

ЭЛЕКТРОАНАЛЬГЕЗИЯ В ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ

Белевский Е.В.*¹, Федерякин Д.В., Веселов С.В., Григорьянц Э.О.

ФГБОУ ВО «Тверской государственной медицинской университет»,
Тверь

DOI: 10.25881/BPNMSC.2019.77.24.023

ELECTROANALGESIA IN THE POSTOPERATIVE PERIOD

Belevsky E.V.*¹, Federyakin D.V., Veselov S.V., Grigoryants E.O.

Tver State Medical University, Tver

Резюме. Приведены некоторые методы и методики немедикаментозной терапии в послеоперационном периоде, история их развития, клинические аспекты применения, перспективы.

Ключевые слова: немедикаментозная терапия боли; транскраниальная, электроанальгезия, боль, лечение боли.

Abstract. This article provides some methods and techniques of non-drug therapy in the postoperative period. The history of the development of methods, the clinical aspects of the application, the prospects for development are given.

Keywords: non-pharmacological treatment of pain, transcranial electroanalgesia, pain, the treatment of pain.

Введение

Боль – неприятное сенсорное и эмоциональное переживание, связанное с истинным или потенциальным повреждением ткани или описываемое в терминах такого повреждения (ISAP). Являясь стимуляцией афферентных ноцицептивных рецепторов, доходя до ЦНС, боль приобретает субъективный компонент, эмоциональную окраску, а ее патологическое влияние на организм не ограничивается только неприятными ощущениями. Несмотря на прогресс в понимании механизмов боли, эффективное лечение послеоперационной боли остается нерешенной проблемой анестезиологии и хирургии и, наряду с профилактикой тромботических и инфекционных осложнений, является ключевым моментом качественной интенсивной терапии в послеоперационном периоде [14; 20]. Согласно различным литературным данным, до 75% больных испытывают болевые ощущения в раннем послеоперационном периоде, 80% из них отмечают появление умеренных и сильных болей, а 24% жалуются на недостаточно качественное облегчение своего состояния на фоне проводимого обезболивания [3; 17]. Как правило, облегчение боли достигается путем внутривенного или внутримышечного введения наркотических или ненаркотических препаратов после того как пациент настойчиво обращает внимание медицинского работника на боль.

Между тем, послеоперационная боль вместе с тошнотой и рвотой обуславливают неудовлетворительное состояние пациента, субъективно плохое самочувствие. Плохо контролируемая боль в итоге требует превышения стандартных дозировок анальгетиков или длительности их применения, удлиняет период госпитализации, снижает качество оказания медицинской помощи, замедляет темп возврата пациента к работоспособному состоянию, повышает затраты на лечение [1; 12; 19].

Тем не менее, проблема послеоперационного обезболивания требует продолжения поиска эффективного

метода анальгезии: испытания новых комбинаций, переоценки давно известных способов обезболивания, пристального изучения возможностей немедикаментозных методов анальгезии.

Методы и принципы послеоперационного обезболивания

Ключевым моментом эффективного послеоперационного обезболивания является предоперационная оценка состояния больного: характер дооперационной боли, характер оперативного вмешательства (объем, локализация), тяжесть состояния, психологический настрой пациента, возраст, масса тела, постоянно принимаемые препараты, аллергологический анамнез. Контроль послеоперационного обезболивания, в том числе оценка пациентом с помощью визуально-аналоговой шкалы, позволяет своевременно корректировать выраженность болевого синдрома. Как правило, операции на органах грудной полости требуют обезболивания в течение 72–96 часов, органах верхнего этажа брюшной полости – 48–72 часов, нижнего – 48 часов. Следует обратить внимание на существование некоторых укоренившихся принципов обезболивания, таких как предупреждающая анальгезия (до возникновения боли), принцип «от слабого к сильному» анальгетику, индивидуальный подбор режима и вида анальгетика [6].

Методы немедикаментозной анальгезии

Методы безлекарственной анальгезии не пользуются доверием клиницистов, поэтому не получили широкого применения в практике. Акупунктура, гипноз, физиотерапевтические методы обезболивания преподносятся как адьювантные, низкоэффективные в качестве монотерапии для лечения острой боли. Кроме того, их применение подразумевает под собой необходимость наличия специальной аппаратуры и квалифицированного медицинского сотрудника. Тем не менее, по крайней мере,

* e-mail: evgehaezhik@mail.ru

часть этих методов заслуживают дальнейшего изучения и применения в послеоперационном периоде [4; 8; 11].

