https://doi.org/10.29296/25877305-2019-01-03

Транскраниальная электростимуляция как эффективный физиотерапевтический метод

Ю. Бяловский[1], доктор медицинских наук, профессор,
С. Булатецкий[2], доктор медицинских наук,
А. Иванов[3],
Л. Дерягина[4], доктор медицинских наук, профессор,
Е. Глушкова[5], кандидат медицинских наук,
И. Ракитина[1], кандидат медицинских наук
[1]Рязанский государственный медицинский университет,
[2]Рязанский филиал Московского университета МВД России им. В.Я. Кикотя
[3]АО «Елатомский приборный завод», Елатьма, Рязанская область
[4]Московский университет МВД России им. В.Я. Кикотя
[5]Медико-санитарная часть МВД России по Рязанской области
E-mail: b_uu@mail.ru

Оценена эффективность транскраниальной электростимуляции (ТЭС). ТЭС – физиотерапевтический метод, точками приложения которого являются активация стресс-лимитирующей системы, воздействие на цитокиновые сети и стимуляция опиоидергической системы. На сегодня достоверно изучена роль неспецифических адаптационных механизмов в патогенезе тех или иных заболеваний. Понимание явления ТЭС и ее внедрение в клиническую практику как дополнения к медикаментозной терапии имеет большие возможности. Суть данного метода заключается в воздействии импульсным током на головной мозг через покровы черепа. Один из наиболее важных компонентов ТЭС – стресс-лимитирующая система, и все эффекты метода обусловлены ее центральным и периферическим влиянием.

Ключевые слова: терапия, транскраниальная электростимуляция, антиноцицептивная система, опиоидергическая система, β-эндорфины, стресс-лимитирующая система.

Для цитирования: Бяловский Ю., Булатецкий С., Иванов А. и др. Транскраниальная электростимуляция как эффективный физиотерапевтический метод // Врач. – 2019; 30 (1): 17–26. https://doi.org/10.29296/25877305-2019-01-03

В последние годы постоянно повышается интерес к нетрадиционным методам лечения, в частности, транскраниальной электростимуляции (ТЭС), которая все шире используется в лечении различных синдромов и заболеваний [1, 2].

ТЭС называют любое воздействие на центральную нервную систему (ЦНС) через мягкие ткани и кости черепа с помощью электрического тока. Воздействие электро- и магнитотерапии менее специфично, чем воздействие фармакологических методов лечения невропатической боли: при транскраниальном воздействии нельзя говорить о конкретных синаптических мишенях, и его влияние на ЦНС сильнее и универсальнее. Медикаментозные препараты обеспечивают более быстрый эффект, а транскраниальные методы позволяют сохранить его на долгий срок, в том числе – за счет купирования сопутствующих патологических синдромов [3].

В лечении невропатической боли представляется перспективным совместное использование аналгезирующих средств и транскраниальной физиотерапии с целью уменьшения доз препаратов и пролонгирования эффекта их курсового применения.

В России первыми предложили использовать электровоздействие для обеспечения аналгезии при анестезиологическом пособии в родах Л.С. Персианинов, Э.М. Каструбин и Н.Н. Расстригин [4]. Механизм развития анальгетического эффекта (АЭ) в результате электровоздействия они объясняли глубоким торможением или парабиозом нейронов головного мозга (ГМ), а состояние электроаналгезии трактовали как промежуточную стадию между электросном и электронаркозом.

Серийное производство аппаратуры для электрообезболивания в нашей стране связано с производством аппаратов типа «Электросон» и «Электронаркон-1»; впоследствии появились в значительной степени аналогичные им аппараты «Лэнар», «Пэлана», «Бил-Энар». Аппараты этой группы принадлежат к практически одному классу аппаратуры, генерирующей непрерывные импульсы в сочетании с дополнительной гальванической составляющей, изменяющейся в узких пределах. За длительный период изучения транскраниальной электроаналгезии (ТЭА) было испытано множество разных по характеристикам режимов электрических воздействий. В Институте физиологии им. И.П. Павлова АН СССР и ВНИИ пульмонологии МЗ СССР В.П. Лебедевым, Я.С. Кацнельсоном, В.А. Леоско и соавт. был разработан и экспериментально обоснован режим ТЭС прямоугольными импульсами с частотой 77 Гц длительностью 3,75±0,25 мс в сочетании с гальванической составляющей, в 2–5 раз превышающей по величине средний импульсный ток [5]. Указанные параметры являются строго критичными. Экспериментально доказано, что АЭ достигает максимума именно при таком режиме. При изменении частоты или длительности импульсов, а также соотношения между величинами постоянного и импульсного тока АЭ резко ослабевает. В случае изменения любого из этих параметров на 10–15% аналгезия прекращается [6]. Пороговая величина суммарного тока составляет 3,0–3,5 мА. Воздействие суммарным током меньшей величины АЭ не дает. Обезболивающий эффект при предложенной ТЭС развивается вследствие воздействия импульсного тока, а постоянный ток способствует его проявлению и предотвращает развитие судорожного синдрома, вызываемого импульсным то-

ком [7]. Кроме того, под влиянием постоянного тока значительно уменьшается сопротивление кожи, что позволяет увеличить силу импульсного тока без повышения напряжения и тем самым повысить его АЭ [8]. Расположение электродов, как и при других видах ТЭА, остается лобно-мастоидальным.

ТЭС избирательно активирует структуры мозга, продуцирующие β-эндорфин, серотонин и другие нейротрансмиттеры с помощью импульсного электрического воздействия, подаваемого через головные накожные электроды.

Исследовалось влияние ТЭС на психофункциональное состояние спортсменов, занимающихся единоборствами и силовыми видами спорта. Исследования показали, что эффект 1 сеанса ТЭС заключался в повышении экономичности деятельности сердечно-сосудистой системы и ускорении процессов срочного восстановления после соревновательной нагрузки. Кумулятивный эффект курса ТЭС проявлялся оптимизацией деятельности ЦНС при решении задач, требующих повышенной концентрации внимания и зрительно-моторной координации [9].

Сравнивая выраженность анальгетических эффектов, развивающихся при использовании этой и других методик ТЭА, выяснили, что даже при меньшей средней силе тока ТЭС по методу В.П. Лебедева и соавт. вызывает более выраженную аналгезию, чем другие способы [10].

Один из механизмов развития АЭ при ТЭС – активация эндорфинных структур антиноцицептивной системы (АНС) [11]. В более поздних публикациях показано участие серотонинергических, холинергических и ГАМК-ергических структур в реализации стимуляционной аналгезии [12].

Опиоидная природа ТЭА по методу В.П. Лебедева и соавт. подтверждена многочисленными экспериментальными и клиническими наблюдениями.

В экспериментах на кроликах показано, что под влиянием ТЭС в заданном режиме увеличивается содержание β-эндорфина в спинномозговой жидкости в среднем на 320%, в дорсальной половине спинного мозга – на 320%, в среднем мозге – на 250% и несколько снижается в гипофизе (на 12%) при незначительных изменениях содержания β-эндорфинов в гипоталамусе [13]. Подобные изменения наблюдаются также при непосредственной электростимуляции участков ствола мозга, входящих в состав АНС. После окончания ТЭС концентрация β-эндорфинов в ликворе снижается примерно на 24% [10]. Электростимуляция в режиме токов Лиможа также ведет к нарастанию содержания β-эндорфинов в ликворе на фоне АЭ. Интересно отметить, что аналогичные изменения в содержании эндогенных опиатов отмечаются при рефлексотерапии [12].

АЭ при ТЭС блокируется налоксоном – антагонистом опиоидных рецепторов, что подчеркивает ее опиоидергический механизм [10, 13].

При использовании ТЭС в качестве компонента анестезиологического пособия величина силы тока в 3–4 раза превосходит таковую при лечении болевых синдромов. В 1-м случае концентрация β-эндорфина в плазме крови пациентов возрастает в 10–13 раз, во 2-м – в 3–5 раз [7].

