УДК 615.841

ВЛИЯНИЕ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА ПСИХО - И НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАРАТИСТОВ

С.В. Нопин, Л.Г. Рогулева, С.М. Абуталимова, А.Н. Потанин
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки

Ключевые слова: психофизиология спорта, ритмы ЭЭГ, транскраниальная электростимуляция, восстановление, спортсмены, карате.

Аннотация. Целью работы явилось выявление влияния транскраниальной электростимуляции на психо- и нейрофизиологические показатели каратистов.

В исследовании приняли участие 22 каратиста. Влияние курса из 8 процедур ТЭС оценивали по данным ЭЭГ и психофизиологическим показателям. Результаты показывает положительный эффект: под влиянием курса ТЭС у каратистов мужчин отмечается снижение средней и максимальной амплитуды быстрой и медленноволновой активности, что свидетельствует о восстановительном эффекте. Также отмечено улучшение психофизиологических показателей: уменьшение времени и повышение стабильности в тесте простой сенсомоторной реакции.

INFLUENCE OF TRANSCRANIAL ELECTRICAL STIMULATION ON PSYCHOLOGICAL AND NEUROPHYSIOLOGICAL INDICATORS OF KARATISTS

S.V. Nopin, L.G. Roguleva, S.M. Abutalimova, A.N. Potanin
Federal State Budgetary Institution «North-Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency», Yessentuki

Key words. sports psychophysiology, EEG rhythms, transcranial electrical stimulation, recovery, athletes, karate.

Annotation. The aim of the work was to identify the effect of transcranial electrical stimulation on the psycho- and neurophysiological parameters of karatekas.

The study involved 22 karate. The influence of the course of 8 TES procedures was evaluated according to EEG and psychophysiological indicators. The results show a positive effect: under the influence of the TES course, karate men have a decrease in the average and maximum amplitudes of fast and slow-wave activity, which indicates a restorative effect. An improvement in psychophysiological

indicators was also noted: a decrease in time and increased stability in the test of a simple sensorimotor reaction.

Введение. Одним из основных направлений спортивной медицины является проблема восстановления и оптимизации психофункционального состояния организма спортсмена при напряженной спортивной деятельности. Рост спортивных результатов в спорте высших достижений предъявляет повышенные требования к физической работоспособности и функциональным возможностям организма спортсменов, что вызывает необходимость поиска новых и эффективных медико-биологических средств и методов.

Интерес для врачей, тренеров и спортсменов представляют методы, которые позволяют достаточно быстро нивелировать последствия психоэмоционального и физического стресса, сопровождающего спортивную деятельность, восстанавливать психофункциональное состояние организма, и в первую очередь регуляторные системы (нервная, гуморально-гормональная системы). К таким методам относится транскраниальная электростимуляция (ТЭС) [1-4].

Целью работы явилось выявление влияния транскраниальной электростимуляции на психо- и нейрофизиологические показатели каратистов.

Методы и организация. В исследовании приняли участие 22 каратиста мужского и женского пола. Исследования проводились в Центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России в г. Кисловодске, на горе Малое седло на высоте 1240 м. в условиях учебно-тренировочных сборов (УТС) спортсменов в ФГБУ «Юг спорт».

Каратисты были разделены на основную и контрольную группы. Мужчины: основная группа - 5 спортсменов (квалификация 1 КМС, 1 МС, 3 МСМК) возраст испытуемых 23,6±2,7 лет; контрольная группа - 5 спортсменов (квалификация 5 МС), возраст 22,2±2,4 лет. Женщины: основная группа - 7 спортсменок (квалификация 1 КМС, 3 МС, 3 МСМК), возраст испытуемых 22,3±3,9 лет; контрольная группа - 5 спортсменок (квалификация 1 КМС, 2 МС, 2 МСМК), возраст 23,8±5,4 лет.

Для проведения процедур ТЭС применялись электростимуляторы транскраниальные импульсные «Трансаир-05» (рег. удостоверение № ФСР 2010/07062, ООО «Центр ТЭС», г. Санкт-Петербург, Россия).

ТЭС проводился импульсным биполярным током, частота 77,5 Гц, по лобнозатылочной методике, с постепенным увеличением силы тока до появления отчетливой безболезненной вибрации под электродом. Первый электрод крепится над бровями на лбу, второй (состоящий из двух частей) –

на не занятой волосами коже за ушами (на сосцевидных отростках черепа). Такая фиксация электродов позволяет протекать току как в мозге, так и во внешних тканях головы.

В основной группе (ОГ) спортсменам проводили курс из 8 сеансов ТЭС – 1-й сеанс длительностью 20 минут, последующие - 30 минут. Величина тока выставлялась согласно субъективным ощущениям от 1,5 до 5 мА. В контрольной группе (КГ) ТЭС не проводилась.

Влияние курса процедур ТЭС оценивали по данным ЭЭГ и психофизиологическим показателям. У каратистов исследования проводили до (первый тест) и после (второй тест) курса процедур ТЭС в ОГ и в начале (первый тест) и в конце (второй тест) УТС в КГ. У триатлонистов все исследования проводили до и после курса процедур ТЭС.