Физиотерапевтические методы обезболивания по локализации действия и назначению можно разделить на центральные и периферические. Стимуляция периферических нервов применяется для лечения хронической боли, посттравматической невралгии, диабетической нейропатии. Механизм действия заключается в ингибирующем влиянии, блокаде проведения болевых импульсов к спинному мозгу. Метод применим в случае локализации повреждения нерва дистальнее места стимуляции [6; 12].

Чрескожная электрическая нервная стимуляция (TENS) – метод обезболивания, осуществляемый за счет передачи электрической энергии от внешнего стимулятора к периферической нервной системе через наочно расположенные гелевые проводники. Бывает низкоинтенсивной (1–2 мА), высокочастотной (50–100 Hz) и высокоинтенсивной (15–20 мА), низкочастотной (1–5 Hz) [3]. Некоторые авторы отмечают, что использование данного метода в области раны с частотой 85 Гц позволяет снизить необходимую эффективную дозу анальгетиков и приводит к купированию послеоперационной боли [7].

Чрескожная акупунктурная электрическая стимуляция – вариант TENS, стимуляция осуществляется за счет прохождения тока через иглы, располагаемые в классических точках, описанных в китайской медицинской литературе. Дерматомный принцип стимуляции позволяет достичь умеренного анальгетического эффекта, в том числе после операций на органах нижнего этажа брюшной полости [11].

Центральные физиотерапевтические методы обезболивания представлены целым рядом методик: глубокая стимуляция мозга, транскраниальная магнитная стимуляция, транскраниальная электростимуляция [1; 16].

Необходимо отметить, что транскраниальная электростимуляция (ТКЭС) – широкое понятие, которое охватывает все виды клинического применения электрического тока к мозгу в виде неинвазивных процедур с использованием как минимум 1 электрода. Доза стимула при ТКЭС определяется строением электрода, видом волновой токовой стимуляции, приложенной к электроду и ее характеристиками (сила тока, амплитуда, ширина, полярность, частота повторения, продолжительность и интервалы между единичными импульсами или их сериями, интервалы между процедурами и общее количество процедур) [5].

Употребляя термин «ТКЭС», можно иметь в виду различные понятия, которые близки, но не равнозначны. Она включает в себя несколько давно известных и современных направлений: краниальная электрическая стимуляция (CES), появившаяся благодаря эволюции методов Электросна и краниальной электростимуляционной терапии (СЕТ), трансцеребральную электротерапию (ТСЕТ) и нейроэлектрическую терапию (NET); Электроанестезия,

претерпевшая модификации сигнала, давшие начало чрескожной краниальной электрической стимуляции (TCES), токам Лиможа, интерферентной стимуляции; поляризующая или прямая электростимуляция, включающие транскраниальную стимуляцию постоянным током (tDCS), транскраниальную микрополяризацию и гальваническую вестибулярную стимуляцию (GVS); электроконвульсивная терапия, изначально называвшаяся Электрошоком и не применяющаяся для анестезии в настоящее время; и современные виды, возникшие за последнее десятилетие – транскраниальная стимуляция переменным током (tACS), транскраниальная синусоидальная токовая стимуляция (tSDCS) и рандомная транскраниальная шумовая стимуляция (tRNS) [15].

Наибольший клинический интерес представляет метод ТКЭС, предложенный В.П. Лебедевым с соавторами, основанный на использовании строго критичных параметров сочетания постоянного и импульсного прямоугольных токов [4]. Оптимальное обезболивание достигается при расположении электродов на лбу и сосцевидных отростках, подаче тока прямоугольной формы, с частотой 77 Гц, длительностью воздействия импульса 3,5–4,0 мсек, силой тока (для обезболивания после вмешательств на органах грудной и брюшной полости) до 24 мА [7]. Предполагается, что анальгетический эффект достигается за счет стимуляции антиноцицептивной системы, повышения уровня β-эндорфина, серотонина, норадреналина. При этом, проявление анальгетического эффекта не зависит от локализации источника боли и более выражено при интенсивной постоянной боли. Метод, как правило, используется для облегчения мигренозных болей, хронической поясничной боли, шейной боли [14].

