

ВЛИЯНИЕ ОДНОКРАТНОЙ ПРОЦЕДУРЫ КОМБИНИРОВАННОЙ МИКРОПОЛЯРИЗАЦИИ НА ВЕГЕТАТИВНУЮ РЕГУЛЯЦИЮ И СЕНСОРНО-МОТОРНЫЕ РЕАКЦИИ

И. Б. Сиваченко^{1,3} ✉, Д. С. Медведев^{1,2}, Т. А. Фёдорова¹, М. В. Цимбал¹, Н. В. Штейнберг¹, Г. А. Моисеенко³

¹ Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия

² Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

³ Институт физиологии имени И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

Метод микрополяризации уже показал свою эффективность для восстановления нарушенных мозговых функций, а также для улучшения внутримозговых процессов в норме. Перспективным направлением представляется комбинирование методов стимуляции, поскольку сочетание методов позиционирования электродов может повысить результативность процедур и найти применение в различных сферах деятельности: сопровождении операторов, спортсменов, сотрудников МЧС и др. Целью исследования было оценить влияние однократной комбинированной микрополяризации на функциональное состояние вегетативной нервной системы и сенсорно-моторные реакции условно здоровых лиц. В исследовании с участием 31 человека использовали методики для оценки сенсорно-моторных реакций, кардиоритмографии со спектральным анализом вариабельности сердечного ритма, проводили оценку зрачковых рефлексов. Процедуру комбинированной микрополяризации добровольцы проходили однократно, в течение 40 мин. Наиболее эффективными оказались схемы комбинации трансспинальной и транскраниальной микрополяризации с позиционированием в области премоторной зоны коры головного мозга (краткосрочное смещение вегетативного баланса в сторону парасимпатического влияния — на 48,7%; оптимизация функции восстановления зрачка — на 26,4%; увеличение помехоустойчивости — на 32,2%), и комбинации «солнечной» и транскраниальной микрополяризации в области проекции височной зоны коры головного мозга (увеличение коэффициента переходного периода в ортостатической пробе — на 15,8%; замедления зрительно-моторной реакции — на 6,2%).

Ключевые слова: транскраниальная микрополяризация, функциональное состояние, вегетативная регуляция, сенсорно-моторные реакции, транскраниальная стимуляция, постоянный ток

Вклад авторов: И. Б. Сиваченко — планирование, координация и организация исследования, анализ результатов, выводы и обсуждение; Д. С. Медведев — организация исследования, научное руководство, выводы и обсуждение; Т. А. Фёдорова, М. В. Цимбал, Н. В. Штейнберг — проведение практической части исследования с добровольцами, обработка полученных данных; Г. А. Моисеенко — консультирование, анализ результатов, выводы и обсуждение.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом НИИ ГПЭЧ ФМБА России (протокол № 2 от 28 февраля 2019 г.). Все добровольцы подписали информированное согласие на участие в исследовании.

✉ **Для корреспонденции:** Иван Борисович Сиваченко
ул. Бехтерева, д. 1, к. 3, г. Санкт-Петербург, 192019, Россия; avans_d@mail.ru

Статья получена: 02.03.2022 **Статья принята к печати:** 15.03.2022 **Опубликована онлайн:** 24.03.2022

DOI: 10.47183/mes.2022.006

THE EFFECT OF A SINGLE PROCEDURE OF COMBINED MICROPOLARIZATION ON AUTONOMIC REGULATION AND SENSORIMOTOR REACTIONS

Sivachenko IB^{1,3} ✉, Medvedev DS^{1,2}, Fedorova TA¹, Tsimbal MV¹, Steinberg NV¹, Moiseenko GA³

¹ Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology of the Federal Medical Biological Agency, St. Petersburg, Russia

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

³ Pavlov Institute of Physiology, St. Petersburg, Russia

Micropolarization was already proved an effective method for restoring impaired brain functions and improving intracerebral processes in the absence of impairments. Combining stimulation methods is a promising approach: a combination of electrode positioning methods can increase the efficacy of the procedures and find application in various fields, from sports through machinery operation to support of operatives of the Ministry of Emergency Situations, etc. This study aimed to assess the effect of a single combined micropolarization procedure on the functional state of the autonomic nervous system and sensorimotor reactions of conventionally healthy individuals. It involved 31 people and relied on the methods enabling evaluation of sensorimotor reactions, cardiorhythmography with spectral analysis of heart rate variability and pupillary reflexes assessment. Volunteers underwent the combined micropolarization procedure once, the duration of the procedure was 40 minutes. The most effective combinations were transspinal plus transcranial micropolarization with positioning in the region of premotor cortex (short-term shift of the autonomic balance towards parasympathetic influence by 48.7%; optimization of the pupil recovery function by 26.4%; increase in interference immunity by 32.2%) and "solar" plus transcranial micropolarization in the area of the temporal zone of cerebral cortex (15.8% increase of the orthostatic test transition period ratio; 6.2% deceleration of the visual-motor reaction).