ЭЭГ регистрировали в состоянии покоя с помощью аппаратно-программного комплекса (АПК) «ЭЭГ Нейрон спектр», (Нейрософт, Россия) (монополярно с 16 стандартных точек отведения в соответствии с международной системой «10-20»), в качестве референтного использовался объединенный ушной электрод. Оценивались нижеперечисленные типы электрической активности мозга на электроэнцефалограмме (ритмы): дельта (0,5-4 Гц), θ (4-8 Гц), α (8-13 Гц), β (13-33 Гц). Кроме оценки функционального состояния головного мозга, данные ЭЭГ использовались как критерий отбора: в исследовании приняли участие спортсмены, у которых отсутствовали ЭЭГ-признаки пароксизмальной активности нейронов: спайки, острые волны, комплексы быстрая волна – медленная волна.

Для исследования влияния курса процедур ТЭС на психофизиологические показатели спортсменов проводилось психофизиологическое тестирование с помощью АПК Vienna Test System (Schuhfried company, Австрия), по методикам RT – тест на реакцию и ZBA – антиципация времени и движения. В тесте на реакцию, использовали вариант сложной сенсомоторной реакции, где респонденту представляется последовательность желтого и красного света, звук и сочетание этих раздражителей. Критические комбинации, на которые должен реагировать респондент, состоят из двух визуальных раздражителей (желтый и красный свет) или визуального и звукового раздражителя (желтый свет и звук на частоте 2000 Гц).

Исследование проходило по формам S1 и S4. Форма S1 включает в себя лишь один критический раздражитель, на который респондент должен среагировать. Эта форма не оценивает неверные реакции. Напротив, форма S4

содержит сочетания критических раздражителей, на которые респондент должен среагировать и оцениваются неверные реакции.

Рассчитываются следующие переменные: среднее время реакции и среднее время моторной реакции, дисперсия времени реакции и дисперсия времени моторной реакции.

Среднее время реакции (мс). Когда используется кнопка покоя, время реакции - это время между появлением релевантного раздражителя и моментом, когда палец убирается с кнопки.

Среднее время моторной реакции (мс) - это время, которое проходит между моментом, когда палец убирается с кнопки покоя и временем нажатия на кнопку реакции в ответ на релевантный раздражитель. Средние значения времени, указанные выше, рассчитываются только из реакций, которые являются одновременно правильными и полными.

Показатель дисперсии времени реакции - стандартное отклонение времени реакции после преобразования Бокса-Кокса.

Показатель дисперсии времени моторной реакции - стандартное отклонение времени моторной реакции после преобразования Бокса-Кокса.

Тест антиципации времени и движения заключается в следующем. На экране появляется медленно движущийся зелёный шарик. В непредсказуемый момент он исчезает, и на экране появляются две красные линии. Первая находится на том месте, где исчез шарик. Вторая линия обозначает место, к которому двигался шарик. Для измерения чувства времени следует предсказать момент, в который шарик должен возникнуть на этой линии. Для этого тестируемый должен нажать клавишу в тот момент, когда, по его мнению, шарик должен достичь второй линии. Для измерения способности прогнозировать движения на следующем этапе нужно указать, в каком месте шарик пересёк вторую линию. Для этого тестируемый должен двумя клавишами разместить стрелку в соответствующем месте. Результаты сообщаются тестируемому только на этапе инструктажа, на этапе теста обратная связь отсутствует.

Для тестирования использовалась краткая форма (S2) с 12 заданиями, определялись: медиана времени отклонения, медиана отклонения направления.

Медиана времени отклонения. Медиана отклонений (= разностей) в каждом задании между предсказанным моментом времени, в который шарик должен пересечь вторую линию, и моментом, когда он действительно её пересёк.

Медиана отклонения направления. Медиана отклонений (= разностей) в каждом задании между предсказанной точкой, в которой шарик должен пересечь вторую линию, и точкой, в которой он действительно её пересёк.

Результаты исследования и их обсуждение.

По результатам ЭЭГ можно достоверно установить степень утомления, перетренированности спортсмена. В начальной стадии утомления увеличивается десинхронизация ритма. Затем альфа ритм становится непостоянным, амплитуда падает. При дальнейшем утомлении появляются тета волны (5-6 колебаний в секунду) и усиливается межполушарная асимметрия, а при глубочайшей степени утомления медленные волны полностью замещают альфа ритм [5].

Частым вариантом изменения паттерна фоновой ЭЭГ у спортсменов высокой квалификации является ослабление α-активности и замещение ее низкочастотной бета активностью, а в ряде случаев, тета и даже дельта активностью. Недостаточная выраженность альфа активности или ее модуляции отмечается у 86 % обследованных спортсменов высокой квалификации [6].

Проведенное нами исследование ритмов мозга у спортсменов каратистов до (первый тест) и после курса из 8 процедур ТЭС (второй тест) в ОГ и в начале (первый тест) и конце УТС (второй тест) в КГ выявило следующее.