В отечественную клиническую практику метод вошел после успешных экспериментальных исследований. Может быть использован не только для купирования болевых синдромов различной этиологии, но и как компонент общего обезболивания при оперативных вмешательствах. Одним из преимуществ метода является отсутствие пристрастия и привыкания к процедуре, несмотря на опиоподобный механизм действия. В ходе лечения, от процедуры к процедуре длительность анальгетического эффекта увеличивается [8].

На сегодняшний день ТКЭС как метод послеоперационного обезболивания описана в применении к акушерско-гинекологическим вмешательствам, однако потенциально представляется возможным использовать ТКЭС после полостных операций, в том числе, обширных оперативных вмешательств на органах брюшной полости.

История развития методов ТКЭС

Зарождение интереса к эффектам электрической стимуляции мозга и первые научные отчеты появились в начале 1900-х годов. Именно в этот период обозначили свое существование сразу несколько направлений ТКЭС [11].

Электросон, как следует из названия, применялся с целью достижения у пациента состояния, подобного сну путем электрической стимуляции головного мозга. Первые испытания метода начались в 1902 г. однако клинические отчеты были опубликованы лишь 12 лет спустя [17]. Активные научные поиски и исследования клинических эффектов Электросна проводились в России, причем до того, как практический интерес к этому виду электростимуляции возник в Европе. Тем не менее, оптимизация и модификация метода осуществлялись европейскими учеными: к примеру, изменение расположения электрода с верхних век на области вокруг глаз, предположительно для того чтобы уменьшить раздражение зрительного нерва [18]. Как правило, электрическое воздействие проводилось в импульсном режиме с частотой 30–100 Гц, причиной тому послужил зарегистрированный случай неудачного воздействия постоянным током. Позднее, после 1963 г. электросон широко применялся в США. Некоторое время спустя в Австрии был проведен первый симпозиум, посвященный электросну, где было принято решение о том, что состояние, подобное сну – побочный эффект данного вида электростимуляции, и название метода было изменено на краниальную электростимуляционную терапию [19]. С тех пор электросон подвергся еще нескольким изменениям, в частности, были изменены режимы дозирования тока. Устройства, которые использовались для стимуляции: Jungbluth CET-1, Tritronics 100, Somatron 500, Lafayette 72000, Lafayette 72200, General Medical Industry 1-1007-1, Vreeland Oscillator, the Leduc Stimulator, Pulsatilla 1000 [4].

Электрoанестезия – метод электростимуляции, применяемый с целью обезболивания пациента при помощи высокочастотной стимуляции до состояния, при котором бы исчезала необходимость использования анальгетиков. Первые упоминания об электрoанестезии можно отнести к 1903 г., когда начались исследования, посвященные анальгетическим свойствам электрического тока, изначально – электронаркозу. К тому времени уже был известен обезболивающий эффект тока, заключавшийся в его способности подавлять проведение нервных импульсов по периферическим нервам. Логическим продолжением этого знания явилось предположение о том, что состояния наркоза достижимо без применения лекарственных средств и развития последующих побочных эффектов – путем воздействия тока на головной мозг [3]. Отечественные ученые под термином электрoанестезия понимали местное обезболивание, а под термином электронаркоз – общее. Однако, зарубежные исследователи используют термин электрoанестезия для обозначения состояния общего обезболивания. Впервые успешное достижение состояния электрoанестезии во время операции было описано в 1914 г. Ледюком (Leduc). Электростимуляция проводилась постоянным током с частотой 100 Гц (позднее применяли ток частотой от 20 до 50 Гц) с помощью электродов, расположенных в области лба и поясницы [8].

Однако, безопасность применения и хорошая переносимость нового поколения анестетиков-анальгетиков способствовали спаду интереса к электрoанестезии. В 1940-х гг. ее использование свелось к совместному применению с фармакологическими средствами обезболивания. Вскоре после первого спада интереса, большинство исследований в области электрoанестезии пришлось приостановить из-за выявившихся серьезных побочных эффектов, таких как остановка сердца, дыхания, опасность развития инсульта. Тем не менее, в 1960-х гг. оставшимся немногочисленным группам исследователей удалось модифицировать метод и уменьшить выраженность побочных эффектов. Так появилась TCES, которая изначально была предназначена для потенцирования эффекта некоторых препаратов, особенно опиатов и нейролептиков с целью уменьшения их дозы во время операции и в послеоперационном периоде и частоты возникновения осложнений [14]. В 1963 г. Limoge внес некоторые изменения в режим TCES и назвал новый метод стимуляции токами Лиможа [11]. Токи Лиможа – метод электрической активации опиоидных структур антиноцицептивной системы мозга. Амплитудное значение используемого электрического тока составляет 250–300 мА. Преимущество токов Лиможа состоит в том, что даже при повышении амплитудного значения до 300–500 мА в месте наложения электродов не возникает неприятных ощущений.