Keywords: transcranial micropolarization, functional state, autonomic regulation, sensorimotor reactions, transcranial stimulation, direct current

Author contribution: Sivachenko IB — planning, coordination and organization of the study, analysis of the results, conclusions and discussion; Medvedev DS — organization of the study, research supervision, conclusions and discussion; Fedorova TA, Tsimbal MV, Steinberg NV — execution of the practical part of the study with volunteers, processing of the data obtained; Moiseenko GA — consulting, analysis of the results, conclusions and discussion.

Compliance with ethical standards: the study was approved by the Ethics Committee of the Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology of FMBA of Russia (minutes #2 of February 28, 2019). All volunteers signed the informed written consent to participation in the study.

✉ **Correspondence should be addressed:** Ivan B. Sivachenko
Bekhtereva st., 1, korp. 3, St. Petersburg, 192019, Russia; avans_d@mail.ru

Received: 02.03.2022 **Accepted:** 15.03.2022 **Published online:** 24.03.2022

DOI: 10.47183/mes.2022.006

Современными исследованиями показана эффективность применения метода микрополяризации как для восстановления функций при патологических процессах [1, 2], так и для функционального улучшения внутримозговых процессов в норме [3–5]. Отмечено [5–7], что использование метода микрополяризации способствует снижению тяжести проявлений синдрома хронической усталости; нормализации процессов вегетативной регуляции (сосудистого тонуса, артериального давления; стимуляции гуморального и клеточного иммунитета); нормализации психофизиологического состояния, антистрессорному и антидепрессивному эффектам, повышению работоспособности, снижению утомляемости и др.

Перспективными представляются комбинированные методы стимуляции, включающие проведение транскраниальной микрополяризации коры головного мозга и дополнительного воздействия транспинальной стимуляции (как постоянным током, так и магнитными импульсами) спинномозговых нервов из позвоночного канала [6, 7].

Метод транспинальной микрополяризации применяют для лечения нарушений функционирования мозговых систем, связанных с регуляцией сосудистого тонуса [7]. Транспинальная микрополяризация оптимизирует парасимпатическое влияние на сердечный ритм за счет реализации нервного пути активизации вегетативной нервной системы (ВНС) [6].

Предложен вариант «солярной» микрополяризации [8, 9], когда воздействие оказывают на область солнечного сплетения, в которой расположено большое скопление вегетативных нейронов, принимающих до 90% сигналов от метасимпатической нервной системы абдоминальной области и тесно связанных с блуждающим и симпатическим нервами. Нейронные ганглии в районе солнечного сплетения выполняют важную регулируемую роль со стороны ВНС.

Таким образом, для совершенствования методологии практического использования микрополяризации представляется актуальным оценить и сопоставить эффекты различных схем комбинированной микрополяризации.

Цель исследования — оценить влияние однократной комбинированной микрополяризации на функциональное состояние ВНС и сенсорно-моторные реакции условно здоровых лиц.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принял участие 31 доброволец из числа студентов Санкт-Петербургского медико-социального института (20 человек) и других образовательных учреждений (11 человек) в возрасте 20–25 лет, из которых 17 мужчин и 14 женщин. Критерии включения: наличие добровольного информированного согласия; прохождение осмотра врачами-специалистами — неврологом и терапевтом. Критерии исключения: наличие острых психических расстройств, судорожных состояний, эпилепсии; травмы и опухоли головного мозга; инфекционные поражения центральной нервной системы; гипертензия или гипотензия, гидроцефалия; тиреотоксикоз; мерцательная аритмия, повреждения кожи в местах наложения электродов; наличие вживленных кардиостимуляторов; наличие в анамнезе клинически значимых аллергических реакций, алкоголизма, наркомании.

Оценка состояния отделов нервной системы включала в себя проведение следующих методик: 1) кардиоритмографию (КРП) со спектральным анализом вариабельности сердечного ритма (АПК «ВНС микро», Нейрософт; Россия); 2) оценку зрачковых рефлексов с помощью теста «Пупиллометрия» (цифровой пупиллометрический комплекс КСРЗРц-01; ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА; Россия); 3) оценку пространственно-временных реакций тестами «РДО», «ПЗМР», «Помехоустойчивость».

В качестве основных критериев оценки вегетативных реакций на однократное применение процедуры микрополяризации использовали классические показатели вариабельности сердечного ритма: частотный спектр в высоком, среднем и низком диапазонах, их соотношение, коэффициент ортостатической пробы, а также показатели реакции зрачка.

Время сужения и время расширения зрачка отражают функции холинергической (парасимпатической) и адренергической (симпатической) составляющих двойной иннервации зрачка. Скорости сужения и расширения указывают на активность парасимпатической и симпатической составляющих в фазах сужения и расширения зрачка, амплитуда сужения свидетельствует о вегетативной активности в пупилломоторной системе. Разница между показателем начального и конечного диаметров зрачка более чем 0,45 мм свидетельствует о недостаточном восстановлении зрачка, связанном с преобладанием парасимпатической активности, что является признаком утомления. Для количественной оценки зрачковой реакции проводили автоматизированную математическую обработку пупиллограммы по ряду общепринятых пупиллометрических показателей: начальный диаметр зрачка, предшествовавший световому стимулу; конечный диаметр зрачка; время латентного периода зрачковой реакции; время сужения зрачка (парасимпатическая фаза); время расширения зрачка (симпатическая фаза); средняя скорость сужения зрачка; средняя скорость расширения зрачка; амплитуда сужения зрачка. Реакция зрачка является надежным показателем уровня внимания [10].

