

УДК 612+796.01

*Е.М. СТЕПАНОВА*

## ВЛИЯНИЕ КАТОДНОЙ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МИКРОПОЛЯРИЗАЦИИ НА СВОЙСТВА ВНИМАНИЯ У СПОРТСМЕНОВ

*РНПЦ спорта, Минск, Беларусь*

Изучено влияние транскраниальной микрополяризации на свойства внимания и общий психофизиологический статус спортсменов. В рамках исследования использовался катодный метод поляризации, эффект от процедур оценивался с помощью психологического и психофизиологического аппаратного тестирования. Выявлены достоверные улучшения функционального состояния, устойчивости реакций, повышение уровня функциональных возможностей, повышение точности и стабильности зрительно-моторных реакций, повышение концентрации внимания при тестировании помехоустойчивости. Отмечается положительное влияние на различные свойства внимания: избирательность, объем, распределение и переключение.

*Ключевые слова:* транскраниальная микрополяризация, ТКМП, катодная поляризация, свойства внимания, tDCS.

**Введение.** Исследование проводилось в рамках мероприятия «Разработать и внедрить методику немедикаментозного повышения концентрации внимания и когнитивных функций спортсменов с использованием транскраниальной микрополяризации». В соответствии с поставленными задачами были проведены динамические наблюдения за характеристиками внимания спортсменов с использованием методик субъективного опроса, психологического и психофизиологического тестирования под воздействием транскраниальной микрополяризации (ТКМП).

ТКМП – это неинвазивная технология воздействия слабым постоянным током на нервную систему, применяемая в терапевтических целях в неврологии и психиатрии. Биоэлектрические процессы обеспечиваются за счет работы ионных каналов клеточных мембран, и при эквивалентном калий-натриевом обмене заряд остается постоянным. Неинвазивное воздействие постоянного тока слабой силы (порядка 1мкА) вызывает в биологических системах нарастание сопротивления, противоположной электродвижущей силы, что и лежит в основе явления поляризации. При катодной поляризации происходит инактивация сначала потенциалзависимых калиевых каналов, а затем натриевых, что приводит к уменьшению возбудимости ткани. При этом возбудимость нейронов меняется не только в местах воздействия, но и в отдаленных структурах мозга за счет транссинаптических связей, а также, поскольку поляризационные токи имеют свойство больше распространяться по межклеточным пространствам, незначительно преодолевая сопротивление клеточных мембран [1; 2]. Воздействие направленной поляризации слабым постоянным током в зоне лобной проекции головного мозга позволяет оптимизировать функциональное состояние нервной ткани, влиять на мышечный тонус и психофизиологические характеристики, стабилизировать эмоциональное состояние и улучшать когнитивные функции [3].

**Материалы и методы.** В исследовании на добровольной основе с использованием информированного согласия приняли участие спортсмены национальных и сборных команд. Психофизиологическое тестирование и проведение сеансов ТКМП проводилось на базе лаборатории психологии спорта ГУ «РНПЦ спорта» (г. Минск). В итоговый анализ вошли результаты обследований 24 человек, из них 11 мужчин (средний возраст 25,4±7,4) и 13 женщин (средний возраст 32,7±5,8), которые прошли в сумме 156 сеансов ТКМП и 164 человеко-обследования (до и после 1, 2, 3, 5 и 10 сеансов).

Проводимая в рамках исследования процедура ТКМП заключается в технологии направленной катодной поляризации коры головного мозга путем воздействия постоянного тока 0,3–0,8 мА (плотностью до 0,03 мА/см<sup>2</sup>) через поверхностные электроды (площадью до 500 мм<sup>2</sup>), располагаемые симметрично на лобной части головы и на сосцевидных отростках за ушами.