С 1982 по 1997 г. в Институте физиологии им. И.П. Павлова РАН проводились исследования в области эффектов транскраниальной электростимуляции. Результатом многолетних исследований стал усовершенствованный вариант ТКЭС антиноцицептивных структур (АНЦ), основанный на сочетании постоянного и переменного токов. Экспериментально подтверждено, что эффективность анальгетического действия токов Лиможа ниже, чем при отечественном варианте ТКЭС: концентрация эндорфинов в два раза ниже, анальгетическое последствие отсутствует, в то время как при ТКЭС АНЦ продолжительность анальгезии составляет 8–12 часов [17].

Физические и биологические принципы действия ТКЭС

Физические параметры электрического тока, применяемого для транскраниальной электростимуляции сегодня – это результат многолетних испытаний, кропотливого изучения эффектов тока различной силы, вида, частоты и их комбинаций. В институте физиологии имени И.П. Павлова был разработан и экспериментально обоснован режим ТКЭС прямоугольными импульсами с частотой 77 Гц, длительностью $3,75 \pm 0,25$ мс в сочетании с гальванической составляющей, в 2–5 раз превышающей по величине средний импульсный ток. Максимальный анальгетический эффект достижим именно при использовании тока, обладающего строго указанными характеристиками. При изменении любого из этих параметров на

10–15% степень анальгезии значительно снижается или обезболивания не достигается (прекращается) вовсе. Величина порогового суммарного тока составляет 3–3,5 мА. Суммарный ток меньшей величины не обеспечивает наступления анальгезии. Роль импульсного компонента тока заключается в обеспечении обезболивающего эффекта, постоянный гальванический ток способствует его проявлению и предотвращает появление судорог, характерных для моностимуляции импульсным током. Кроме того, постоянный гальванический ток приводит к уменьшению сопротивления кожи, что позволяет применять импульсный ток большей силы без повышения напряжения, а значит – достигать максимального анальгетического эффекта без местных болевых ощущений. Электроды размещаются по традиционной схеме: в лобных областях и вблизи сосцевидных отростков. Анальгетический эффект с повышением уровня β -эндорфина развивается после 15–25 минут стимуляции. Длительность постстимуляционной анальгезии составляет 4–12 часов [12; 18].

Необходимым компонентом успешного клинического применения ТКЭС является ясное понимание механизмов этого немедикаментозного метода обезболивания. В 1964–69 гг. вице-президент Американского нейроэлектрического общества Д. Рейнольдс работал над изучением механизма электронаркоза и выявил, что максимальная плотность тока при его транскраниальном приложении обнаруживается в области медиально расположенных подкорковых структур. Это наблюдение послужило отправной точкой для развития представлений об антиноцицептивной системе и её свойствах [5; 17].

Медиально-расположенные подкорковые структуры представлены дорсомедиальными ядрами гипоталамуса, околотоводопроводным серым веществом среднего мозга, ядрами шва моста и продолговатого мозга. Активация указанных структур приводит к выделению ряда биологически активных веществ и развитию системного ответа, на уровне всего организма. На фоне транскраниального электрического воздействия происходит резкое повышение концентрации β -эндорфина в спинномозговой жидкости и крови у здоровых лиц и пациентов с болевым синдромом. Одновременно с этим содержание β -эндорфина в гипофизе снижается. Выводы том, что анальгезия развивается после стимуляции медиальных подкорковых структур сделаны на основании четкой зависимости между повышением уровня эндорфина и развитием анальгетического эффекта, а также полным прекращении анальгезии при введении налоксона.

На сегодняшний день невозможно с полной уверенностью указать, какие именно элементы головного мозга являются первичной мишенью транскраниального воздействия. Маловероятно, что подобный эффект обеспечивает активация только мелких короткоаксонных нейронов ствола головного мозга, содержащих эндорфины. Вероятнее всего во время ТКЭС возбуждаются

и длинноаксонные бульбо-спинальные нейроны, что объясняет факт активации эндорфинных механизмов дорсальных рогов спинного мозга. Иными словами, при ТКЭС задействуются эндорфинные механизмы антиноцицептивной системы ствола головного мозга и спинного мозга, но анальгетический эффект не ограничивается только участием эндорфинов [3].