Тесты «Реакция на движущийся объект (РДО)», «Простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР)» и «Внимание и помехоустойчивость (Помехоустойчивость)» позволили оценить скоростные и качественные характеристики сенсорных и моторных процессов, косвенным образом судить о степени уравновешенности психических процессов в аспекте особенностей высшей нервной деятельности (так как время реакций зависит от характеристик процессов возбуждения и торможения, а также функционального состояния, в частности степени утомления).

После тестирования проводили процедуру комбинированной микрополяризации длительностью 40 мин с последующим повторением комплекса тестов.

Комбинированная микрополяризация включала в себя транспинальный, транскраниальный и «солярный» варианты по различным схемам.

Транспинальную микрополяризацию осуществляли постоянным током 200 мкА путем наложения на область проекции выхода спинномозговых нервов из позвоночного канала (анод располагали латерально от остистого отростка седьмого шейного позвонка С7, катод — контрлатерально пояснично-крестцовой зоне на уровне остистых отростков L5–S1).

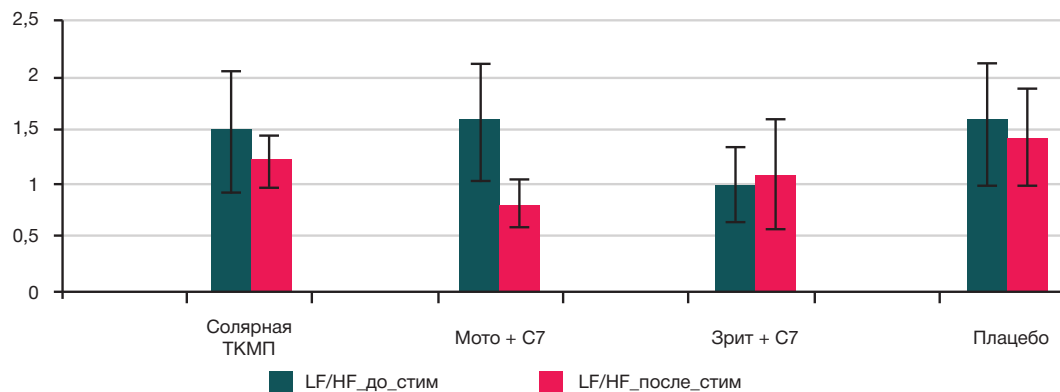


Рис. 1. Изменение соотношения LF/HF после проведенной процедуры микрополяризации. * — изменения статистически значимы ($p < 0,05$; критерий Уилкоксона)

Транскраниальную микрополяризацию осуществляли воздействием постоянным током 200 мкА на область проекции первичной зрительной зоны коры головного мозга (анод — О1 левого полушария, катод — контрлатерально пояснично-крестцовой зоне на уровне остистых отростков L5–S1), на область проекции первичной моторной зоны коры головного мозга (анод — М1, катод — область правого плеча), на область проекции височной зоны коры головного мозга (анод — Т3, катод — область правого плеча).

«Солярную» микрополяризацию осуществляли воздействием постоянным током 200 мкА на область проекции солнечного сплетения (анод ± чуть ниже пупочной области, катод — область правого плеча).

Вся выборка была разделена на четыре группы.

– Группу 1 (8 человек) подвергали однократному воздействию комбинированной микрополяризации: трансспинальной и транскраниальной (зона воздействия — область проекции первичной моторной зоны коры головного мозга). Условное обозначение схемы «Мото + C7».

– Группу 2 (8 человек) подвергали однократному воздействию комбинированной микрополяризации: трансспинальной и транскраниальной (зона воздействия — область проекции первичной зрительной зоны коры головного мозга). Условное обозначение «Зрит + C7».

– Группу 3 (8 человек) подвергали однократному воздействию комбинированной микрополяризации: транскраниальной (зона воздействия — область проекции височной зоны коры головного мозга) и «солярной» (вегетативные узлы солнечного сплетения). Условное обозначение схемы «Солярная ТКМП».

– Группе 4 (7 человек) — проводили плацебо-воздействие. Участникам данной группы электроды накладывали по схеме «Мото + C7», прибор на протяжении

всего времени воздействия был выключен. Условное обозначение схемы «Плацебо».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис. 1–4 представлены усредненные значения показателей спектрального анализа вариабельности сердечного ритма по всем четырем группам до и после однократной процедуры микрополяризации.

Были выявлены достоверные ($p < 0,05$; критерий Уилкоксона) изменения показателя LF/HF (рис. 1). Отмечено снижение данного показателя на 48,7% относительно исходного уровня в группе воздействия на область проекции премоторной зоны коры головного мозга. Относительно группы плацебо-воздействия снижение LF/HF составило 43,5%. Существенных изменений в динамике показателя в группе сравнения не выявлено. Тенденция к снижению значений показателя заметна и в двух других группах позиционирования и комбинирования воздействия.

По показателю VLF (максимально низкочастотный диапазон спектра ритма сердца, отражающему уровень нейро-гуморальной активности, статистически значимых различий в группах, в том числе плацебо-воздействия, не выявлено ($p > 0,05$; критерий Уилкоксона) (рис. 2).