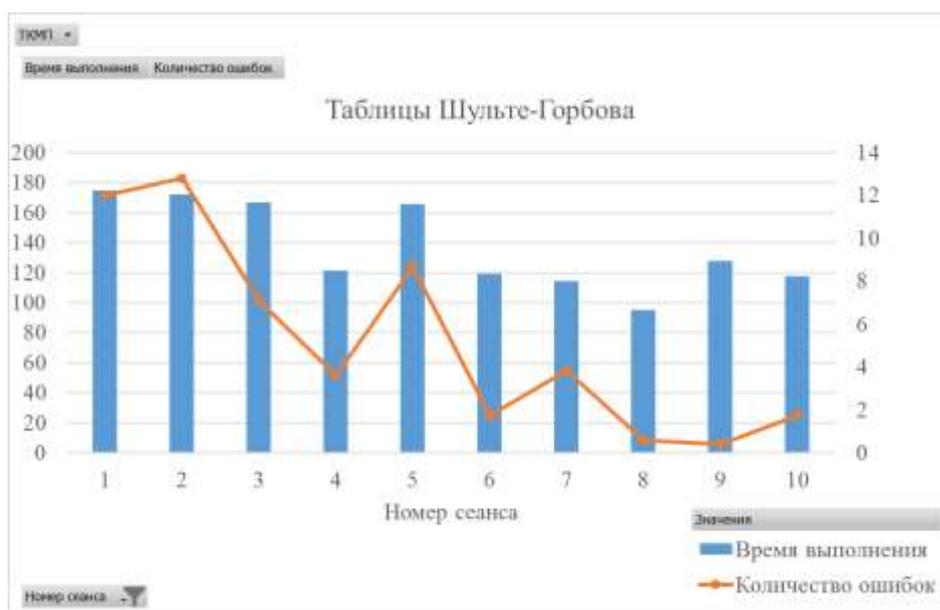
Влияние ТКМП оценивали путем проведения психофизиологического тестирования непосредственно до процедуры ТКМП и сразу после. В связи с длительностью проведения процедуры тестирования контроль влияния ТКМП осуществлялся не на каждом сеансе (чаще на 1, 2, 3, 5 и 10 сеансах). Программа тестирования проводилась с использованием аппаратно-программного комплекса «НС-Психотест» и включала следующие методики: Простая и сложная зрительно-моторная реакция, Реакция на движущийся объект, Оценка внимания, Помехоустойчивость, Восьмицветовой тест Люшера, Тест Мюнстерберга и Таблицы Шульте-Горбова.

Статистический анализ проводился с использованием ПО SPSS Statistics 17,0 и 19,0. Для проверки нормальности распределения применялся тест Колмогорова-Смирнова, по результатам которого для сравнения эффекта до и после процедур ТКМП использовался критерий Уилкоксона либо парный t-критерий Стьюдента (при нормальном распределении). Для выявления меры связи номинальных переменных использовались Эта-коэффициент ( $\eta$ ), для числовых переменных с нормальным распределением коэффициент корреляции Пирсона и коэффициент корреляции Тау-в Кендалла при распределении, отличающемся от нормального.

**Результаты и их обсуждение.** Если анализировать в среднем эффект от сеансов ТКМП, то после проведения процедур ТКМП чаще отмечается незначительное улучшение функционального состояния, устойчивости реакций и повышение уровня функциональных возможностей, снижается частота ошибок в простой и сложной зрительно-моторной реакции. Также следует отметить существенное снижение среднеквадратичного отклонения в простой и сложной зрительно-моторной реакции, в реакции на движущийся объект, а также при оценке внимания, что может говорить о повышении стабильности моторных реакций. Однако при тестировании помехоустойчивости происходит увеличение среднего значения времени реакции и среднеквадратичного отклонения, при этом незначительно возрастают значения функционального состояния, устойчивости реакций и уровня функциональных возможностей.

В среднем, после проведения ТКМП достоверно повышается скорость выполнения теста Мюнстерберга. Увеличение количества правильных ответов свидетельствует об улучшении избирательности внимания, также существенно снижается количество ошибок. Увеличивается объем внимания, о чем говорит повышение количества просмотренных букв по данному тесту. Также сокращается общее число ошибок и время выполнения заданий на внимание по таблицам Шульте-Горбова (рисунок 1). Улучшается объем, распределение и переключение внимания.

Анализ изменений психофизиологических показателей и свойств внимания по каждому участнику исследования, несмотря на некоторые индивидуальные отличия, показал динамику, сходную с вышеописанной, причем данные тенденции оказались более выражены у мужчин, чем у женщин. У женщин чаще наблюдалось наличие индивидуальных особенностей психофизиологической реакции на сеансы ТКМП.