Анализ средней амплитуды альфа ритма у спортсменов каратистов мужчин показал, что после курса ТЭС в основной группе спортсменов достоверно изменилась только амплитуда альфа ритма в центральном затылочном отведении (таблица 1). В контрольной группе достоверных изменений амплитуды альфа ритма не установлено. Достоверных изменений максимальной амплитуды альфа ритма у каратистов мужчин основной группы не выявлено.

Показатели средней амплитуды бета высокочастотного ритма ЭЭГ каратистов мужчин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС представлены в таблице 2. После курса ТЭС имелась тенденция к снижению средней амплитуды бета высокочастотного ритма во всех отведениях, достоверное снижение было в левом затылочном отведении. У спортсменов каратистов мужчин контрольной группы достоверных изменений средней амплитуды бета высокочастотного ритма не выявлено.

Достоверных изменений максимальной амплитуды бета высокочастотного ритма ЭЭГ у каратистов мужчин основной группы не выявлено, однако, в контрольной группе, не имевшей процедур ТЭС к концу

учебно-тренировочных сборов показатели максимальной амплитуды бета высокочастотного ритма повышались, достоверно в левом теменном отведении.

Таблица 1

Показатели средней амплитуды альфа ритма ЭЭГ каратистов мужчин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС

Отведения ЭЭГ	ОГ			КГ		
	1 тест	2 тест	P<	1 тест	2 тест	P<
FP1-A1	11,0±3,5	6,8±0,5	-	7,8±1,2	8,7±1,0	-
FPZ-A1	11,2±3,8	7,0±0,7	-	8,3±1,2	8,2±0,6	-
FP2-A2	13,0±6,0	6,8±0,8	-	7,7±1,2	7,8±1,0	-
F4-A2	16,8±6,7	6,5±0,5	-	8,2±1,1	8,2±0,6	-
FZ-A2	17,2±6,5	7,3±0,6	-	8,5±1,1	9,0±1,1	-
F3-A1	10,4±3,2	7,0±0,4	-	8,3±1,2	8,3±0,7	-
C3-A1	11,2±3,5	7,5±0,6	-	8,5±1,2	9,2±1,1	-
CZ-A1	7,8±0,6	8,3±1,3	-	8,5±1,3	10,2±1,4	-
C4-A2	13,6±5,9	6,8±0,9	-	9,0±1,0	9,7±1,5	-
P4-A2	17,6±6,1	6,3±0,5	-	9,5±1,2	10,7±1,6	-
PZ-A2	16,6±6,0	7,0±0,6	-	9,3±1,4	12,5±2,5	-
P3-A1	11,2±3,3	6,3±0,5	-	9,2±1,4	11,0±1,7	-
O1-A1	11,8±4,1	5,3±0,5	-	8,5±1,4	9,5±1,1	-
OZ-A1	13,6±3,0	5,5±0,3	0,05	8,8±1,2	9,7±1,1	-
O2-A2	17,2±6,2	6,3±0,3	-	8,8±1,2	10,7±1,6	-

Примечание: в этой и последующих таблицах (табл. 2-8) FP1-A1 - левое переднее лобное отведение ЭЭГ, FPZ-A1 - передне-лобно-центральное отведение ЭЭГ, FP2-A2 - правое переднее лобное отведение ЭЭГ, F4-A2 - правое переднее лобное отведение ЭЭГ, FZ-A2 -лобно-центральное отведение ЭЭГ, F3-A1 - левое лобное отведение ЭЭГ, C3-A1 - левое центральное отведение ЭЭГ, CZ-A1 - центральное отведение ЭЭГ, C4-A2 - правое центральное отведение ЭЭГ, P4-A2 - правое теменное отведение ЭЭГ, PZ-A2 - центральное теменное отведение ЭЭГ, P3-A1 - левое теменное отведение ЭЭГ, O1-A1 - левое затылочное отведение ЭЭГ, OZ-A1 - центральное затылочное отведение ЭЭГ, O2-A2 - правое затылочное отведение ЭЭГ.

Показатели средней амплитуды бета низкочастотного ритма ЭЭГ у каратистов мужчин основной группы до ТЭС в некоторых отведениях превышали нормативные значения. После курса ТЭС отмечалась тенденция к их снижению во всех отведениях, достоверные изменения отмечены в центральном затылочном отведении (таблица 3).

Показатели максимальной амплитуды бета низкочастотного ритма после курса ТЭС у каратистов мужчин основной группы также имели тенденцию к снижению, без достоверных различий. У спортсменов мужчин

контрольной группы к концу учебно-тренировочных сборов максимальные амплитуды достоверно повышались в правом переднем лобном отведении, лобно-центральном отведении, левом центральном отведении (таблица 4).