Общая спектральная мощность ритма сердца TP отражает суммарный вклад всех оцениваемых компонентов в регуляцию ВНС. По данному показателю статистически значимых различий также выявлено не было (рис. 3; $p > 0,05$).

В группе, получившей «солярную» микрополяризацию, отмечено достоверное ($p < 0,05$; критерий Уилкоксона) увеличение на 15,8% коэффициента K30:15 (рис. 4). При этом существенное изменение отмечено только в

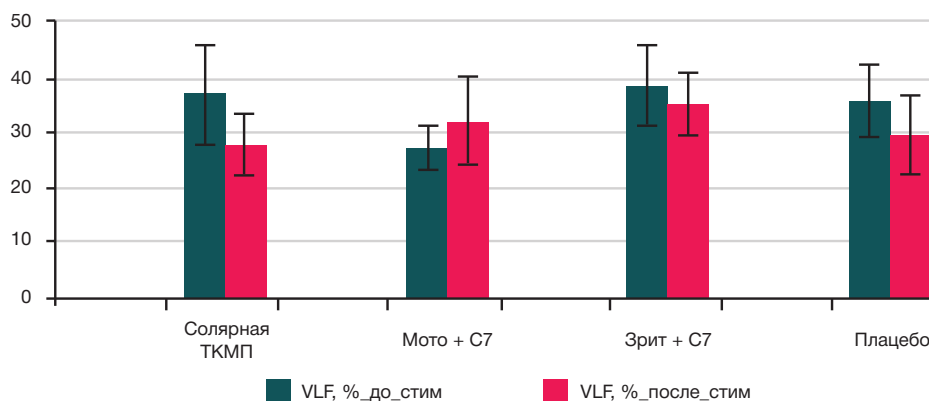


Рис. 2. Изменение VLF-составляющей в спектре ритма сердца после процедуры микрополяризации

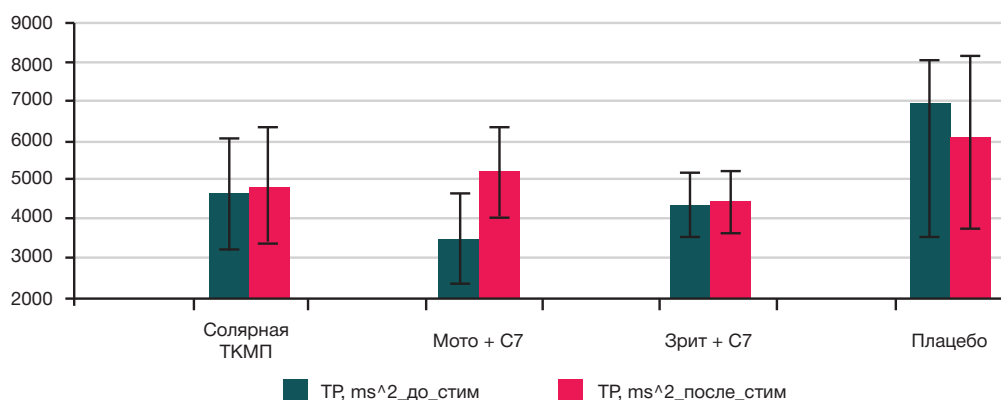


Рис. 3. Изменение общей мощности спектра (TP) после процедуры микрополяризации

группе комбинированной «соляной» микрополяризации. Относительно группы плацебо-воздействия прирост показателя составил 12,8%.

На рис. 5–7 представлены значения интегральных характеристик центральной нервной системы до и после однократной процедуры микрополяризации, предъявленной участникам четырех групп различных схем воздействия.

Были выявлены достоверные ($p < 0,05$) изменения среднего времени реакции в тесте простой зрительно-моторной реакции (рис. 5). Отмечено увеличение показателя на 6,2% относительно исходного уровня в группе, получившей процедуру «соляной» микрополяризации.

По показателю «баланс нервных процессов» теста «РДО» статистически значимых различий выявлено не было ($p > 0,05$).

В группе участников, получавших воздействие по схеме «Мото + C7», отмечено достоверное ($p < 0,05$; критерий Уилкоксона) увеличение на 32,2% значений помехоустойчивости. У участников данной группы повысились уровень внимания и помехоустойчивость (рис. 7). Относительно группы плацебо-воздействия прирост показателя составил 12,8%.

На основании результатов пупиллометрии у лиц после процедуры микрополяризации отмечено небольшое количество статистически значимых различий в динамике (см. таблицу). В группе лиц, получавших комплексную микрополяризацию соляных ганглиев и височной зоны, имело место достоверное снижение на 26,4% разницы между показателем начального и конечного диаметров зрачка. При этом указанное значение в данной группе было более 0,45 мм, что подтверждает недостаточное восстановление зрачка.