Опиоидная система мозга действительно участвует в наступлении состояния анальгезии, возможно, играет ключевую роль. Доказательством в пользу этого утверждения служат: повышение концентрации опиоидных пептидов в крови, ликворе и мозге; устранение эффекта налоксоном, перекрестная толерантность с морфином, потенцирование эффекта D-аминокислотами. В обезболивании участвуют и другие опиоиды – энкефалины и неопиоидные компоненты антиноцицептивной системы – серотониновые, холинергические, ГАМК-ергические вещества [16]. Медиаторные звенья, такие как серотонинергические, имеют существенное значение в формировании обезболивания. Блокаторы серотонинергической передачи вместе с налоксоном способны полностью блокировать наступление анальгезии при ТКЭС, что позволяет предположить последовательную связь опиоидной и серотонинергической систем [5; 7].

Подводя итог всему вышесказанному, современное представление об анальгетическом механизме ТКЭС основано на анализе экспериментальных данных и синтезе знаний об антиноцицептивной системе и ее нейрохимических связях.

Результаты клинического применения ТКЭС

Благодаря быстрому, технически простому достижению анальгетического эффекта, отсутствию побочных явлений, токсических свойств и аллергических реакций, ТКЭС заслужила внимание некоторых специалистов из различных областей клинической медицины: гастроэнтерологов, наркологов, акушеров-гинекологов, пульмонологов, кардиологов, педиатров, оториноларингологов, стоматологов, офтальмологов, онкологов и т.д.

В хирургии ТКЭС-терапия может быть полезной благодаря следующим эффектам: снижение предоперационной тревожности, купирование болевых синдромов, ускорение заживления ран и ожогов, стимуляция иммунитета и снижение числа гнойных осложнений, устранение посттравматических стрессорных расстройств, повышение показателей качества жизни. ТКЭС может быть использована как альтернативный метод общего обезболивания у пожилых пациентов [15].

Однако, применение данного метода немедикаментозного лечения ограничено целым рядом противопоказаний, таких как судорожные состояния, эпилепсия, травмы и опухоли головного мозга, инфекционные поражения ЦНС, гипертоническая болезнь III стадии, гипертонический криз, гидроцефалия, острые психические расстройства, тиреотоксикоз, мерцательная аритмия, на-

личие повреждений кожи в местах наложения электродов, наличие вживленных электростимуляторов [13].

Необходимо отметить, что некоторые авторы критически относятся к перспективам использования немедикаментозных методов обезболивания, обращая внимание на медленное развитие этой области, многочисленные спады и возрождения интереса, недостаточное распространение информации, сложности в проведении контролируемых исследований, нечеткие спорные результаты и отсутствие стандартизации применения [2].

Ранее упоминалось, что методы ТКЭС применяются, в основном, для лечения хронической боли, хотя существуют доказательства их эффективности в случаях острой, послеоперационной боли, в качестве компонента анестезиологического пособия. Представление об анальгетическом потенциале ТКЭС можно получить, взяв во внимание конкретные цифры: применение ТКЭС для купирования острого болевого синдрома эффективно в 80% случаев, пациенты отмечают уменьшение интенсивности болевых ощущений в 1,5 раза [4].

Возможности ТКЭС были исследованы более чем в 500 сердечно-сосудистых, торакальных и абдоминальных операциях у пациентов в возрасте от 6 месяцев до 86 лет с множеством сопутствующих заболеваний. Авторы отмечают о повышении концентрации β -эндорфина более, чем в 11 раз по сравнению с достимуляционным уровнем, а также стабильности этой концентрации на всем протяжении оперативного вмешательства. После операции концентрация постепенно снижается, обеспечивая анальгезирующий эффект в течение нескольких часов. Применение ТКЭС во время наркоза не только позволяет исключить наркотические анальгетики, но и уменьшить дозы миорелаксантов, нейролептиков. Установлено, что при участии ТКЭС в комплексе анестезиологического пособия не происходит подавления собственных компенсаторных механизмов. Перфузия тканей остается достаточной благодаря стабильности центральной и системной гемодинамики, что может привести к снижению потребности в инфузионной поддержке. Примечательно, что подобные свойства позволяют использовать ТКЭС во время операций высокой травматичности у пациентов с высоким риском [18].