АЭ отсутствует у животных с предварительно выработанной толерантностью к морфину и появляется по мере ее исчезновения [10, 11]. У лиц с пониженной чувствительностью к опиатам, обусловленной их периодическим применением или врожденными особенностями организма, АЭ также не наблюдается. Таким образом, подавление болевой чувствительности при ТЭС осуществляется с участием опиатных механизмов АНС [10]. Кроме того, развитие АЭ при ТЭС в значительной мере зависит от активации серотонинергического звена АНС и практически не зависит от активации адренергического звена, что доказано экспериментально введением соответствующих блокаторов [10].

Для определения структур мозга, участвующих в формировании АЭ, в опытах на крысах использовали метод метаболического картирования с 3Н-дезоксиглюкозой (ауторадиография) [10, 13]. Показано, что на фоне ТЭС активируются структуры, входящие в АНС (ядра гипоталамуса, особенно дорсомедиальное, дорсальная и вентральная части околоводопроводного серого вещества).

Кроме β-эндорфинов, в развитии анальгетического эффекта участвуют и другие опиоидные пептиды [11, 13]. Об участии энкефалинов в механизмах электроаналгезии свидетельствует потенцирование АЭ D-фенилаланином, ингибитором карбоксипептидазы А – мембраносвязывающего фермента, расщепляющего преимущественно энкефалины [13].

Благодаря легкому и быстрому достижению обезболивания, отсутствию побочных явлений, токсических и аллергических осложнений ТЭС получила широкое распространение в клинической практике. Первоначально ТЭС активно использовалась как компонент анестезиологического пособия и средство купирования болевых синдромов [10]. Необходимо отметить, что данный режим электрического воздействия (соотношение постоянного и переменного тока – 2:1, частота – 77 Гц, длительность импульса – 3,75 мс) вызывает выраженный АЭ и при этом не оказывает наркотического действия.

При использовании ТЭС оценивали адекватность анестезиологического пособия по показателям общей и внутрилегочной гемодинамики, которые оставались стабильными, в то время как при использовании обычной анестезии они значительно колебались [14]. Использование ТЭС обеспечивает не только адекватность анестезиологического пособия при полном отказе от применения наркотических анальгетиков и уменьшении доз нейролептиков, но и благоприятное течение раннего послеоперационного периода, который харак-

теризуется наличием следовой аналгезии [10, 15]. Кроме того, в эксперименте показано, что ТЭС не ухудшает реологических свойств крови и даже оказывает положительное действие на некоторые из них – снижает вязкость плазмы, замедляет агрегацию эритроцитов [16].

Изучено влияние ТЭС на рецепторные единицы кожи разных видов. ТЭС снижает чувствительность рецепторов к тактильному и болевому стимулам. Похожее действие оказывает лейцин-энкефалин, введенный внутрикожно, близко от рецепторов. Изменения в функционировании сенсорных окончаний обратимы. Налоксон предупреждает этот эффект. Таким образом, опиаты участвуют и в регуляции кожной рецепции [17].

В последнее время установлено, что нарушения функционирования опиоидных систем мозга могут играть роль в патогенезе алкогольного абстинентного синдрома (ААС), а также при приеме наркотических веществ. Синдром отмены в значительной степени обусловлен блокадой эндогенной опиоидной системы, поэтому метод ТЭС, вызывающий активацию эндорфинергических систем мозга, применяется при лечении ААС. Согласно данным исследований, ТЭС в этом режиме достоверно эффективнее купирует ААС, чем в других режимах, а в отношении ряда симптомов она эффективнее реланиума. Параллельно с клиническим улучшением у больных на фоне ТЭС наблюдается нормализация обмена биогенных аминов, выраженность нарушений которого отражает тяжесть ААС [5, 18].

Транскраниальная магнитотерапия (ТМ) в сочетании с электростимуляцией или лазеростимуляцией эффективна в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой. У ряда больных, помимо улучшения зрительных функций, зафиксированы стабилизация АД, уменьшение головных болей, головокружения, связанных с хронической ишемией мозга. Применение ТМ позволяет добиться повышения основных функциональных, электрофизиологических и гемодинамических показателей вследствие снижения активности симпатической нервной системы и уменьшения вазопрессорного эффекта. Улучшение мозгового кровообращения обусловливает умеренное повышение биоэлектрической активности мозга. У пациентов с первичной открытоугольной глаукомой на фоне хронической ишемии ГМ методика ТМ эффективнее традиционных методов вазоактивной терапии, что проявляется не только повышением зрительных функций, но и уменьшением когнитивных расстройств (КР) [19].

Сравнивали эффекты действия низкочастотной ритмической электростимуляции на подкорковые структуры ГМ спортсменов после физической нагрузки в условиях дополнительного действия чрезмерных доз кофеина и без него [20]. Изучалась возможность использования низкочастотной ритмической электростимуляции подкорковых структур мозга человека (метод электросна) для коррекции состояния гиперактивации нервной системы. В качестве модели гиперактивации был избран прием больших доз кофеина. Считается, что состояние электросна является аналогом естественного сна, искусственно создаваемым с помощью транскраниального электрического воздействия тока. В исследование включили 24 спортсменов-легкоатлетов в возрасте 22,5±2,5 года (мужчины; масса тела – 64±3 кг). Для получения электросна с помощью прибора «Электросон-ЭГСАР-01» осуществлялась ТЭС глазнично-затылочным способом; применяли прямоугольные импульсы частотой 6 Гц. Перед экспериментом спортсмены пробегали 10 км с предшествующим приемом 300 мг кофеина. Регистрировались параметры дыхания, частота сердечных сокращений, SpO_2. Обнаружено, что электросон на фоне кофеина увеличивал показатели дыхательной и сердечной деятельности, нивелировал стимулирующие эффекты препарата и обеспечивал в течение 25 мин улучшение реакции и оптимизацию физиологических процессов. Показано, что низкочастотная ритмическая электростимуляция позволяет эффективно купировать кофеиновую гиперактивацию нервной системы у спортсменов. Обнаружены изменения показателей дыхательной и сердечной деятельности по сравнению с таковыми в состоянии покоя, сопровождающие состояние электросна и делающие его сходным с состоянием релаксации [20].

У спортсменов с симпатикотоническим типом вегетативной регуляции корригирующие мероприятия, включающие в себя ТЭС и игровое биоуправление, улучшили показатели вегетативного статуса: снизился уровень централизации регуляторных механизмов вегетативной нервной системы (ВНС), повысилась общая мощность спектра вариабельности сердечного ритма. При раздельном использовании методов ТЭС оказывает большее, чем игровое биоуправление, влияние на состояние надсегментарного и сегментарного аппаратов ВНС, позитивно влияет на уровень реактивной тревожности [21].

При нарушениях мозгового кровообращения на протяжении многих лет с успехом применяются физиотерапевтические факторы, среди которых особый интерес привлекают методы ТЭС и транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) [22]. Результаты их клинического применения у пациентов, перенесших ишемический инсульт (ИИ), свидетельствуют об ускорении регресса моторных, речевых и мнестических нарушений и обеспечении положительной динамики нейрофизиологических, гемодинамических, реологических показателей [22]. Весьма ценно положительное терапевтическое влияние транскраниальных воздействий на психоэмоциональный статус пациентов. Считается, что указанные эффекты ТЭС и ТМС реализуются, в частности, посредством стимуляции выработки эндорфинов, серотонина и некоторых других нейротрансмиттеров и нейромодуляторов, влияющих на важнейшие процессы регуляции гомеостаза организма [22].

Показано, что ТЭС может быть рекомендована в качестве одного из эффективных методов ранней реабилитации пациентов, перенесших реконструктивные операции на магистральных артериях головы [23]. Ее основным целевым направлением является коррекция доминирующих в послеоперационном периоде неврозоподобных психоэмоциональных расстройств и КР. Применение ТЭС обеспечивает повышение устойчивости внимания, снижение личностной и ситуационной тревожности, уровня депрессии, что находит отражение как в результатах нейропсихологического тестирования, так и в положительной динамике параметров электроэнцефалограммы (ЭЭГ) – коэффициент когерентности, волновая задержка, межполушарная асимметрия пиковых амплитуд поздних компонентов акустических вызванных потенциалов [23].