При анализе показателей пупиллометрии до и после процедуры микрополяризации по схеме «Зрит + C7» отмечаются особенности изменения времени расширения зрачка. Так, показано достоверное небольшое снижение (2,2%) времени расширения, что характеризует активизацию парасимпатических механизмов регуляции.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сочетание анодной транскраниальной стимуляции в первичной моторной области позиционирования электрода (анод — M1, катод — область правого плеча) и транспинальной стимуляции (анод — C7, катод — контрлатерально пояснично-крестцовой зоне на уровне остистых отростков L5-S1) оказало позитивное влияние на вегетативную регуляцию — оптимизация парасимпатического и симпатического влияния (снижение значения соотношения LF/HF, что, предположительно, способствовало концентрации внимания (повышению помехоустойчивости)).

Низкочастотный и высокочастотный диапазоны в спектре ритма сердца LF и HF отражают активность симпатического и парасимпатического отделов ВНС. Их соотношение LF/HF характеризует вегетативный баланс и дает представление о вовлечении центрального звена регуляции. Отмеченное снижение данного показателя можно интерпретировать как увеличение активности парасимпатического отдела ВНС.

В ответ на сочетание транскраниальной стимуляции области височной зоны коры головного мозга (анод — T3, катод — область правого плеча) и стимуляции проекции солнечного сплетения выявлен эффект активизации процессов восстановления (показатели K30:15 ортостатической пробы и диаметр зрачка).

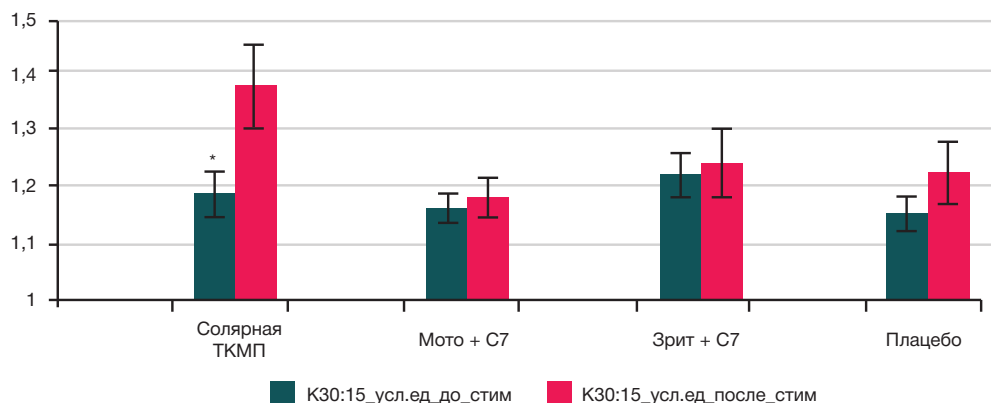


Рис. 4. Изменение коэффициента K30:15 после процедуры микрополяризации. * — изменения статистически значимы ($p < 0,05$; критерий Уилкоксона)

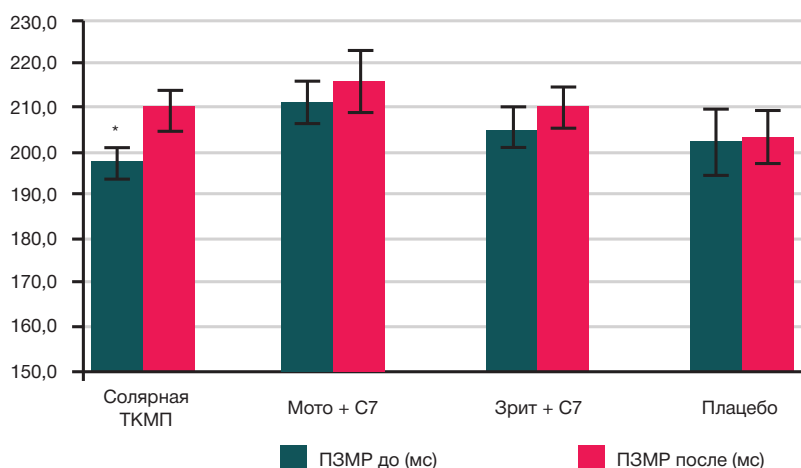


Рис. 5. Изменение среднего времени реакции (тест ПЗМР) после процедуры микрополяризации. * — изменения статистически значимы ($p < 0,05$; критерий Уилкоксона)

Коэффициент К30:15 характеризует скорость оптимизации состояния при переходе из положения лежа в положение стоя (ортостатическая проба). По выявленной динамике можно предполагать улучшение общего состояния организма после применения однократной процедуры микрополяризации.

Тесная связь функции зрачка с различными отделами центральной и вегетативной нервных систем позволяет рассматривать его в качестве чувствительного индикатора функционального состояния человека [11]. ВНС, обеспечивающая адаптацию организма, как к различным воздействиям внешней среды, так и к высокой физической нагрузке, реагирует на них одной из первых. Исследование функции зрачка, тесно связанной с состоянием ВНС у здоровых лиц, имеет большое значение, поскольку ее нарушение при утомлении может проявляться раньше других признаков, свидетельствующих об истощении центральной и автономной нервной системы и адаптационных возможностей. Снижение разницы между показателем начального и конечного диаметров зрачка свидетельствует об оптимизации активности симпатического и парасимпатического отделов ВНС. Полученные результаты согласуются с данными других авторов, изучавших реакцию пупилломоторной системы у лиц в условиях коррекционной работы [12, 13].