**Рис. 1.** Динамика изменения показателей времени выполнения заданий в таблицах Шульте-Горбова и количества ошибок в зависимости от номера сеанса ТКМП

Корреляционный анализ позволил выявить наличие линейной связи между некоторыми показателями до и после сеанса ТКМП (таблица 1). Однако это еще не позволяет говорить о причинно-следственной связи с эффектом от воздействия процедуры, поэтому был проведен дальнейший статистический анализ.

**Табл. 1.** Результаты анализа парных корреляций показателей с нормальным распределением до и после сеансов ТКМП

Показатель	Коэффициент парной корреляции Пирсона (r)	Уровень значимости (p)
Вегетативный коэффициент	0,56	0,00
ФУС ПЗМР	0,17	0,14
УР ПЗМР	0,28	0,02
УФВ ПЗМР	0,34	0,00
Среднее значение времени реакции СЗМР	0,77	0,00
ФУС (Внимание)	0,37	0,00
УР (Внимание)	0,23	0,05
УФВ (Внимание)	0,27	0,02
Устойчивость внимания	0,18	0,13
Концентрация внимания	-0,07	0,57
ФУС (Помехоустойчивость)	0,17	0,16
УР (Помехоустойчивость)	0,23	0,06
УФВ (Помехоустойчивость)	0,23	0,06
Объем внимания (Шульте-Горбова)	0,76	0,00
Распределение внимания (Шульте-Горбова)	0,51	0,00
Переключаемость внимания (Шульте-Горбова)	0,13	0,32
Общее количество ошибок (Шульте-Горбова)	0,55	0,00
Время выполнения (Шульте-Горбова)	0,70	0,00
Условные обозначения: ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция; СЗМР – сложная зрительно-моторная реакция; ФУС – функциональный уровень системы; УР – устойчивость реакций; УФВ – уровень функциональных возможностей		

Парное сравнение средних значений показателей внимания выявило достоверные различия до и после процедур ТКМП по тесту Шульте-Горбова (таблица 2), которые показывают улучшение всех показателей по мере прохождения курса ТКМП.

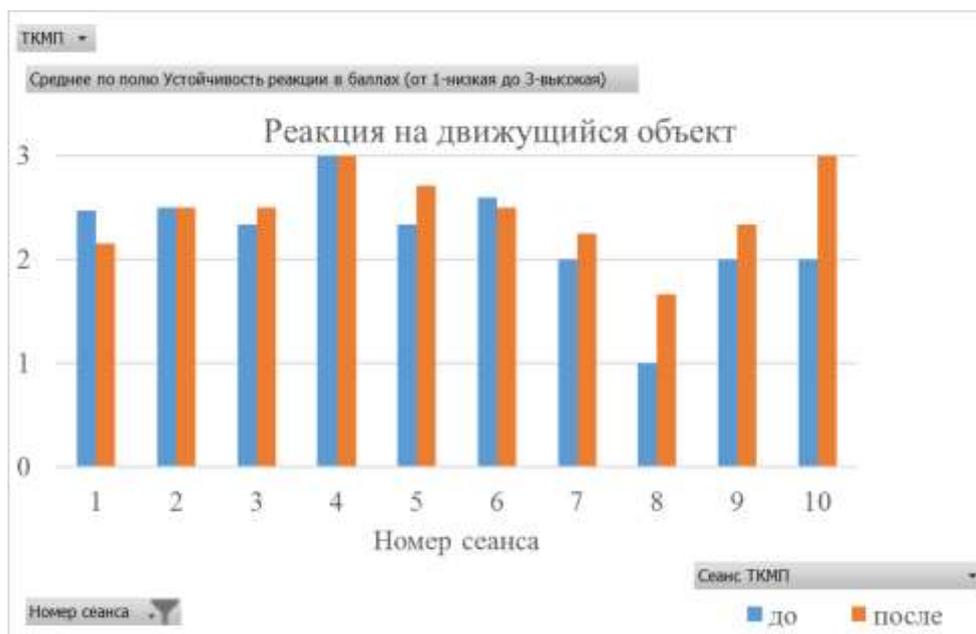
**Табл. 2.** Результаты анализа статистической значимости эффекта от проводимых сеансов ТКМП методом парного сравнения средних значений показателей по тесту Шульте-Горбова

Показатель (таблицы Шульте-Горбова)	Значение t-критерия Стьюдента	Количество степеней свободы	Уровень значимости двусторонний (p)
Объем внимания	2.143	64	0.036
Распределение внимания	3.134	64	0.003
Переключаемость внимания	2.366	64	0.021
Общее количество ошибок	1.877	64	0.065
Время выполнения	3.625	63	0.001

При сравнении средних значений показателей внимания до и после процедур ТКМП было выявлено достоверное изменение концентрации внимания при тестировании помехоустойчивости ( $Z=-3,58$ ;  $p=0,00$ ), относительно других показателей критерий Уилкоксона не выявил достоверных различий средних значений.