Таблица 2

Показатели средней амплитуды бета высокочастотного ритма ЭЭГ каратистов мужчин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС

Отведения ЭЭГ	ОГ		P<	КГ		P<
	1 тест	2 тест		1 тест	2 тест	
FP1-A1	6,0±1,5	5,3±0,6	-	5,0±0,9	5,8±0,8	-
FPZ-A1	6,4±1,4	5,3±0,6	-	5,2±0,8	5,2±0,6	-
FP2-A2	6,8±2,4	5,0±0,8	-	4,8±0,6	5,2±0,5	-
F4-A2	8,4±2,4	5,5±0,9	-	5,0±0,5	4,8±0,5	-
FZ-A2	8,8±2,4	6,0±1,4	-	5,0±0,5	4,8±0,7	-
F3-A1	6,2±1,5	5,8±0,8	-	5,3±0,8	5,3±0,7	-
C3-A1	7,2±1,7	5,8±0,5	-	5,2±0,8	5,2±0,7	-
CZ-A1	5,2±0,4	6,0±0,7	-	5,0±0,9	5,2±0,7	-
C4-A2	7,2±2,2	5,5±0,9	-	5,0±0,5	5,2±0,6	-
P4-A2	8,6±2,5	4,3±0,5	-	4,8±0,6	5,0±0,6	-
PZ-A2	8,6±2,5	4,5±0,3	-	4,8±0,6	4,8±0,6	-
P3-A1	6,2±1,5	4,3±0,3	-	5,2±1,0	5,0±0,7	-
O1-A1	6,6±1,2	4,0±0,0	0,05	5,5±1,2	5,3±1,0	-
OZ-A1	7,2±1,6	4,0±0,4	-	5,0±0,9	5,3±0,9	-
O2-A2	9,0±2,5	4,3±0,6	-	5,2±0,7	5,8±1,4	-

Таблица 3

Показатели средней амплитуды бета низкочастотного ритма ЭЭГ каратистов мужчин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС

Отведения ЭЭГ	ОГ		P<	КГ		P<
	1 тест	2 тест		1 тест	2 тест	
FP1-A1	7,8±2,8	4,8±0,3	-	5,5±0,8	5,0±0,4	-
FPZ-A1	7,8±2,8	4,8±0,3	-	5,2±0,5	5,3±0,8	-
FP2-A2	9,6±5,1	4,8±0,3	-	5,2±0,9	4,7±0,4	-
F4-A2	12,6±5,2	4,5±0,3	-	5,5±0,8	5,5±0,8	-
FZ-A2	12,8±5,1	4,8±0,3	-	5,7±0,8	5,5±0,6	-
F3-A1	7,2±2,5	5,5±0,5	-	5,7±0,8	5,5±0,8	-
C3-A1	5,8±1,1	4,8±0,3	-	5,7±0,9	5,3±0,8	-
CZ-A1	5,0±0,3	5,8±0,8	-	5,7±0,9	5,5±0,6	-
C4-A2	10,2±5,0	4,5±0,3	-	5,7±0,8	5,5±0,8	-
P4-A2	11,2±4,6	4,3±0,3	-	5,7±0,7	5,8±0,8	-
PZ-A2	11,2±4,6	4,8±0,3	-	5,7±0,7	6,0±0,7	-
P3-A1	7,6±2,9	4,5±0,3	-	4,8±0,4	5,2±0,7	-
O1-A1	8,2±3,0	3,8±0,3	-	5,8±1,1	5,3±0,9	-
OZ-A1	8,2±0,9	4,3±0,3	0,05	5,7±1,1	5,7±0,8	-
O2-A2	13,6±5,2	4,5±0,3	-	6,2±0,8	6,3±0,9	-

Таблица 4

Показатели максимальной амплитуды бета низкочастотного ритма ЭЭГ каратистов мужчин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС

Отведения ЭЭГ	ОГ			КГ		
	1 тест	2 тест	P<	1 тест	2 тест	P<
FP1-A1	27,5±6,6	24,3±6,6	-	28,8±9,8	26,0±4,3	-
FPZ-A1	23,3±5,4	23,3±7,4	-	20,0±2,0	27,0±3,8	-
FP2-A2	59,0±29,8	21,3±1,3	-	18,8±1,2	28,0±4,1	0,05
F4-A2	53,5±28,6	21,5±4,5	-	18,8±1,4	34,0±2,8	0,05
FZ-A2	55,0±28,4	24,3±9,0	-	19,2±1,4	30,0±2,3	0,05
F3-A1	21,8±2,4	26,3±8,0	-	20,2±2,5	25,0±2,1	-
C3-A1	21,5±1,7	23,5±7,7	-	19,2±1,9	23,0±2,5	-
CZ-A1	23,8±2,3	32,3±12,7	-	18,8±2,0	23,0±2,3	-
C4-A2	54,5±28,2	21,8±3,4	-	20,0±1,9	30,0±3,2	0,05
P4-A2	56,5±27,8	17,5±1,9	-	23,4±2,9	30,0±2,7	-
PZ-A2	61,0±26,1	19,5±1,7	-	22,6±2,0	27,0±3,2	-
P3-A1	24,3±4,3	23,8±7,5	-	19,8±2,4	25,0±3,5	-
O1-A1	27,8±5,1	22,8±11,9	-	21,82,4±	19,0±2,7	-
OZ-A1	37,3±5,7	23,8±9,6	-	25,2±4,2	23,0±3,3	-
O2-A2	55,0±28,3	18,5±2,4	-	26,0±4,1	24,0±7,5	-

Таблица 5

Показатели средней амплитуды дельта ритма ЭЭГ каратистов мужчин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС

Отведения ЭЭГ	ОГ			КГ		
	1 тест	2 тест	P<	1 тест	2 тест	P<
FP1-A1	16,0±3,0	9,5±1,8	-	9,5±1,4	10,3±3,1	-
FPZ-A1	15,2±3,1	7,5±0,9	0,05	10,2±1,8	11,7±3,3	-
FP2-A2	16,0±5,5	9,0±0,8	-	9,3±1,4	10,5±2,1	-
F4-A2	18,4±5,8	7,0±0,6	0,05	7,8±1,2	9,2±2,7	-
FZ-A2	20,0±5,5	7,3±0,6	0,05	8,7±0,9	12,2±5,1	-
F3-A1	13,6±2,4	6,3±0,9	0,02	7,8±0,7	11,2±3,7	-
C3-A1	16,4±4,9	7,3±2,0	-	6,8±0,9	11,2±3,9	-
CZ-A1	11,4±2,4	6,5±0,6	0,05	7,2±1,0	12,3±5,1	-
C4-A2	16,2±6,5	6,0±0,4	-	8,0±1,3	9,8±3,2	-
P4-A2	23,0±6,5	5,8±0,3	0,05	7,3±1,8	8,7±3,0	-
PZ-A2	22,6±7,2	6,3±0,5	0,05	8,2±1,7	9,5±3,7	-
P3-A1	13,6±3,0	5,3±0,5	0,02	7,8±1,8	11,0±4,6	-
O1-A1	14,0±3,2	6,3±1,1	0,05	6,3±1,2	9,5±3,9	-
OZ-A1	18,2±5,7	6,0±0,6	0,05	6,8±1,1	9,3±3,2	-
O2-A2	19,6±6,3	6,0±0,8	0,05	6,7±0,9	9,7±4,1	-

Показатели средней амплитуды дельта ритма ЭЭГ каратистов мужчин были в пределах нормы, под влиянием курса из 8 процедур ТЭС они снижались в пределах нормы, достоверно снижались в передне-лобно-центральном отведении, правом передне лобном отведении, лобно-центральном отведении, левом лобном отведении, центральном отведении, правом теменном отведении, центральном теменном отведении, левом теменном отведении, левом затылочном отведении, центральном затылочном отведении, правом затылочном отведении (таблица 5).

Показатели максимальной амплитуды дельта ритма у каратистов мужчин превышали нормативные значения. После кура ТЭС имелась тенденция к их снижению, достоверно они снижались в центральном затылочном отведении. В контрольной группе достоверных изменений не выявлено (таблица 6).

Таблица 6

Показатели максимальной амплитуды дельта ритма ЭЭГ каратистов мужчин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС

Отведения ЭЭГ	ОГ		P<	КГ		P<
	1 тест	2 тест		1 тест	2 тест	
FP1-A1	93,0±22,0	65,8±12,5	-	145,6±74,2	56,0±20,0	-
FPZ-A1	93,5±18,7	58,3±26,5	-	109,2±34,3	56,0±21,7	-
FP2-A2	142,5±62,6	67,0±26,0	-	101,2±40,3	53,0±19,2	-
F4-A2	120,3±63,6	43,5±12,8	-	64,4±13,5	50,0±7,8	-
FZ-A2	129,5±64,8	44,8±9,5	-	73,4±12,4	46,0±8,8	-
F3-A1	71,8±18,2	45,8±8,2	-	65,2±13,3	41,0±13,1	-
C3-A1	67,0±15,0	37,5±11,7	-	52,8±8,6	38,0±13,9	-
CZ-A1	82,8±19,5	40,0±8,8	-	57,2±7,9	50,0±13,1	-
C4-A2	133,8±76,7	35,3±6,4	-	50,2±5,5	45,0±6,0	-
P4-A2	122,3±65,1	40,5±11,1	-	40,8±4,7	28,0±5,3	-
PZ-A2	121,0±67,1	35,5±4,4	-	47,0±6,4	31,0±6,5	-
P3-A1	61,5±15,0	30,5±5,1	-	43,2±7,5	36,0±17,5	-
O1-A1	84,3±27,1	51,5±24,0	-	44,2±9,6	26,0±14,7	-
OZ-A1	91,8±18,4	40,5±14,1	0,05	48,8±11,0	38,0±14,2	-
O2-A2	125,3±68,3	44,3±15,9	-	39,2±4,2	30,0±4,3	-

Показатели средней амплитуды тета ритма ЭЭГ каратистов мужчин были в пределах нормы, под влиянием курса из 8 процедур ТЭС они снижались, достоверно они снижались в центральном отведении, правом теменном отведении, левом теменном отведении (таблица 7). В контрольной группе каратистов мужчин достоверных изменений не выявлено.