На уровне модуляции сенсорно-моторных реакций отмечена активизация процессов торможения, что подтверждается увеличением времени зрительно-

моторной реакции. Изменения среднего времени реакции в тесте простой зрительно-моторной реакции можно интерпретировать как усиление тормозных влияний. Эффект может быть обусловлен усилением вклада активности парасимпатического отдела ВНС в регуляцию функционального состояния.

Значимых эффектов сочетания транскраниальной стимуляции области проекции первичной зрительной зоны КГМ (анод — О1, катод — L5-S1) и транспинальной стимуляции (анод — C7, катод — L5-S1) не выявлено.

Обнаруженные эффекты комбинированной микрополяризации в различных схемах позиционирования электродов позволяют совершенствовать методики проведения процедур микрополяризации. Практическое применение указанных схем может быть результативно в области профессионального спорта. Так, например, оптимизация процессов вегетативной регуляции имеет первостепенное значение для спортсменов в биатлоне, где крайне важен оптимальный переход от динамических к статическим физическим действиям.

ВЫВОДЫ

В исследовании проведена оценка влияния однократной комбинированной микрополяризации на активность ВНС и сенсорно-моторные реакции условно здоровых лиц. Рассмотрено три схемы позиционирования электродов. По результатам исследования выявлены

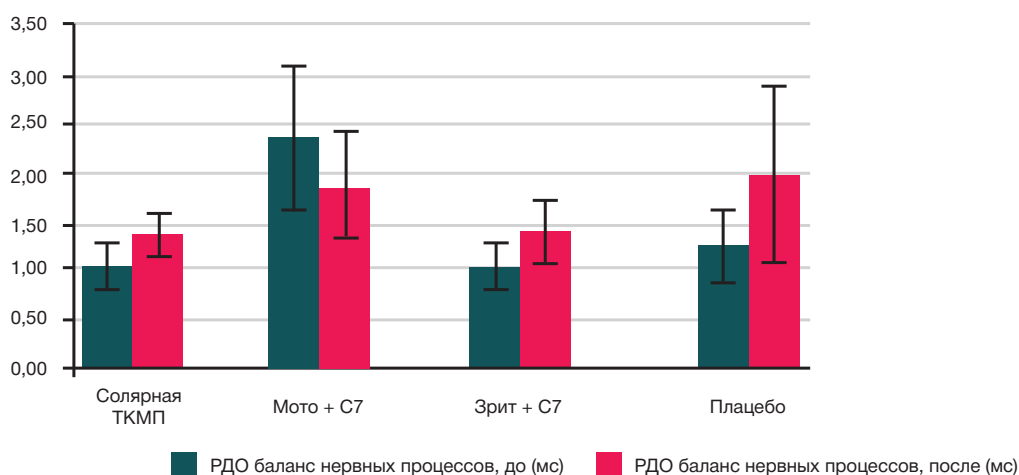


Рис. 6. Изменение баланса торможения и возбуждения (тест «РДО») после процедуры микрополяризации

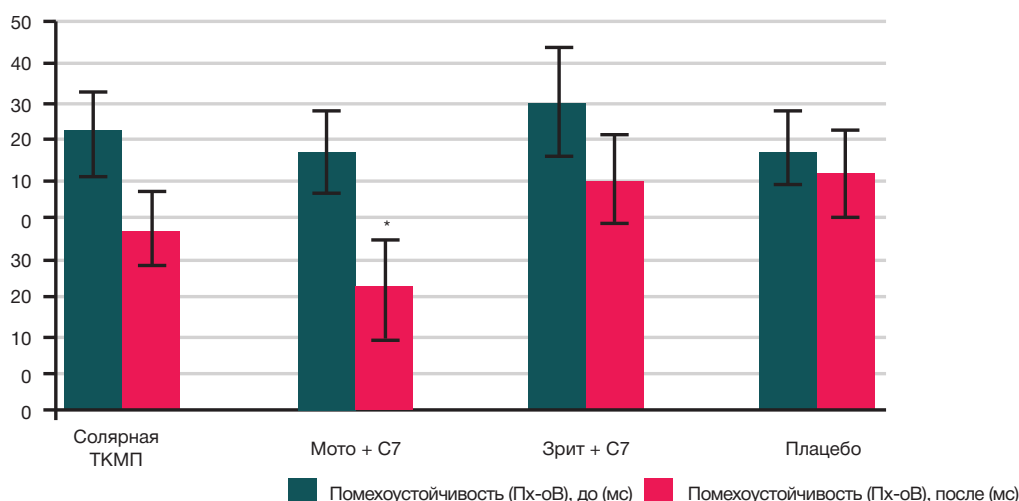


Рис. 7. Изменение значений помехоустойчивости после процедуры микрополяризации. * — изменения статистически значимы ($p < 0,05$; критерий Уилкоксона)

дифференцированные эффекты различных вариантов однократной комбинированной микрополяризации. Наиболее эффективными оказались схемы: 1) комбинация трансспинальной и транскраниальной микрополяризации с позиционированием в области премоторной зоны коры головного мозга по показателям: смещение вегетативного баланса в сторону парасимпатического влияния по показателю LF/HF на 48,7%; оптимизация функции восстановления зрачка на 26,4%; увеличение

помехоустойчивости на 32,2%; 2) комбинация «соляной» и транскраниальной микрополяризации в области проекции височной зоны коры головного мозга по показателям: увеличение коэффициента К30:15 в ортостатической пробе на 15,8%; увеличение времени зрительно-моторной реакции на 6,2%. Перспективным представляется дальнейшее изучение характеристик времени воздействия и силы тока при проведении процедур комбинированной микрополяризации с целью подбора более эффективных режимов стимуляции.