ТЭС нашла практическое применение и в наркологической клинике, в частности для купирования ААС. После ТЭС значимо снижается уровень тревожности у пациентов, страдающих алкогольной зависимостью, уменьшается когнитивная дисфункция, улучшаются показатели кратковременной памяти. Происходит нормализация уровня биогенных аминов и эндогенных опиатов в плазме крови и спинномозговой жидкости, что позволяет использовать процедуру как антистрессовое средство для профилактики и уменьшения выраженности последствий дистресса [24].

Применение ТЭС позволило активизировать адаптационные возможности организма, усилить эффективность базисной терапии, уменьшить болевой синдром, улучшить психоэмоциональное состояние больных, что позволяет рекомендовать программу восстановительной терапии с включением ТЭС для лечения и профилактики профессиональных заболеваний – вибрационной болезни и пояснично-крестцовой радикулопатии. Применение ТЭС в базисном лечении способствует более существенной положительной динамике клинических проявлений заболевания, выраженному регрессу болевых проявлений, позитивно влияет на состояние психоэмоциональной сферы, повышает уровни социальной адаптации и физического функционирования больных с профессиональными заболеваниями нервной системы [24, 25].

Говоря о терапевтических возможностях ТЭС, исследователи отмечают, что ТЭС является высокоэффективным неинвазивным методом немедикаментозного лечения, широкие показания к которому доказаны экспериментальными и клиническими исследованиями. ТЭС позволяет в 2–5 раз сократить количество используемых медикаментозных препаратов, включая анальгетики, инфузионные жидкости, антибиотики, иммуномодуляторы, антидепрессанты, некоторые гормональные средства и нередко полностью от них отказаться [26].

Оценены также эффективность и безопасность метода транслингвальной стимуляции с помощью аппарата Brain Port Balance Device во время занятий на роботизированных комплексах Erigo и Lokomat у пациентов с гемипарезом в остром периоде ИИ в бассейне средней мозговой артерии. Выявлено положительное влияние транслингвальной стимуляции вестибулярных ядер ствола мозга, мозжечка и роботизированной механотерапии на степень восстановления функции ходьбы у больных с церебральным инсультом, а также на показатели центральной и церебральной гемодинамики [27].

Доказано, что курсовое применение ТЭС эндорфинных структур мозга оказывает стойкое положительное влияние на физиологические и эмоционально-аффективные показатели функционального состояния организма операторов. После проведения курса процедур улучшились их работоспособность, самочувствие, активность, настроение, снизились усталость, конфликтность, ситуативная и личностная тревожность. Применение курса ТЭС ГМ способствует сохранению профессиональной работоспособности операторов благодаря снижению тонуса симпатико-адреналовой системы, что, в свою очередь, снижает физиологическую цену деятельности и оптимизирует функционирование нервной системы. Данный метод может быть использован как элемент комплекса мероприятий для восстановления профессиональной работоспособности операторов [28].

Проведен анализ изменения уровня адреналина в крови пациенток в патологическом прелиминарном периоде под воздействием ТЭС-терапии [29], изучены коррекция вегетативных нарушений, создание биологической готовности организма к родам, нормализация сократительной деятельности матки, возможность лечения фетоплацентарной недостаточности. Повышенный уровень адреналина в крови обследованных беременных под влиянием ТЭС-терапии значительно снижался, что давало выраженный клинический эффект. Клинически применение ТЭС-терапии в патологическом прелиминарном периоде сопровождалось общим улучшением психосоматического состояния, снижением болевого синдрома и патологического тонуса миометрия, нормализацией сна. Применение ТЭС-терапии в сочетании с традиционными методами лечения модулирует функциональное состояние ВНС, что проявляется увеличением функциональных резервов организма беременной [29].

ТЭС использовали для коррекции дисбаланса про- и противовоспалительных цитокинов при экспериментальном инфаркте миокарда (ИМ). Было показано, что наблюдаемый при экспериментальном ИМ дисбаланс про- и противовоспалительных цитокинов при ТЭС-терапии (перед моделированием и после моделирования ИМ) давал выраженный противовоспалительный эффект. Применение ТЭС-терапии при моделировании острого ИМ приводило к достоверному снижению уровня провоспалительных (ИЛ1,

ИЛ6, ФНОα) и росту уровней противовоспалительных (ИЛ10) цитокинов. Использование ТЭС-терапии показано в комплексном лечении ИМ (при отсутствии противопоказаний для ее применения), особенно на ранних стадиях развития ИМ [30].

В эксперименте применяли ТЭС для коррекции АД у собак [31]. Установлено, что у животных с нормальным АД эффекты ТЭС были слабовыраженными, а при гипертонии и гипотонии электростимуляция оказывала нормализующее действие. При этом введение антагониста опиоидных пептидов налоксона снижало гомеостатические эффекты ТЭС. Серия опытов свидетельствовала о выраженном влиянии ТЭС на АД у собак и подтвердила участие опиоидергической системы мозга в регуляции гемодинамических процессов в организме животных. Под действием ТЭС в структурах антиноцицептивной системы вырабатываются эндогенные опиоиды, в частности эндорфины и энкефалины, дающие вазомоторные эффекты. Если учесть, что эндорфинергические и энкефалинергические системы оказывают противоположное влияние на механизмы регуляции гемодинамики, гомеостатические эффекты ТЭС вполне объяснимы: при повышенном АД срабатывает 1-я система, а при пониженном – 2-я. Именно поэтому нормальные параметры АД при ТЭС остаются практически неизменными, а при нарушениях АД изменяются [32].

Исследовано применение сочетанной ТМ и ТЭС аппаратом АМО-АТОС-Э для лечения КР у больных, перенесших инсульт. Показано, что сочетанная терапия способствовала более эффективному повышению когнитивных функций у больных с ИИ в ранний восстановительный период, чем комбинированное (последовательное) применение этих же факторов, что позволяет рекомендовать сочетанную методику для комплексной реабилитации лиц, перенесших инсульт [33].

Комплексное клинико-лабораторное обследование и динамическое исследование общего и местного иммунного статуса больных с открытым переломом нижней челюсти показало, что включение в схему традиционного лечения ТЭС позволяет быстрее стабилизировать состояние общего и местного иммунитета, вследствие чего оптимизируется течение раневого процесса, повышается эффективность лечения и сокращается срок пребывания пациентов в стационаре [34].

В результате ТЭС-терапии симптомы энуреза исчезли у 73,6% больных (в контрольной группе – у 50%). Среднеэффективный объем мочевого пузыря увеличился в основной группе на 63,4% (в контрольной – на 38,3%). Анализ ЭЭГ показал, что частота регистрации α-ритма в основной группе увеличилась на 23,7% (в контрольной на – 6,2%). Результаты исследования дают основание сделать вывод о корригирующем влиянии модифицированной ТЭС-терапии на клинические электрофизиологические показатели у больных с нейрогенными дисфункциями мочевого пузыря и ночного энуреза; ТЭС воздействует на парацентральные звенья

патогенеза заболевания и общие адаптационные резервы организма детей. Данная методика по эффективности, безопасности и устойчивости клинического результата превосходит базовую лекарственную терапию, обеспечивая достижение терапевтического эффекта в отношении ночного энуреза на уровне 80% при отсутствии лекарственной нагрузки на ребенка. Одновременно с купированием симптомов основного заболевания наблюдались нормализация психовегетативных реакций, сна, настроения, улучшение успеваемости в школе [35].

У спортсменов после соревнований снижается функциональное состояние организма, преобладает активность симпатического звена вегетативной регуляции на фоне уменьшения активности парасимпатического звена. Сеанс ТЭС приводит к восстановлению баланса между отделами ВНС и статистически значимому сокращению длительности восстановления регуляции вегетативных функций организма спортсменов [36].

Как уже упоминалось, ТЭС обеспечивает повышение устойчивости внимания, снижение личностной и ситуационной тревожности, уровня депрессии и может быть рекомендована в качестве одного из эффективных методов ранней реабилитации пациентов, перенесших реконструктивные операции на магистральных артериях головы с постоперационными нарушениями астенического характера [37].