Таблица 7

Показатели средней амплитуды тета ритма ЭЭГ каратистов мужчин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС

Отведения ЭЭГ	ОГ			КГ		
	1 тест	2 тест	P<	1 тест	2 тест	P<
FP1-A1	13,6±2,9	8,3±0,8	-	8,7±1,1	10,7±2,3	-
FPZ-A1	13,6±3,0	8,3±0,8	-	10,3±2,0	11,2±2,3	-
FP2-A2	17,2±8,2	8,3±0,5	-	8,3±1,2	9,8±1,9	-
F4-A2	20,0±7,8	7,5±0,3	-	10,2±1,3	9,5±2,1	-
FZ-A2	21,0±8,1	8,0±0,4	-	9,2±1,4	9,8±2,2	-
F3-A1	12,6±3,0	10,3±2,3	-	9,5±1,1	10,8±2,5	-
C3-A1	15,0±5,8	6,8±0,6	-	8,3±1,1	9,8±2,5	-
CZ-A1	10,0±0,9	7,5±0,3	0,05	9,2±1,1	10,2±2,5	-
C4-A2	16,0±7,5	6,3±0,3	-	8,7±1,1	8,8±2,2	-
P4-A2	23,2±8,8	5,5±0,3	0,05	6,8±0,9	7,8±2,3	-
PZ-A2	22,4±8,9	6,0±0,4	-	7,2±1,1	8,7±2,8	-
P3-A1	11,8±2,5	5,0±0,0	0,02	8,0±1,9	9,3±2,7	-
O1-A1	11,2±2,9	5,8±0,3	-	6,2±1,0	8,5±2,7	-
OZ-A1	16,0±5,9	6,0±0,4	-	7,8±1,5	8,8±2,6	-
O2-A2	18,8±7,6	5,8±0,3	-	7,5±1,2	7,7±2,6	-

Показатели максимальной амплитуды тета ритма ЭЭГ каратистов мужчин были достаточно высокими, под влиянием курса из 8 процедур ТЭС они снижались, достоверное снижение было в центральном затылочном отведении.

У спортсменов каратистов женщин также, как и у мужчин отмечались низкие значения средней амплитуды альфа ритма, после курса ТЭС достоверных изменений средней амплитуды альфа ритма не установлено. Показатели максимальной амплитуды альфа ритма у женщин каратисток после курса ТЭС не изменились.

Курс ТЭС у женщин каратисток достоверно не повлиял на показатели средней и максимальной амплитуды бета высокочастотного и бета низкочастотного ритмов ЭЭГ. Однако, имелась тенденция к их снижению во всех отведениях.

Показатели средней амплитуды дельта ритма ЭЭГ каратисток женщин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС снижались, достоверное снижение зафиксировано в лобно-центральном отведении и центральном теменном отведении (таблица 8). В контрольной группе достоверных изменений не отмечалось.

Показатели максимальной амплитуды дельта ритма и средней и максимальной амплитуды тета ритма ЭЭГ каратисток женщин под влиянием курса ТЭС достоверно не изменились, но имелась тенденция к их снижению.

Таким образом, курс из 8 сеансов ТЭС у высококвалифицированных спортсменов каратистов значительно не повлиял на амплитуду альфа ритма. Под влиянием курса ТЭС отмечается снижение средней и максимальной амплитуды быстрой (бета высокочастотной и бета низкочастотной) и медленноволновой (дельта и тета ритмы) активности. Данные изменения были более выражены у спортсменов мужского пола. Это может быть связано с более низким порогом болевой чувствительности и в связи с этим с большими величинами силы тока применяемыми при сеансах ТЭС. Мужчины как правило использовали силу тока близкую к 5 мА.

Таблица 8

Показатели средней амплитуды дельта ритма ЭЭГ каратистов женщин под влиянием курса из 7 процедур ТЭС

Отведения ЭЭГ	ОГ			КГ		
	1 тест	2 тест	P<	1 тест	2 тест	P<
FP1-A1	17,3±6,9	7,0±0,4	-	8,2±0,7	11,4±4,1	-
FPZ-A1	17,0±6,1	8,4±1,1	-	6,8±0,9	8,8±4,7	-
FP2-A2	19,3±8,4	7,0±0,9	-	7,0±0,6	8,8±3,7	-
F4-A2	12,1±4,4	6,9±0,8	-	6,6±0,7	8,6±3,0	-
FZ-A2	14,0±3,3	6,3±0,5	0,05	6,2±0,8	7,4±1,1	-
F3-A1	11,0±3,7	6,3±0,4	-	5,8±0,7	7,8±2,3	-
C3-A1	10,6±3,5	5,3±0,3	-	6,2±1,0	7,0±1,6	-
CZ-A1	12,0±4,4	8,9±2,9	-	5,8±0,5	6,4±1,7	-
C4-A2	10,7±2,8	5,3±0,3	-	5,8±0,4	7,0±1,6	-
P4-A2	10,7±2,3	5,9±0,6	-	6,6±0,7	7,6±3,3	-
PZ-A2	11,6±2,5	6,0±0,5	0,05	6,6±0,4	8,2±2,9	-
P3-A1	11,0±3,2	6,0±0,9	-	5,6±0,4	7,4±3,4	-
O1-A1	11,0±3,1	6,1±0,7	-	5,4±0,6	7,0±2,5	-
OZ-A1	16,3±6,0	5,3±0,5	-	5,2±0,6	8,4±3,9	-
O2-A2	11,4±3,5	4,9±0,7	-	8,8±2,6	6,6±1,7	-

Спортсмены проходили курс ТЭС в период учебно-тренировочных сборов. Снижение амплитуд бета, дельта и тета ритмов у спортсменов основной группы и отсутствие такового и даже частичное некоторое их повышение у спортсменов контрольной группы свидетельствует о восстановительном эффекте ТЭС. Так у спортсменов, проходивших ТЭС (основная группа) к концу сборов отсутствовали признаки утомления, а у спортсменов контрольной группы они имелись.