Таблица. Динамика показателей пупиллометрии после процедуры микрополяризации

Группа	Соляная ТКМП		Мото + С7		Зрит + С7		Плацебо	
	До стимуляции	После стимуляции	До стимуляции	После стимуляции	До стимуляции	После стимуляции	До стимуляции	После стимуляции
Дн	6,26 ± 0,30	6,03 ± 0,28	5,97 ± 0,32	6,18 ± 0,17	5,52 ± 0,41	5,75 ± 0,40	5,82 ± 0,30	5,94 ± 0,27
Тл	0,28 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,27 ± 0,01
Ас	1,67 ± 0,12	1,64 ± 0,08	1,57 ± 0,10	1,61 ± 0,07	1,60 ± 0,14	1,66 ± 0,11	1,61 ± 0,09	1,61 ± 0,12
Тс	0,51 ± 0,03	0,53 ± 0,02	0,46 ± 0,03	0,48 ± 0,02	0,46 ± 0,02	0,51 ± 0,02	0,48 ± 0,03	0,51 ± 0,03
Тр	2,21 ± 0,03	2,20 ± 0,02	2,26 ± 0,03	2,23 ± 0,02	2,26 ± 0,02	2,21 ± 0,02*	2,24 ± 0,03	2,22 ± 0,03
Вс	3,28 ± 0,17	3,14 ± 0,16	3,46 ± 0,14	3,38 ± 0,18	3,46 ± 0,23	3,24 ± 0,14	3,40 ± 0,17	3,20 ± 0,16
Вр	0,76 ± 0,06	0,75 ± 0,04	0,67 ± 0,07	0,72 ± 0,03	0,72 ± 0,06	0,83 ± 0,10	0,72 ± 0,05	0,73 ± 0,06
Дк	5,73 ± 0,29	5,63 ± 0,26	5,71 ± 0,31	5,75 ± 0,14	5,19 ± 0,35	5,39 ± 0,33	5,31 ± 0,32	5,42 ± 0,29
Дн-Дк	0,53 ± 0,06	0,39 ± 0,06*	0,26 ± 0,05	0,44 ± 0,07	0,33 ± 0,08	0,36 ± 0,13	0,51 ± 0,12	0,52 ± 0,11

Примечание: Дн (мм) — начальный диаметр зрачка, предшествовавший световому стимулу; Дк (мм) — конечный диаметр зрачка; Тл (с) — время латентного периода зрачковой реакции; Тс (с) — время сужения зрачка (парасимпатическая фаза); Тр (с) — время расширения зрачка (симпатическая фаза); Вс (мм/с) — средняя скорость сужения зрачка; Вр (мм/с) — средняя скорость расширения зрачка; Ас (мм) — амплитуда сужения зрачка. Реакция зрачка является надежным показателем уровня внимания; * — значение статистически значимо по отношению к фону ($p < 0,05$; критерий Уилкоксона).

Литература

1. Липатова А. С., Каде А. Х., Трофименко А. И., Поляков П. П. Коррекция стресс-индуцированных нейроиммуноэндокринных нарушений у самцов крыс с низкой устойчивостью к стрессу применением транскраниальной электростимуляции. Человек и его здоровье. 2018; 3: 58–68.
2. Князева О. В., Белоусова М. В., Прусаков В. Ф., Зайкова Ф. М. Применение транскраниальной микрополяризации в комплексной реабилитации детей с расстройством экспрессивной речи. Вестник современной клинической медицины. 2019; 1: 64–69.
3. Каркищенко Н. Н., Вартаков А. А., Чудина Ю. А., Чайванов Д. Б. Алгоритм расчета вариативности и величины воздействия электрического тока на основе математической модели растекания тока при транскраниальной микрополяризации по данным стереотактических координат. Биомедицина. 2017; 1: 4–9.
4. Брагина О. А., Семьякина-Глушкова О. В., Трофимов А. О., Брагин Д. Е. О механизмах модуляции мозгового кровотока при транскраниальной электрической стимуляции. Медицинский альманах. 2018; 5 (56): 68–71.
5. Чайванов Д. Б., Чудина Ю. А. Применение нейромодуляции для коррекции психофункциональных состояний в процессе трансактного анализа. Вестник РУДН. Серия: Психология и педагогика. 2011; 4: 38–43.
6. Муравьев С. В., Кравцова Е. Ю., Черкасова В. Г., Антропов Е. С., Влияние трансвертебральной микрополяризации спинного мозга на систему вегетативной регуляции по данным

вариационной кардиоинтервалографии у детей и подростков с заболеваниями позвоночника. Медицинский альманах. 2017; 2 (47): 66–69.