Установлено, что ТЭС способствует снижению систолического АД на 13,8% и диастолического – на 15,4%, уменьшению абсолютных значений мощности электрической активности ГМ в диапазоне θ и β, повышению α-активности по данным ЭЭГ, уменьшению степени выраженности астении и тревожно-депрессивной симптоматики в 1,4 раза, повышению функциональных резервов организма и качества жизни больных гипертонической болезнью [38].

Нельзя не отметить ярковыраженные нейропротективные, противовоспалительные, антигипоксические и дерматопротективные свойства ТЭС-терапии [39]. Нейропротективные и антигипоксические свойства ТЭС-терапии, продемонстрированные в экспериментах, свидетельствуют о высоком клиническом потенциале метода и возможности в будущем обеспечивать высокую результативность в случае применения у пациентов с ИИ. Эффект ТЭС проявлялся уменьшением очага инфаркта ГМ, несмотря на сохраняющуюся гипоперфузию при ИИ [39]. Применение ТЭС-терапии при инсульте снижает продукцию провоспалительных цитокинов – ИЛ1β, ИЛ6, чем заметно нивелирует их разрушительное действие. В клинических исследованиях действие ТЭС-терапии достоверно снижало уровень провоспалительных цитокинов на 8-е сутки лечения и увеличивало содержание противовоспалительных цитокинов в крови и ликворе [39].

Точкой приложения лечебного действия ТЭС в лечении черепно-мозговой травмы (ЧМТ) являются цитокиновые сети и стресс-реализующие системы. При изучении эффективности ТЭС-терапии при закрытой изолированной ЧМТ наблюдалось достоверное снижение уровня провоспалительных цитокинов у пациентов, стандартный протокол лечения которых дополнялся применением неинвазивной ТЭС [40]. Помимо этого, есть данные о возможности использования ТЭС-терапии для поддержания достаточного уровня β-эндорфина при изолированной ЧМТ средней и тяжелой степени. Это представляется крайне важным моментом течения ЧМТ, при которой уровень β-эндорфина снижается [41]. Индукция повышения содержания β-эндорфина и ограничение повреждающего действия провоспалительных цитокинов вследствие восстановления цитокинового баланса при ЧМТ важны для профилактики осложнений и ускорения реабилитации пациентов [42].

Патологический прелиминарный период – достаточно серьезное осложнение, при котором одним из ключевых звеньев является вегетативный дисбаланс, а именно – значительное повышение уровня адреналина и норадреналина. При данном состоянии отмечаются вегетативные нарушения (потливость, нарушения сна и др.), а в дальнейшем – развитие гипоксии плода. ТЭС-терапия в дополнение к основной терапии в данном случае способствовала достоверному снижению уровня адреналина, норадреналина и, следовательно, увеличению функциональных резервов организма роженицы [43].

Исследования применения ТЭС-терапии в комплексе с основным лечением у пациенток с гестозом также демонстрируют ее положительное влияние (гомеостатический эффект, коррекция цитокинового профиля, нормализация микроциркуляции, отсутствие снижения уровня β-эндорфина, что свидетельствует об отсутствии дисфункции стресс-лимитирующей системы) [44].

В случае применения ТЭС при синдроме хронической усталости происходит нормализация цитокинового статуса, вследствие чего исчезают симптомы, связанные с цитокиновым дисбалансом. Сочетание ТЭС и магнитотерапии представляет собой комбинированную транскраниальную физиотерапию, которая характеризуется положительными результатами в виде купирования признаков вегетативной дисфункции и дезадаптации у подавляющего большинства пациентов [45].

В 2013 г. J. Jansen и соавт. провели метаанализ с целью оценить влияние неинвазивной ТЭС дорсолатеральной префронтальной коры ГМ на зависимость от психоактивных веществ (ПАВ) и еды. В ходе исследования сравнивали также эффективность ТМС и ТЭС. Были отобраны и проанализированы 17 статей. С помощью эффекта случайных чисел учеными был

обнаружен объединенный стандартизованный эффект: 0,476 (доверительный интервал: 0,316–0,636), показывающий среднее воздействие нейростимуляции на снижение влечения к ПАВ и употребление пищи (z=5,832; p<0,001). Существенной разницы между 2 разновидностями неинвазивной стимуляции ГМ не отмечено. Однако исследование подтвердило, что обе методики неинвазивной стимуляции дорсолатеральной префронтальной коры ГМ приводят к достоверному снижению влечения к ПАВ [46].

Достаточно высокую эффективность ТЭС демонстрирует в лечении алкогольной зависимости, нейтрализуя ее явления и нормализуя поведенческие реакции [47]

ТЭС, проводимая в постабстинентный период, положительно влияет на динамику патологического влечения к алкоголю, эмоциональных (тревожность, депрессия) и вегетативных нарушений. В постабстинентный период она оказывает положительное влияние на динамику оперативной аудиальной памяти, однако позитивное влияние на функцию зрительной оперативной памяти невелико и не может считаться статистически достоверным. ТЭС-терапия значимо улучшает результаты антиалкогольного лечения: терапевтические ремиссии становятся продолжительнее, рецидивы возникают реже. Число больных основной группы, достигших фазы сформировавшейся ремиссии (53%), превосходило число пациентов контрольной группы (34,9%) [48].

Применение трансцеребральной магнитотерапии при миоме матки у больных в раннем послеоперационном периоде быстрее улучшало общее состояние, что проявлялось выраженным регрессом клинических симптомов: купированием боли, уменьшением объема кровопотери и длительности менструальных выделений, более регулярным менструальным циклом. Сумма баллов оценки клинического статуса пациенток уменьшилась с 8,9±2 до 3,7±0,7 балла, что свидетельствовало о тенденции к более выраженному регрессу жалоб. Кровоток в миометрии прооперированных женщин через 6 мес практически не отличался от такового у здоровых женщин, что расценивалось как завершение репаративных процессов в области вылущивания миоматозных узлов [49].

Оптимизируя концентрации серотонина и кортизола, ТЭС нормализует вегетососудистую регуляцию и включает механизмы, увеличивающие антиоксидантную активность, что повышает адаптационные возможности организма. В результате подготовки шейки матки с использованием ТЭС у беременных готовность организма к родам выражается в «зрелости» шейки матки и адекватной вегетативной регуляции.

При изучении психологического профиля личности после лечения обнаруживались нормальное психоэмоциональное состояние обследованных, снижение уровня реактивной тревожности, что, по-видимому, можно объяснить способностью ТЭС повышать выработку эндорфинов, благоприятно влияющих на эмоциональное состояние и приводящих к снижению напряжения, беспокойства, нервозности. У женщин с перенашиванием беременности показатель самопроизвольных родов был в 2,4 раза выше, т.е. происходили более ускоренная перестройка вегетативной регуляции и формирование родовой доминанты. Частота оперативного родоразрешения снижалась, средняя продолжительность родов у первородящих и повторнородящих была короче общей продолжительности родов. Приведенные факты указывают на ускорение формирования родовой доминанты на фоне применения ТЭС. Следствием анальгетического и спазмолитического действия ТЭС, а также адекватного поведения рожениц на фоне улучшения психоэмоционального состояния было снижение частоты аномалий родовой деятельности [50].

Использование ТЭС у раненых с признаками психической дезадаптации выявило ее высокую эффективность как методики психоэмоциональной коррекции, применяющейся в комплексе восстановительного лечения пациентов с последствиями боевой травмы [51].

Наиболее успешны в лечении частичной атрофии зрительного нерва транскраниальные методики воздействия физическими факторами с использованием принципа обратной биологической связи, сочетанные физиотерапевтические воздействия (не менее 2 физических факторов) и медикаментозные препараты [52].

Таким образом, ТЭС со строго критичными параметрами электровоздействия имеет несомненные преимущества перед другими методами лечения благодаря активации АНС и дает анальгетический, репаративный, седативный, иммуномодулирующий и противоопухолевый эффекты. Простота и доступность метода, практическое отсутствие осложнений и противопоказаний делают целесообразным его широкое использование в клинической практике, в том числе и в педиатрии. ТЭС-терапия – физиотерапевтический метод, точками приложения которого являются активация стресс-лимитирующей системы, воздействие на цитокиновые сети и стимуляция опиоидергической системы. На сегодня есть достоверные данные о роли неспецифических адаптационных механизмов в патогенезе тех или иных заболеваний [53, 54]. Их понимание и внедрение ТЭС-терапии в клиническую практику в дополнение к медикаментозной терапии дает большие возможности [55]. Суть метода заключается в воздействии импульсным током на ГМ через покровы черепа. Один из наиболее важных компонентов ТЭС-терапии – стресс-лимитирующая система, и все эффекты данного метода обусловлены ее центральным и периферическим влиянием.