Вегетативный коэффициент имеет тенденции к снижению после процедуры ТКМП, что закономерно связано с ингибирующим эффектом катодной стимуляции, поскольку имеет место снижение возбудимости коры головного мозга. Причем при исходном возбужденном состоянии этот эффект благоприятен и приводит к стабилизации эмоционального состояния. А в случае, когда исходный уровень находился в пределах оптимальных значений, иногда отмечалось некоторое временное снижение вегетативного коэффициента сразу после сеанса ТКМП, что проявлялось в снижении энергичности, умеренной потребности в отдыхе.

Также результаты анализа данных показали, что стабильность реакций на движущийся объект достоверно снижается только после первого сеанса ТКМП, при последующих процедурах данный показатель имеет тенденцию к повышению после каждого сеанса (рисунок 2). Отношение шансов повысить уровень стабильности реакций на движущийся объект достоверно возрастает в 3 раза к пятому сеансу ТКМП (OR=3,0; CI: 0,199-45,24).



**Рис. 2** Динамика изменения показателя стабильности реакций на движущийся объект до и после сеансов ТКМП

**Заключение.** Анализ данных проведенного исследования позволяет сделать вывод о положительном эффекте ТКМП на функциональное состояние спортсмена, в том числе на устойчивость реакций и уровень функциональных возможностей. Повышается точность зрительно-моторных реакций за счет снижения количества ошибок, также скорость реакций становится более стабильной, о чем свидетельствует снижение среднеквадратичного отклонения. Обнаружены достоверные улучшения свойств внимания: избирательность, объем, распределение и переключение. Кроме того, выявлены тенденции к повышению концентрации внимания в условиях помех. Стабильность реакций на движущийся объект повышается примерно в 3 раза уже к пятому сеансу ТКМП.

Однако за счет ингибирующего эффекта катодной стимуляции отмечается некоторое снижение вегетативного коэффициента и снижение скорости реакции при тестировании помехоустойчивости.

Таким образом, прослеживается эффективность курсового применения ТКМП с целью немедикаментозного повышения функционального состояния спортсменов и улучшения свойств внимания.

#### Литература

- [1]. Шелякин, А.М. и др. Микрополяризационная терапия в детской неврологии / А.М. Шелякин, И.Г. Преображенская, О.В. Богданов. – М.: МЕДКНИГА, 2008. – 121 с.

- [2]. Чайванов, Д.Б.; Каркищенко, Н.Н. Математическая модель биофизических процессов при транскраниальной микрополяризации / Д.Б. Чайванов, Н.Н. Каркищенко // Биомедицина, 2011. 3. С.6-11.
- [3]. Применение комплексной медицинской технологии нейромодуляции. Методические рекомендации. М.: ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий Федерального медико-биологического агентства России», 2017. 65 с.

A. STSIAPANAVA

**THE EFFECT OF CATHODAL TRANSCRANIAL DIRECT-CURRENT STIMULATION ON ATTENTION IN ATHLETES**

*Republican Scientific and Practical Center for Sports, Minsk, Belarus*

**Summary**

The effect of transcranial direct current stimulation on the properties of attention and the general psychophysiological status of athletes is studied. As part of the study, the cathodal polarization method was used, the effect of procedures was evaluated using psychological and psychophysiological testing. Revealed reliable improvements in the functional state, the stability of the reactions, the increase in the level of functionality, increase the accuracy and stability of senso-motor reactions, an increase in the concentration of attention when testing noise immunity. There is a positive impact on various properties of attention: selectivity, volume, distribution and switching.

*Keywords:* transcranial direct current stimulation, cathode polarization, attention, TDCS.