7. Сирбиладзе Г. К., Суслова Г. А., Пинчук Д. Ю., Сирбиладзе Т. К. Возможность применения транспинальной микрополяризации для коррекции церебрального кровообращения. Педиатрия. 2017; 6: 50–55.
8. Скоромец Т. А., Нарышкин А. Г., Горелик А. Л. Солярная микрополяризация в комплексном лечении больных с заболеваниями вегетативной нервной системы. Методические рекомендации. СПб.: Изд. Центр СПб НИПНИ им. В.М. Бехтерева, 2011; 13 с.
9. Нарышкин А. Г., Галанин И. В., Горелик А. Л., Скоромец Т. А.,

Второв А. В., Лисичик М. В., и др. Неспецифический метод лечения соматоформных, вегетативных и гипоталамических расстройств. Обзорение психиатрии и медицинской психологии. 2015; 3: 56–63.

10. Суворов Н. Ф., Таиров О. П. Психофизиологические механизмы избирательного внимания. Л.: Наука, 1985; 286 с.
11. Бакуткин В. В. Исследование зрачковых реакций в медицинской практике. Саратов: Амирит, 2017; 120 с.
12. Filipe JA. Assessment of autonomic function in high level athletes by pupillometry. Auton Neurosci. 2003; 104 (1): 66–72.
13. Stang J. Assessment of Parasympathetic Activity in Athletes: Comparing Two Different Methods. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2016; 48 (2): 316–22.

References

1. Lipatova AS, Kade AX, Trofimenko AI, Polyakov PP. Korrekciya stress-inducirovannykh nejroimmunoendokrinnykh narushenij u samcov krysa s nizkoj ustojchivost'yu k stressu primeneniem transkraniyal'noj ehlektrostimulyacii. Chelovek i ego zdorov'e. 2018; 3: 58–68. Russian.
2. Knyazeva OV, Belousova MV, Prusakov VF, Zaikova FM. Primenenie transkraniyal'noj mikropolyarizacii v kompleksnoj rehabilitacii detej s rasstrojstvom ehkspressivnoj rechi. Vestnik sovremennoj klinicheskoy mediciny. 2019; 1: 64–69. Russian.
3. Karkishhenko NN, Vartanov AA, Chudina YuA, Chajvanov DB. Algoritm rascheta variabel'nosti i velichiny vozdejstviya ehlektricheskogo toka na osnove matematicheskoy modeli rastekaniya toka pri transkraniyal'noj mikropolyarizacii po dannym stereotakticheskix koordinat. Biomedicina. 2017; 1: 4–9. Russian.
4. Bragina OA, Semyachkina-Glushkovskaya OV, Trofimov AO, Bragin DE. O mexanizmax modulyacii mozgovogo krovotoka pri transkraniyal'noj ehlektricheskoy stimulyacii. Medicinskij al'manax. 2018; 5 (56): 68–71. Russian.
5. Chajvanov DB, Chudina YuA. Primenenie nejromodulyacii dlya korrekcii psixofunkcional'nyx sostoyanij v processe transaktnogo analiza. Vestnik RUDN. Seriya: Psixologiya i pedagogika. 2011; 4: 38–43. Russian.
6. Muravyev SV, Kravcova EYu, Cherkasova VG, Antropov ES, Vliyanie transvertebral'noj mikropolyarizacii spinnogo mozga na sistemu vegetativnoj regulyacii po dannym variacionnoj kardiointervalografii u detej i podrostkov s zabolevaniyami pozvonochnika. Medicinskij al'manax. 2017; 2 (47): 66–69. Russian.
7. Sirbiladze GK, Suslova GA, Pinchuk DYU, Sirbiladze TK. Vozmozhnost' primeneniya transspinal'noj mikropolyarizacii dlya korrekcii cerebral'nogo krovoobrashheniya. Peditriya. 2017; 6: 50–55. Russian.
8. Skoromec TA, Naryshkin AG, Gorelik AL. Solyarnaya mikropolyarizaciya v kompleksnom lechenii bol'nyx s zabolevaniyami vegetativnoj nevrnoj sistemy. Metodicheskie rekomendacii. SPb.: Izd. Centr SPb NIPNI im. V.M. Bextereva, 2011; 13 s. Russian.
9. Naryshkin AG, Galanin IV, Gorelik AL, Skoromec TA, Vtorov AV, Lisichik MV, i dr. Nespecificheskij metod lecheniya somatofornnyx, vegetativnyx i gipotalamicheskix rasstrojstv. Obozrenie psixiatrii i medicinskoj psixologii. 2015; 3: 56–63. Russian.
10. Suvorov NF, Tairov OP. Psixofiziologicheskie mexanizmy izbiratel'nogo vnimaniya. L.: Nauka, 1985; 286 s. Russian.
11. Bakutkin VV. Issledovanie zrachkovyx reakcij v medicinskoj praktike. Saratov: Amirit, 2017; 120 s. Russian.
12. Filipe JA. Assessment of autonomic function in high level athletes by pupillometry. Auton Neurosci. 2003; 104 (1): 66–72.
13. Stang J. Assessment of Parasympathetic Activity in Athletes: Comparing Two Different Methods. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2016; 48 (2): 316–22.