* * *

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/Reference

1. Акимов Г.А., Заболотных В.А., Лебедев В.П. Транскраниальное электровоздействие в лечении вегетососудистой дистонии // Журн. невропатол. и психиат. – 1991; 91 (7): 75–8 [Akimov G.A., Zabolotnykh V.A., Lebedev V.P. Transkranial'noye elektrovozdeystviye v lechenii vegetososudistoy distonii // Zhurn. nevropatol. i psikhiatr. – 1991; 91 (7): 75–8 (in Russ.)].

2. Голиков А.П., Павлов В.А., Карев В.А. и др. Влияние транскраниальной электростимуляции опиоидных систем на репаративные процессы у больных инфарктом миокарда // Кардиология. – 1989; 29 (12): 45–8 [Golikov A.P., Pavlov V.A., Karev V.A. et al. Vliyaniye transkranial'noy elektrostimulyatsii opioidnykh sistem na reparativnyye protsessy u bol'nykh infarktom miokarda // Kardiologiya. – 1989; 29 (12): 45–8 (in Russ.)].

3. Разумов А.Н., Мельникова Е.А. Нейрофизиологические основы эффективности транскраниальных методов в лечении невропатической боли // Вопр. курортол., физиотер. и лечебн. физ. культуры. – 2015; 92 (2): 37–42 [Razumov A.N., Melnikova Ye.A. The neurophysiological basis of the effectiveness of transcranial methods for the treatment of neuropathic pain // Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kul'tury. – 2015; 92 (2): 37–42 (in Russ.)]. DOI: 10.17116/kurort2015237-42.

4. Персианинов Л.С., Каструбин Э.М., Расстригин Н.Н. Электроаналгезия в акушерстве и гинекологии / М.: Медицина, 1978; 239 с. [Persianinov L.S., Kastrubin E.M., Rasstrigin N.N. Elektroanal'geziya v akusherstve i ginekologii / M.: Meditsina, 1978; 239 p. (in Russ.)].

5. Лебедев В. П., Кацнельсон Я.С., Леоско В.А. и др. А.с. 1074543 А61 Н 1/34. Способ общего электрообезболивания. №3385722/28–13. Заявл. 18.01.82; Опубл. 23.02.84 // Бюлл. Открытия. Изобретения. – 1984; 7: 24 [Lebedev V.P., Katsnel'son Ya.S., Leosko V.A. et al. A.s. 1074543 A61 N 1/34. Sposob obshchego elektroobezbolivaniya. №3385722/28–13. Zayavl. 18.01.82; Opubl. 23.02.84 // Otkrytiya. Izobreteniya. – 1984; 7: 24 (in Russ.)].

6. Лебедев В.П., Савченко А.Б., Фан А.Б., Жиляев С.Ю. Транскраниальная электроаналгезия у крыс: оптимальный режим электрических воздействий // Физиол. журн. СССР. – 1988; 74 (8): 1094–101 [Lebedev V.P., Savchenko A.B., Fan A.B., Zhilyayev S.Yu. Transkranial'naya elektroanal'geziya u krys: optimal'nyy rezhim elektricheskikh vozdeystviy // Fiziol. zhurn. SSSR. – 1988; 74 (8): 1094–101 (in Russ.)].

7. Кацнельсон Я.С., Леоско В.А. Оценка эффективности нового метода транскраниальной электроаналгезии в клинической анестезиологии. В: Новый метод транскраниального электрообезболивания. Теор. основы и практ. оценка. Тез докл. / Ленинград: Наука, 1987; 20–2 [Katsnel'son YA.S., Leosko V.A. Otsenka effektivnosti novogo metoda transkranial'noy elektroanal'gezii v klinicheskoy anesteziologii. V: Novyy metod transkranial'nogo elektroobezbolivaniya. Teoreticheskiye osnovy i prakticheskaya otsenka. Tez dokl. / Leningrad: Nauka, 1987; 20–2 (in Russ.)].

8. Ковалев М.Г. Сравнительное экспериментальное изучение аналгетического эффекта нового метода транскраниального электровоздействия и метода Лиможа. В кн.: Новый метод транскраниального электрообезболивания. Теор. основы и практ. оценка. Тез. докл. / Ленинград: Наука, 1987; 11–2 [Kovalev M.G. Sravnitel'noye eksperimental'noye izucheniye anal'geticheskogo effekta novogo metoda transkranial'nogo elektrovozdeystviya i metoda Limozha. In: Novyy metod transkranial'nogo elektroobezbolivaniya. Teoreticheskiye osnovy i prakticheskaya otsenka. Tez. dokl. / Leningrad: Nauka, 1987; 11–2 (in Russ.)].

9. Корягина Ю.В., Рогулева Л.Г., Замчий Т.П. Транскраниальная электростимуляция как средство оптимизации психофизиологических функций у единоборцев и спортсменов силовых видов спорта // Теор. и практ. физ. культ. – 2015; 3: 11–3 [Koryagina Yu.V., Roguleva L.G., Zamchiy T.P. Transcranial electrostimulation to optimize psychophysiological functions in single combat wrestlers and weightlifters // Teoriya i praktika fizicheskoy kultury. – 2015; 3: 11–3 (in Russ.)].

10. Айрапетов Л.Н., Зайчик А.Н., Трухманов Н.С. и др. Об изменении уровня β-эндорфина в мозге и спинномозговой жидкости при транскраниальной электроаналгезии // Физиол. журн. СССР. – 1985, 71 (1): 56–64 [Ayrapetov L.N., Zaychik A.N., Trukhmanov N.S. et al. Ob izmenenii urovnya p-endorfina v mozge i spinnomozgovoy zhidkosti pri transkranial'noy elektroanal'gezii // Fiziol. zhurn. SSSR. – 1985, 71 (1): 56–64 (in Russ.)].

11. Лебедев В.П., Савченко А.Б., Красюков А.В. и др. Об участии опиоидного и неопиоидного звеньев антиноцицептивной системы в физиологическом механизме транскраниальной электроаналгезии. В кн.: Синтез, фармакологические и клинические аспекты новых обезболивающих средств / Новгород, 1991; 18–9 [Lebedev V.P., Savchenko A.B., Krasyukov A.V. et al. Ob uchastii opioidnogo i neopioidnogo zven'yev antinotsitseptivnoy sistemy v fiziologicheskom mekhanizme transkranial'noy elektroanal'gezii. In: Sintez, farmakologicheskiye i klinicheskiye aspekty novykh obezbolivayushchikh sredstv / Novgorod, 1991; 18–9 (in Russ.)].

12. He L. Involvement of endogenous opioid peptides in acupuncture analgesia // Pain. – 1987; 31 (1): 99–121.

13. Лебедев В.П., Савченко А.Б., Петряевская Н.В. Об опиатном механизме транскраниальной электроаналгезии у крыс и мышей // Физиол. журн. СССР. – 1988; 74 (9): 1249–56 [Lebedev V.P., Savchenko A.B., Petryayevskaya N.V. Ob opiatnom mekhanizme transkranial'noy elektroanal'gezii u krys i myshey // Fiziol. zhurn. SSSR. – 1988; 74 (9): 1249–56 (in Russ.)].

14. Хорохордин Н.Е., Леоско В.А., Шехунов Е.Д. и др. Влияние транскраниальной электроаналгезии на кровообращение и транскапиллярный обмен в легких. В кн.: Новый метод транскраниального обезболивания. Теор. основы и практ. оценка: Тез докл. / Ленинград: Наука, 1987; 24–5 [Khorokhordin H.E., Leosko B.A., Shekhunov Ye.D. et al. Vliyaniye transkranial'noy elektroanal'gezii na krovoobrashcheniye i transkapillyarnyy obmen v legkikh. In: Novyy metod transkranial'nogo obezbolivaniya. Teoreticheskiye osnovy i prakticheskaya otsenka: Tez dokl. / Leningrad: Nauka, 1987; 24–5 (in Russ.)].