Исследование психофизиологических показателей каратистов мужчин под влиянием курса из восьми процедур ТЭС показало тенденцию к улучшению показателей времени реакции, достоверно улучшились показатели степени рассеивания моторного времени в тесте с одним критическим раздражителем (форма S1) и показатели моторного времени и степени рассеивания моторного времени в тесте с сочетанием критических раздражителей (форма S4) (таблица 9). У каратистов мужчин контрольной группы достоверных изменений времени реакции не выявлено.

Таблица 9

Психофизиологические показатели каратистов мужчин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС

Показатели	ОГ		P<	КГ		P<
	1 тест	2 тест		1 тест	2 тест	
Реакционный тест (RT) Форма тестирования S1						
Время реакции, мс	225,4± 9,4	215,4± 10,6	-	226,9± 11,3	224,0± 9,2	-
Моторное время, мс	90,6±6,7	77,2±5,6	-	96,4±9,0	86,7±13,1	-
Степень рассеивания время реакции	24,4±2,2	18,6±3,2	-	26,7±2,6	25,7±3,2	-
Степень рассеивания моторное время	19,4±3,9	9,2±1,1	0,05	18,4±3,8	12,2±2,8	-
Реакционный тест (RT) Форма тестирования S4						
Время реакции, мс	329,0± 19,8	306,0± 6,8	-	337,4± 20,8	300,3± 12,8	-
Моторное время, мс	97,2± 5,9	73,4± 7,4	0,05	101,7± 12,8	87,7± 9,2	-
Степень рассеивания время реакции	58,4± 7,1	49,6± 4,9	-	49,7±4,5	49,3± 6,8	-
Степень рассеивания моторное время	16,2±3,8	7,2±0,5	0,05	13,1±1,6	10,4±1,4	-
Антиципация времени и движения (ZBA) Форма тестирования S2						
Медиана отклонения направления, пиксель	1,4±0,4	1,2±0,4	-	1,3±0,2	1,1±0,2	-
Медиана времени отклонения, с	50,8±21,7	48,6±22,3	-	55,7±5,9	65,4±7,2	-

Примечание: Р - уровень значимости отличий по критерию Вилкоксона.

У каратисток женщин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС также отмечалось достоверное улучшение психофизиологических показателей: снижалась степень рассеивания моторного времени в тесте с одним критическим раздражителем (форма S1) и показатель времени реакции в тесте с сочетанием критических раздражителей (форма S4) (таблица 10). В контрольной группе каратисток женщин достоверных изменений не выявлено. Также не выявлено достоверных изменений показателей в тесте на антиципацию времени и движения, как у мужчин, так и у женщин.

Таблица 10

Психофизиологические показатели каратисток женщин под влиянием курса из 8 процедур ТЭС

Показатели	ОГ		P<	КГ		P<
	1 тест	2 тест		1 тест	2 тест	
Реакционный тест (RT) Форма тестирования S1						
Время реакции, мс	223,6± 7,9	214,3± 6,9	-	234,4± 12,4	231,9± 8,0	-
Моторное время, мс	98,7± 9,7	90,8± 4,3	-	108,0± 10,0	101,5± 7,4	-
Степень рассеивания время реакции	21,4±2,2	22,8±2,4	-	24,3±2,4	25,7±2,5	-
Степень рассеивания моторное время	18,4±1,7	14,0±1,5	0,05	16,5±2,3	15,9±2,5	-
Реакционный тест (RT) Форма тестирования S4						
Время реакции, мс	352,4± 14,2	303,8± 16,5	0,05	339,6± 20,0	334,5± 16,9	-
Моторное время, мс	100,0± 6,9	104,5± 6,5	-	120,0± 10,9	105,3± 7,4	-
Степень рассеивания время реакции	63,9±4,8	63,3±9,3	-	50,6±4,6	56,4±6,8	-
Степень рассеивания моторное время	18,7±1,6	16,8±2,9	-	14,0±2,3	14,8±2,2	-
Антиципация времени и движения (ZBA) Форма тестирования S2						
Медиана отклонения направления, пиксель	1,7±0,6	1,7±0,8	-	1,6±0,2	1,4±0,2	-
Медиана времени отклонения, с	66,6±8,7	72,8±11,3	-	77,0±8,7	69,6±6,3	-

Примечание: Р - уровень значимости отличий по критерию Вилкоксона.

Следовательно, курс процедур ТЭС способствовал улучшению психофизиологических показателей: уменьшению времени и стабильности выполнения простой сенсомоторной реакции.

