли соответственно на 8,3; 17,9 и 12,7%, в то время как в контрольной группе они увеличились на 3,2; 16,3 и 5,2% соответственно. В это же время показатель утомления снижался на 28,8 и 22,8% в основной и контрольной группах соответственно. Полученные данные сви-

Таблица
Динамика показателей субъективного состояния и психофизиологических функций в процессе восстановления работоспособности после шестичасовой физической нагрузки

Показатель	Основная группа (n=14)		Контрольная группа (n=36)	
	после нагрузки	после восстановления	после нагрузки	после восстановления
Утомление, баллы	5,7±0,5	4,1±0,5	6,2±0,3	4,8±0,4
Самочувствие, баллы	6,7±0,4	7,4±0,4	6,9±0,2	7,2±0,3
Активность, баллы	6,0±0,4	7,1±0,4	5,7±0,4	6,6±0,3
Настроение, баллы	7,3±0,4	8,2±0,4	6,9±0,3	7,3±0,3
ФЖЕЛ, л	6,4±0,3	8,2±0,3*	6,4±0,2	8,0±0,3*
ОФВ ₁ , л/с	5,5±0,3	6,9±0,3*	5,8±0,2	6,9±0,3*
ЧСС, уд./мин	93,1±4,2	84,3±3,7	95,2±2,5	91,5±2,5
Проба Штанге, с	63,0±5,2	65,3±0,4	72,8±4,3	71,0±3,1
PWC ₁₇₀ , Вт	136±9	145±11	133±6	138±6
Шаговая проба, см	32,9±10,8	17,5±4,9	25,8±4,8	22,3±4,3

Примечание: * – p<0,01.

детельствуют о том, что однократный 30-минутный сеанс ритмической электростимуляции подкорковых структур мозга способствует более эффективно-му восстановлению самооценки состояния у людей с выраженным физическим утомлением.

В основной группе отмечалось более выраженное улучшение показателей внешнего дыхания. В частности, ФЖЕЛ и ОФВ здесь увеличились на 27,7 и 26,2% соответственно, тогда как в контрольной группе увеличение этих показателей после восстановления составило 24,7 и 19,1% соответственно. Время задержки дыхания при проведении пробы Штанге в основной группе увеличилось на 3,6%, в то время как в контрольной группе оно снизилось на 8%. Различная направленность в изменении времени задержки дыхания позволяет судить об эффективности ритмической транскраниальной электростимуляции для восстановления функциональных резервов кардиореспираторной системы.

У обследуемых основной группы ЧСС после восстановительной программы снизилась на 10%, а в контрольной группе – лишь на 4%, индекс PWC_{170} возрос в основной группе на 7%, а в контрольной – на 4%.

Восстановительные мероприятия обеспечили снижение линейного уклона при проведении шаговой пробы в основной и контрольной группах, но в первой – на 46,7%, а во второй – на 13,2%, что свидетельствует о лучшем восстановлении статокинетической устойчивости в основной группе.

В основной группе выявлена тенденция к снижению реактивной тревожности, о чем свидетельствует уменьшение показателя тревожности

на 5%, в то время как в контрольной группе этот показатель практически не изменялся.

По данным динамометрии, в периоде восстановления максимальное мышечное усилие представителей основной группы не ухудшалось, тогда как в контрольной группе – снижалось на 14%.

Важно отметить, что в состоянии острого физического утомления латентный период и устойчивость ПСМР, лабильность центрального звена зрительного анализатора сохранились на достаточно высоком уровне, чем, видимо, и объясняются незначительные сдвиги показателей этих функций.

Таким образом, в процессе восстановления всех обследуемых после острого физического утомления отмечалась положительная динамика психофизиологических показателей. Вместе с тем, использование ритмической транскраниальной электростимуляции у людей с острым физическим утомлением, по ряду показателей, характеризующих состояние дыхательной, сердечно-сосудистой, мышечной систем и субъективный статус, оказывало более выраженное положительное действие по сравнению с контрольной группой.

Сравнивая артериальное и пульсовое давления в основной и контрольной группах, значимых различий в их изменении не выявлено. Однако показатель среднего динамического давления в основной группе после восстановления не отличался от фонового, в то время как в контрольной группе – изменился на 6,3%, что свидетельствует о более быстром восстановлении нервно-гуморальной регуляции сердечно-сосудистой системы в основной группе.

Заключение

Применение методов ритмической транскраниальной электростимуляции мозга для восстановления функционального состояния у людей с выраженным физическим утомлением обеспечивает формирование положительной динамики показателей субъективного состояния, центральной нервной, сердечно-сосудистой и мышечной систем, а также физиологических резервов.

Список литературы

1. *Анастаси А.А.* Психологическое тестирование / пер. с англ. - М.: Педагогика, 1982. - Кн. 1. - 318 с.; кн. 2 - 295 с.
2. *Благинин А.А., Каптыгин М.В., Жильцова И.И.* Пограничные функциональные состояния организма операторов и методы их коррекции. - СПб.: ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2014. - 172 с.
3. *Бобров А.А., Мизгулина Е.В.* Применение центральной электроанальгезии в восстановительных мероприятиях спортивной медицины: методические рекомендации для врачей. - М., 1985. - 20 с.
4. *Каркищенко Н.Н., Каркищенко В.Н., Шустов Е.Б., Чайванов Д.Б.* Релаксационная транскраниальная стимуляция головного моз-

га спортсменов: роль серотониновых механизмов // Биомедицина. - 2015. - № 2. - С. 4-14.

5. *Каркищенко Н.Н., Каркищенко В.Н., Чайванов Д.Б., Чудина Ю.А., Шустов Е.Б., Емельянов А.А., Емельянова А.Е.* Транскраниальная низкочастотная ритмическая электростимуляция структур головного мозга спортсменов для купирования гиперактивации нервной системы, модулируемой приемов больших доз кофеина в тренировочный и постсоревновательный периоды // Спортивная медицина: наука и практика. - 2015. - № 3. - С. 12-18.
6. *Копанев В.И.* Об упрощенных методах определения функционального состояния вестибулярного анализатора // Вопросы медицинского исследования и изучения летного состава. - М., 1965. - Вып. 23. - С. 32-36.
7. *Пинчук Д.Ю.* Транскраниальные микрополяризации головного мозга: клиника, физиология. - СПб: «Человек», 2007. - 496 с.
8. *Пономаренко Г.Н.* Физические методы лечения. - СПб. - 2002. - 306 с.
9. *Чайванов Д.Б., Каркищенко Н.Н.* Математическая модель биофизических процессов при транскраниальной микрополяризации // Биомедицина. - 2011. - № 3. - С. 6-11.
10. *Чайванов Д.Б., Каркищенко Н.Н.* Трехмерная векторная модель функционального состояния в условиях транскраниальной электрической и магнитной стимуляции // Биомедицина. - 2013. - № 3. - С. 18-25.

The influence of rhythmic transcranial electro-stimulation of the brain structures in the processes of the functional healthy state regeneration of volunteers after exhausting physical loads

E.B. Shustov, I.A. Berzin, A.A. Blaginin

The influence of rhythmic transcranial electrical stimulation of brain structures on the dynamics of processes of the functional state regeneration of the nervous, cardiovascular and respiratory systems after 6-hour physical activity in healthy volunteers was studied. It is shown that the application of methods of rhythmic transcranial electro-stimulation of the brain to restore functional status in individuals with determinate physical fatigue ensures the formation of positive dynamics of the subjective state indicators, the Central nervous, cardiovascular and muscular systems, and physiological reserves.

Key words: functional status, regeneration, physical exercise, rhythmic transcranial electro-stimulation.