15. Кацнельсон Я.С., Леоско В.А. Транскраниальная электроаналгезия при обеспечении оперативных вмешательств у детей с хроническими нагноительными заболеваниями легких. В кн.: Михельсон В.А., отв. ред. Соврем. пробл. анестезиол. и интенсивн. тер. у детей раннего возраста / Волгоград, 1986; 1: 52–3 [Katsnel'son Ya.S., Leosko V.A. Transkranial'naya elektroanal'geziya pri obespechenii operativnykh vmeshatel'stv u detey s khronicheskimi nagnoitel'nymi zabolevaniyami legkikh. In: Mikhel'son V.A., otv. red. Sovremennyye problemy anesteziologii i intensivnoy terapii u detey rannego vozrasta / Volgograd, 1986; 1: 52–3 (in Russ.)].

16. Левтов В.А., Шуваева В.Н. Влияние транскраниальной электроаналгезии на реологические свойства крови. В кн.: Новый метод транскраниального обезболивания. Теор. основы и практ. оценка: Тез. докл. / Ленинград: Наука, 1987; 18–9 [Levtov V.A., Shuvayeva V.N. Vliyaniye transkranial'noy elektroanal'gezii na reologicheskiye svoystva krovi. In: Novyy metod transkranial'nogo obezbolivaniya. Teoreticheskiye osnovy i prakticheskaya otsenka: Tez dokl. / Leningrad: Nauka, 1987; 18–9 (in Russ.)].

17. Енин Л.Д., Акоев Г. Н., Лебедев В.П. и др. Воздействие опиоидных пептидов мозга на сенсорные окончания кожи как один из механизмов анальгетического эффекта. В кн.: Климов П.К., отв. ред. Физиологическое и клиническое значение регуляторных пептидов: Тез. докл. / Пущино, 1990; 55 [Yenin L.D., Akoyev G. N., Lebedev V.P. et al. Vozdeystviye opioidnykh peptidov mozga na sensornyye okonchaniya kozhi kak odin iz mekhanizmov anal'geticheskogo effekta. In: Klimov P.K. otv. red. Fiziologicheskoye i klinicheskoye znacheniye regulyatornykh peptidov: Tez dokl. / Pushchino, 1990; 55 (in Russ.)].

18. Гриненко А.Я., Крупицкий Е.М., Карандашова Г.Ф. и др. Активация эндорфинергических систем мозга с помощью транскраниального электрического воздействия как метод лечения алкогольного абстинентного синдрома. В кн.: Восьмой Всесоюзный съезд невропатологов, психиатров и наркологов: Тез. докл. / М., 1988; 1: 342–3 [Grinenko A.YA., Krupitskiy Ye.M., Karandashova G.F. et al. Aktivatsiya endorfinergicheskikh sistem mozga s pomoshch'yu transkranial'nogo elektricheskogo vozdeystviya kak metod lecheniya alkogol'nogo abstinentnogo sindroma. In: Vos'moy Vsesoyuznyy syezd nevropatologov, psikhiatrov i narkologov: Tez dokl. / M., 1988; 1: 342–3 (in Russ.)].

19. Каменских Т.Г., Райгородский Ю.М., Веселова Е.В. и др. Сравнительный анализ результатов применения различных физиотерапевтических методик в лечении больных первичной открытоугольной глаукомой на фоне хронической ишемии головного мозга // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2012; 8 (2): 445–52 [Kamenskih T. G., Raigorodskij Y.M., Veselova E.V. et al. Comparative analysis of the results of various physical therapy techniques in the treatment of patients with primary open-angle glaucoma with chronic cerebral ischemia // Saratov Journal of Medical Scientific Research. – 2012; 8 (2): 445–52 (in Russ.)].

20. Каркищенко Н.Н., Каркищенко В.Н., Чайванов Д.Б. и др. Транскраниальная низкочастотная ритмическая электростимуляция структур головного мозга спортсменов для купирования гиперактивации нервной системы, модулируемой приемом больших доз кофеина в тренировочный и постсоревновательный периоды // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015; 3: 12–8 [Karkischenko N.N., Karkischenko V.N., Chayvanov D.B. et al. Transcranial low-frequency rhythmic electro-stimulation of human subcortex for prevention of overexcitation of the nervous system induced by intake of high doses of caffeine in training and after competition periods // Sports medicine: research and practice. – 2015; 3: 12–8 (in Russ.)].

21. Дробышев В.А., Гувакова И.В., Кузнецова Л.А. Применение транскраниальной электростимуляции и игрового биоуправления в коррекции вегетативных изменений у атлетов циклических видов спорта // Сибирское медицинское обозрение. – 2010; 4 (64): 73–7 [Drobyshev V.A., Guvakova I.V., Kuznetsova L.A. Transcranial electric stimulation and game biocontrol for correction of autonomous pathology in athletes of cyclicsports // Sibirskoye meditsinskoye obozreniye. – 2010; 4 (64): 73–7 (in Russ.)].

22. Евстигнеев В.В. и др. Транскраниальная магнитная стимуляция как лечебный фактор // Здравоохранение. – 2004; 9: 32–8 [Yevstigneyev V.V. et al. Transkranial'naya magnitnaya stimulyatsiya kak lechebnyy faktor // Zdravookhraneniye. – 2004; 9: 32–8 (in Russ.)].

23. Сапего И.А., Лукомский И.В., Улащик В.С. и др. Транскраниальная электростимуляция в ранней реабилитации пациентов после реконструктивных операций на магистральных артериях головы // Вестник ВГМУ. – 2010; 9 (4): 89–97 [Sapego I.A., Lukomskiy I.V., Ulashchik V.S. et al. Transkranial'naya elektrostimulyatsiya v ranney reabilitatsii patsiyentov posle rekonstruktivnykh operatsiy na magistral'nykh arteriyakh golovy // Vestnik VGMU. – 2010; 9 (4): 89–97 (in Russ.)].

24. Барыльник Ю.Б., Лим В.Г., Щетинин С.Г. Транскраниальная электростимуляция у больных алкогольной энцефалопатией // Саратовский научно-мед. журн. – 2010; 6 (3): 625–8 [Barylnik Yu.B., Lim V.G., Shchetinin S.G. Transcranial electrostimulation in patients with alcoholic encephalopathy // Saratov Journal of Medical Scientific Research. – 2010; 6 (3): 625–8 (in Russ.)].

25. Сухова А.В., Кирьяков В.А. Применение транскраниальной электростимуляции у больных с профессиональными заболеваниями нервной системы // Медицина труда и промышл. экол. – 2011; 8: 43–8 [Sukhova A.V., Kir'yakov V.A. Primeneniye transkranial'noy elektrostimulyatsii u bol'nykh s professional'nymi zabolevaniyami nervnoy sistemy // Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya. – 2011; 8: 43–8 (in Russ.)].

26. Андреева И.Н., Акишина И.В. Транскраниальная электростимуляция // Астраханский мед. журн. – 2012; 7 (1): 22–7 [Andreeva I.N., Akishina I.V. The transcranial electrostimulation // Astrakhanskiy meditsinskiy zhurnal. – 2012; 7 (1): 22–7 (in Russ.)].

27. Канкулова Е.А., Даминов В.Д., Зимина Е.В. и др. Транскраниальная церебральная электростимуляция в сочетании с роботизированной механотерапией // Доктор.Ру. – 2010; 8 (59): 48–50 [Kankulova E.A., Daminov V.D., Zimina E.V. et al. Transcranial cerebral electrostimulation in combination with robotic mechanotherapy // Doctor.Ru. – 2010; 8 (59): 48–50 (in Russ.)].

28. Корнилова А.А., Махинов В.А., Сысоев В.Н. Транскраниальная электростимуляция головного мозга как метод коррекции функционального состояния организма операторов // Соврем. проблемы науки и образования. – 2012; 4: 44 [Kornilova A.A., Makhinov V.A., Sysoev V.N. Brain transcranial electrostimulation as a method of operators functional state correction // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2012; 4: 44 (in Russ.)].