Заключение. Проведенное исследование влияния курса восьми процедур ТЭС, проводимых на протяжении УТС и интенсивных тренировочных нагрузок у высококвалифицированных каратистов мужского и женского пола, показывает положительное влияние данного средства стимулирующего воздействия, что обосновывается достоверным изменением физиологических и психофизиологических показателей. Однако, данные изменения по-разному выражены у представителей разного пола. Под влиянием курса ТЭС у каратистов мужчин отмечается снижение средней и максимальной амплитуды быстрой и медленноволновой активности, что свидетельствует о восстановительном эффекте ТЭС: у спортсменов, проходивших ТЭС (основная группа), к концу сборов отсутствовали признаки утомления, а у спортсменов контрольной группы они имелись.

Курс процедур ТЭС способствовал улучшению психофизиологических показателей: уменьшению времени и стабильности выполнения простой сенсомоторной реакции.

Список литературы

1. Лебедев В.П. Транскраниальная электростимуляция: новый подход / В.П. Лебедев // Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – СПб, 2005.- Т. 1.- С. 22-38.

2. Корягина Ю.В. Технологии восстановления спортсменов с помощью метода транскраниальной электростимуляции / Ю.В. Корягина, Л.Г. Рогулева, Г.Н. Тер-Акопов // СПОРТМЕД-2018 Сборник материалов тезисов XIII Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений, Пятой научно-практической конференции, XII Международной научной конференции молодых ученых. 2018. С. 63-65.

3. Рогулева Л.Г. Влияние применения транскраниальной электростмуляции на психофизиологическое состояние и работоспособность спортсменов / Л.Г. Рогулева, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов, С.В. Нопин // Современные вопросы биомедицины. 2018. Т. 2. № 2 (3). – URL: http://svbskfmba.ru/arkhiv-nomerov/13-2018-2/51-tes1

4. Корягина Ю.В. Применение транскраниальной электростимуляции, эндомассажа и магнитного поля для срочного восстановления и посттравматической реабилитации спортсменов / Корягина Ю.В., Тер-Акопов Г.Н., Нопин С.В., Рогулева Л.Г., Костюк Е.В. // Теория и практика физической культуры. 2019. № 1. С. 20-22.

5. Сазонова Е.А. Особенности биоэлектрической активности головного мозга спортсменов некоторых видов спорта / Е.А. Сазонова // Актуальные проблемы подготовки и сохранения здоровья спортсменов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 40-летию кафедры спортивной медицины и физической реабилитации (г. Челябинск, 20 декабря 2013г.) / Под ред. Е.В. Быкова. – Челябинск: УралГУФК, 2013.- С. 454-456.
6. Еремеева О.В. Частота типов электроэнцефалограммы у спортсменов высокой квалификации в возрасте 18–25 лет / О. В. Еремеева, С. И. Еремеев // Научный медицинский вестник Югры. - № 1–2 (5–6). 2014 – С. 48-50.

References

1. Lebedev V.P. Transcranial electrical stimulation: a new approach / V.P. Lebedev // Transcranial electrical stimulation. Experimental and clinical research: a collection of articles. - St. Petersburg, 2005.- T. 1.- P. 22-38.
2. Koryagina Yu.V. Technology recovery athletes using the method of transcranial electrical stimulation / Yu.V. Koryagina, L.G. Roguleva, G.N. Ter-Akopov // SPORTMED-2018 Abstracts of the XIII International Scientific Conference on the Status and Prospects for the Development of Medicine in the Sport of Higher Achievements, Fifth Scientific and Practical Conference, XII International Scientific Conference of Young Scientists. 2018. - P. 63-65.
3. Roguleva L.G. The effect of the use of transcranial electrostimulation on the psychophysiological state and performance of athletes / L.G. Roguleva, Yu.V. Koryagina, G.N. Ter-Akopov, S.V. Nopin // Modern issues of biomedicine. 2018.- Vol. 2. No. 2 (3). - URL: http://svbskfmba.ru/arkhiv-nomerov/13-2018-2/51-tes1
4. Koryagina Yu.V. The use of transcranial electrical stimulation, endomassage and magnetic field for urgent recovery and post-traumatic rehabilitation of athletes / Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N., Nopin S.V., Roguleva L.G., Kostyuk E.V. // Theory and practice of physical education. 2019. -No 1. - P. 20-22.
5. Sazonova E.A. Features of the bioelectric activity of the brain of athletes of certain sports / E.A. Sazonova // Actual problems of preparing and maintaining the health of athletes: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation dedicated to the 40th anniversary of the Department of Sports Medicine and Physical Rehabilitation (Chelyabinsk, December 20, 2013) / Ed. E.V. Bykova. - Chelyabinsk: UralGUFK, 2013.- P. 454-456.
6. Eremeeva O.V. The frequency of types of electroencephalograms in highly qualified athletes aged 18–25 years / O. V. Eremeeva, S. I. Eremeev // Scientific Medical Bulletin of Ugra. - No. 1–2 (5–6). 2014 - P. 48-50.

Сведения об авторах: Сергей Викторович Нопин - к-т тех. наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, work800@yandex.ru; **Людмила Геннадьевна Рогулева** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, lyudmila-roguleva@yandex.ru; **Сабина Маликовна Абуталимова** – научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России; **Артём Николаевич Потанин** – техник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России.