29. Вусик И.Ф., Каде А.Х., Куценко И.И. Влияние ТЭЗ-терапии на уровень адреналина в крови в патологическом прелиминарном периоде // Кубанский научн. мед. вестник. – 2012; 3: 38–41 [Vusik I.F., Kade A.Kh., Kucenko I.I. CES-Therapy Influence on Blood Adrenaline Level In Case of Abnormal Preliminary Period // Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik. – 2012; 3: 38–41 (in Russ.)].

30. Апсалямова С.О., Каде А.Х., Колесникова Н.В. и др. Влияние ТЭС-терапии на показатели про- и противовоспалительных цитокинов при экспериментальном инфаркте миокарда у крыс // Фундамент. исслед. – 2013; 6–2: 337–40 [Apsalyamova S.O., Kade A.K., Kolesnikova N.V. et al. Influence of tes-therapy on indicators pro- and anti-inflammatory cytokines at an experimental heart attack of a myocardium at rats // Fundamentalnyye issledovaniya. – 2013; 6–2: 337–40 (in Russ.)].

31. Сеин О.Б., Михайлов К.А. Коррекция артериального давления у собак с использованием транскраниальной электростимуляции // Вестник Курской гос. сельскохоз. акад. – 2013; 6: 77–9 [Sein O.B., Mikhaylov K.A. Korrektsiya arterial'nogo davleniya u sobak s ispol'zovaniyem transkranial'noy elektrostimulyatsii // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. – 2013; 6: 77–9 (in Russ.)].

32. Василенко И.В., Артемов А.Н., Триф Ю.В. и др. Применение сочетанной транскраниальной магнитотерапии и транскраниальной электростимуляции аппаратом «АМО-АТОС-Э» для лечения когнитивных нарушений у больных, перенесших инсульт // Научно-мед. вестник Центрального Черноземья. – 2011; 44: 35–9 [Vasilenko I.V., Artemov A.N., Trif Y.V. et al. Concomitant use of trans-cranial magnetotherapy and trans-cranial electrical stimulation by apparatus «AMO-ATOS-E» for the treatment of cognitive impairment in patients with stroke // Nauchno-meditsinskiy vestnik Tsentral'nogo Chernozem'ya. – 2011; 44: 35–9 (in Russ.)].

33. Фомичев Е.В., Яковлев А.Т., Подольский В.В. и др. Комплексное лечение открытых переломов нижней челюсти с применением транскраниальной электростимуляции // Волгоградский научно-мед. журнал. – 2010; 1 (25): 40–4 [Fomichev Ye.V. , Yakovlev A.T., Podolsky V. V. et al. Transcranial electrostimulation in complex treatment of the open fractures of the mandible // Volgogradskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal. – 2010; 1 (25): 40–4 (in Russ.)].

34. Райгородский Ю.М., Шарков С.М., Урняева С.И. и др. Транскраниальная электростимуляция в лечении детей с энурезом // Физиотер., бальнеол. и реабилитац. – 2014; 4: 32–6 [Raigorodsky Y.M., Sharkov S.M., Urnyaeva S.I. et al. The application of transcranial electrical stimulation for the treatment of enuresis in the children // Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya. – 2014;.4: 32–6 (in Russ.)].

35. Рогулева Л.Г. Влияние транскраниальной электростимуляции эндорфинэргических структур головного мозга на процесс восстановления после соревновательной нагрузки у пауэрлифтеров // Вопр. функц. подготовки в спорте высших достижений. – 2013; 1 (1): 207–12 [Roguleva L.G. Vliyaniye transkranial'noy elektrostimulyatsii endorfinergicheskikh struktur golovnogo mozga na protsess vosstanovleniya posle sorevnovatel'noy nagruzki u pauerlifterov // Voprosy funktsional'noy podgotovki v sporte vysshikh dostizheniy. – 2013; 1 (1): 207–12 (in Russ.)].

36. Сапего И.А., Лукомский И.В., Пашков А.А. Транскраниальная электростимуляция как метод физиотерапевтической коррекции психосоматических расстройств астенического круга. В сб.: Достижения фунд., клин. мед. и фармации. Мат. 69-й научн. сессии сотрудников университета / УО «Витебский государственный медицинский университет», 2014; 356–7 [Sapego I.A., Lukomskiy I.V., Pashkov A.A. Transkranial'naya elektrostimulyatsiya kak metod fizioterapevticheskoy korrektsii psikhosomaticheskikh rasstroystv astenicheskogo kruga. In: Dostizheniya fundamental'noy, klinicheskoy meditsiny i farmatsii Materialy 69-oy nauchnoy sessii sotrudnikov universiteta / UO «Vitebskiy gosudarstvennyy meditsinskiy universitet», 2014; 356–7 (in Russ.)].

37. Смирнова И.Н., Алайцева С.В., Антипова И.И. и др. Транскраниальная электростимуляция в коррекции адаптационно-психологического статуса у больных гипертонической болезнью с хроническим эколого-производственным психоэмоциональным напряжением // Медицина и образование в Сибири. – 2013; 6: 31 [Smirnova I.N., Alaytseva S.V., Antipova I.I. et a. Transcranial electrical stimulation in correction of adaptic and psychological status at patients with idiopathic hypertensia with chronic ekological occupational psychoemotional stress // Journal of Siberian Medical Sciences. – 2013; 6: 31 (in Russ.)].

38. Бей В.В., Бубнович А.А., Чернявская В.В. Защитное действие ТЭС-терапии в условиях ишемии кожи, вызванной формированием кожной складки // Междунар. журн. прикладных и фунд. исслед. – 2015; 5–1: 48 [Bey V.V., Bubnovich A.A., Chernyavskaya V.V. Protective action tes-therapy in skin ischemia cause the formation of skin folds // International Journal of Applied and FundamentaL Research. – 2015; 5–1: 48 (in Russ.)].

39. Занин С.А., Каде А.Х., Трофименко А.И. и др. Гистологическое обоснование эффективности ТЭС-терапии при экспериментальном ишемическом инсульте // Соврем. проблемы науки и образования. – 2015; 1–1: 1343 [Zanin S.A., Kade A.K., Trofimenko A.I. et al. Hystologic substantiation of efficiency of tes-therapy at the experimental ischemic stroke // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2015; 1–1: 1343 (in Russ.)].

40. Трофименко А.И., Нехай Ф.А., Каде А.Х. и др. Динамика цитокинового статуса и уровня β-эндорфина у больных с ишемическим инсультом при применении ТЭС-терапии // Кубанский науч. мед. вестник. – 2015; 6: 147–50 [Trofimenko A.I., Nekhay F.A., Kade A. Kh. et al. Dynamics of the cytokines status and level β-endorphin at patients with an ischemic stroke at application of TES-therapy // Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik. – 2015; 6: 147–50 (in Russ.)].

41. Байкова Е.Е., Каде А.Х., Нехай Ф.А. и др. Динамика цитокинового статуса у больных с изолированной черепно-мозговой травмой средней и тяжелой степени тяжести // Кубанский научн. мед. вестник. – 2014; 3 (145): 15–9 [Bajkova E.E., Kade A.Kh., Muzlaev G.G. et al. Dynamics cytokin's of the status at patients with the isolated craniocereberal trauma of average and heavy severity level // Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik. – 2014; 3 (145): 15–9 (in Russ.)].

42. Каде А.Х., Байкова Е.Е., Лебедев В.П. и др. Влияние ТЭС-терапии на уровень β-эндорфина у пациентов с изолированной черепно-мозговой травмой средней и тяжелой степени тяжести // Соврем. проблемы науки и образования. – 2014; 2: 369 [Kade A.K., Bajkova E.E., Lebedev V.P. et al. Influence of tes-therapy on level β-endorphin at patients with the isolated craniocereberal trauma of average and heavy severity level // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014; 2: 369 (in Russ.)].

43. Байкова Е.Е. Каде А.Х., Лебедев В.П. и др. Возможность использования ТЭС-терапии в комплексном лечении изолированной черепно-мозговой травмы средней и тяжелой степени тяжести // Межд. журн. экспер. образования. – 2013; 11 (3): 192–3 [Baykova Ye.Ye. Kade A.Kh., Lebedev V.P. et al. Vozmozhnost' ispol'zovaniya TES-terapii v kompleksnom lechenii izolirovannoy cherepno-mozgovoy travmy sredney i tyazheloy stepeni tyazhesti // International Journal of Experimental Education. – 2013; 11 (3): 192–3 (in Russ.)].

44. Вусик И.Ф., Каде А.Х., Куценко И.И. и др. Изменение содержания норадреналина в сыворотке крови под воздействием ТЭС-терапии при патологическом прелиминарном периоде // Фунд. исслед. – 2013; 2–1: 47–50 [Vusik I.F., Kade A.K., Kutsenko I.I. et al. Change of the maintenance of noradrenaline in blood serum under the influence of tes-therapy at the pathological preliminary period // Fundamental Research. – 2013; 2–1: 47–50 (in Russ.)].

45. Райгородский Ю.М. и др. Транскраниальная физиотерапия при синдроме хронической усталости // Физиотер., бальнеол. и реабилитац. – 2015; 3: 19–22 [Raigorodsky Yu. et al. Transcranial physiotherapy in the patients presenting with chronic fatigue syndrome // Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya. – 2015; 3: 19–22 (in Russ.)].

46. Jansen J. et al. Effects of non-invasive neurostimulation on craving: a meta-analysis // Neurosci. Biobehavioral Rev. – 2013; 37 (10): 2472–80.

47. Веревкин А.А., Даниленко К.А., Губарева Е.А. и др. Оценка влияния ТЭС-терапии на ферментные системы крови в условиях экспериментальной модели алкогольной зависимости // Фунд. исслед. – 2014; 4–1: 63–6 [Verevkin A.A., Danilenko K.A., Gubareva E.A. et al. Estimation of influence of tes-therapy on fermental systems of blood in the conditions of experimental model of alcoholic dependence // Fundamental Research. – 2014; 4–1: 63–6 (in Russ.)].

48. Щетинин С.Г. Терапия психических расстройств у пациентов, зависимых от алкоголя методом транскраниальной электростимуляции. Автореф. дис. … канд. мед. наук. М., 2013. 25 с. [Shchetinin S.G. Terapiya psikhicheskikh rasstroystv u patsiyentov, zavisimykh ot alkogolya metodom transkranial'noy elektrostimulyatsii. Avtoref. dis. … kand. med. nauk. M., 2013. 25 p.(in Russ.)].

49. Любан А.К., Пономаренко Г.Н., Волков Н.Н. и др. Трансцеребральная магнитотерапия больных миомой матки в раннем послеоперационном периоде // Вестник Росс. военно-мед. акад. – 2015; 2 (50): 87–91 [Lyuban A.K., Ponomarenko G.N., Volkov N.N. et al. Transcerebral magnetotherapy of uterine myoma in early postoperative period // Vestnik Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii. – 2015; 2 (50): 87–91 (in Russ.)].

50. Медико-биологические аспекты реабилитационно-восстановительных технологий в акушерстве. Монография. Под ред. К.А. Хадарцевой / Тула, 2013; 222 с. [Mediko-biologicheskiye aspekty reabilitatsionno-vosstanovitel'nykh tekhnologiy v akusherstve. Monografiya. Eds. K.A. Khadartsevoy / Tula, 2013; 222 p. (in Russ.)].

51. Юдин В.Е., Щегольков А.М., Смекалкина Л.В. и др. Применение современных психокоррекционных технологий в восстановительном лечении раненых с психической дезадаптацией // Мед. вестник МВД. – 2010; 5 (48): 42–5 [Yudin V.Ye., Shchegol'kov A.M., Smekalkina L.V. et al. Primeneniye sovremennykh psikhokorrektsionnykh tekhnologiy v vosstanovitel'nom lechenii ranenykh s psikhicheskoy dezadaptatsiyey // Meditsinskiy vestnik MVD. – 2010; 5 (48): 42–5 (in Russ.)].

52. Мезенцева В.С. Современные подходы к лечению частичной атрофии зрительного нерва физическими факторами (обзор литературы) // Точка зрения. Восток – Запад. – 2016; 2: 101–3. [Mezentseva V.S. Modern approaches to the treatment of partial optic nerve atrophy by physical factors (literature review) // Tochka zreniya. Vostok – Zapad. – 2016; 2: 101–3 (in Russ.)]

53. Бяловский Ю.Ю., Булатецкий С.В., Глушкова Е.П. и др. Избирательная активация стресс-лимитирующей и стресс-реализующей систем организма с помощью магнитотерапевтического аппарата «Алмаг-01» // Международ. журн. прикладн. и фунд. исслед. – 2016; 12–1: 44–8 [Byalovsky Y.Y., Bulatetskiy S.V., Glushkova E.P. et al. Selective activation of stress-limiting and stress-realizing the system of the body by magnitoterapevticalapparatus «ALMAG-01» // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2016; 12–1: 44–8 (in Russ.)].

54. Булатецкий С.В., Бяловский Ю.Ю., Глушкова Е.П. Критерии оптимизации тренирующих и реабилитационных мероприятий в аспекте системной организации адаптивных функций целостного организма // Центр. научн. вестник. – 2016; 1 (13): 64–6 [Bulatetskiy S.V., Byalovskiy Yu.Yu., Glushkova Ye.P. Kriterii optimizatsii treniruyushchikh i reabilitatsionnykh meropriyatiy v aspekte sistemnoy organizatsii adaptivnykh funktsiy tselostnogo organizma // Tsentral'nyy nauchnyy vestnik. – 2016; 1 (13): 64–6 (in Russ.)].

55. Бяловский Ю.Ю., Булатецкий С.В., Глушкова Е.П. Системная организация неспецифических механизмов адаптации в восстановительной медицине: монография / Воронеж: ООО «Издательство РИТМ», 2017; 406 с. [Byalovskiy Yu.Yu., Bulatetskiy S.V., Glushkova Ye.P. Sistemnaya organizatsiya nespetsificheskikh mekhanizmov adaptatsii v vosstanovitel'noy meditsine: monografiya / Voronezh: OOO «Izdatel'stvo RITM», 2017; 406 p. (in Russ.)].

TRANSCRANIAL ELECTRICAL STIMULATION AS AN EFFECTIVE PHYSIOTHERAPY TECHNIQUE

*Professor **Yu. Byalovsky**[1], MD; **S. Bulatetsky**[2], MD; **A. Ivanov**[3]; **L. Deryagina**[4]; **E. Glushkova**[5], **I. Rakitina**[1]*

[1]Ryazan State Medical University;
[2]Ryazan Branch, V.Ya. Kikot Moscow University, Ministry of Internal Affairs of Russia
[3]OAO Elatma Instrumental-Making Plant, Elatma, Ryazan Region;
[4]V.Ya. Kikot Moscow University, Ministry of Internal Affairs of Russia;
[5]Primary Health Care Unit, Ministry of Internal Affairs of Russia in the Ryazan Region

The efficiency of transcranial electrical stimulation (TES) is evaluated. TES is a physiotherapy technique, the points of application of which are the activation of the stress-limiting system and cytokine network and the stimulation of the opioidergic system. The role of nonspecific adaptive mechanisms in the pathogenesis of these or those diseases has been significantly studied today. Understanding the phenomenon of TES and its introduction as an adjunct to drug therapy into clinical practice has great opportunities. The essence of this technique is to deliver a pulse current into the brain through the scalp. The stress-limiting system is one of the most important components of TES, and all the effects of the technique are due to its central and peripheral implications.

Key words: *therapy, transcranial electrical stimulation, antinociceptive system, opioidergic system, β-endorphins, stress-limiting system.*

For citation: *Byalovsky Yu., Bulatetsky S., Ivanov A. et al. Transcranial electrical stimulation as an effective physiotherapy technique // Vrach. – 2019; 30 (1): 17–26. https://doi.org/10.29296/25877305-2019-01-03*