ТКЭС доказала свою эффективность в послеоперационном периоде у больных гинекологического профиля. Прерывая развитие патологических эффектов боли, ТКЭС способствует более быстрому восстановлению функций оперированных органов, улучшает репарацию тканей, ускоряет восстановление моторики кишечника. Помимо всего перечисленного, ТКЭС воздействует на психологический (неврозоподобный, когнитивный), трудно управляемый компонент боли, корректируя его [1; 20]. Позволяет резко снизить или исключить использование медикаментозных препаратов в послеоперационном периоде [3; 16; 19]. В частности, ТКЭС-терапия позволяет снизить потребность в 2%-м растворе промедола для эффективного послеоперационного обезболивания [8].

В послеоперационном периоде у больных, перенесших вмешательства на органах брюшной полости и малого таза применение ТКЭС (в частности, аппаратом Трансаир) способствовало либо полному отказу от применения наркотических анальгетиков, либо многократному снижению необходимой дозы. Ни у одного из пациентов не было выявлено побочных эффектов стимуляции [4; 15].

Использование ТКЭС в послеоперационном обезболивании ещё недостаточно изучено. Тем не менее, отчеты отечественных и зарубежных авторов позволяют рассматривать данный метод в качестве перспективного средства обезболивания в послеоперационном периоде в том числе благодаря еще нескольким положительным моментам. Во-первых, ТКЭС позволяет уменьшать стоимость анальгезии, особенно у пациентов, резистентных к обычным дозировкам наркотических анальгетиков. А для больных, не переносящих наркотические анальгетики вследствие развития побочных эффектов или наличия противопоказаний к их применению – это один из немногочисленных вариантов [9; 11]. Во-вторых, появление все большего количества маркеров успешной анальгезии позволяет точнее оценивать ответ организма на электрическое воздействие и позволит точнее подобрать дозу [19]. В-третьих, ТКЭС способна успешно сочетаться с другими методами обезболивания, в том числе физиотерапевтическими [3; 10]. А также возможно избирательное воздействие на структуры мозга путем изменения параметров тока и дозы [6; 13].

Безостановочное развитие электроники и медицинской техники позволяет создавать приборы, более простые в управлении и в то же время более точные в дозировании воздействия, что совершенно необходимо, если подходить к вопросу ТКЭС так же, как и дозированию лекарств. Четкая дозировка позволила бы получать более точные данные при проведении клинических исследований, повысить воспроизводимость результатов и более объективно оценивать обезболивающий эффект, в том числе в сравнении с другими методами обезболивания [12; 15].

Таким образом, проблема послеоперационного обезболивания требует настойчивого поиска новых способов обезболивания и оптимизации уже известных. Бесспорно, десятилетия работы в данном направлении позволяют сегодня достичь адекватной анальгезии гораздо чаще и с меньшим риском для больного. Однако нерешенная проблема индивидуальной непереносимости лекарственных средств, различиях в болевой чувствительности, сложностях подбора дозы анальгетика, развития побочных эффектов и осложнений обуславливает необходимость дальнейшего развития данной области, поиска эффективных и безопасных способов анальгезии, в том числе среди немедикаментозных методов. Однозначной позиции большинства исследователей и клиницистов по поводу физиотерапевтических методов обезболивания, в частности, транскраниальной электростимуляции не

существует. Хотя ТКЭС заслуживает внимания по ряду причин: известный механизм и управляемость обезболивания, инвазивность, отсутствие побочных эффектов, привыкания, формирования непереносимости, многостороннее благоприятное воздействие на организм. Следует отметить, что на сегодняшний день метод не имеет широкого применения, не является рутинным и признанным способом послеоперационного обезболивания. Представляется возможным предположить, что весь потенциал метода еще не раскрыт и увеличения анальгетического эффекта возможно достичь с помощью некоторых модификаций электрического воздействия: прецизионного подбора режима и дозы. Не исключено, что тщательный поиск в этом направлении позволит применять ТКЭС в качестве одного из компонентов в схеме мультимодальной послеоперационной анальгезии, в том числе после высокотравматичных операций.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Юдин С.А. Влияние ТЭС на послеоперационный период после гистерэктомии. В кн.: 2-я Российская конференция по оперативной гинекологии: тезисы докладов. – Волгоград; 2002. – С. 28–36. [Yudin SA. Vliyaniye TES na posleoperatsionnyy period posle gisterektomii. In: II Rossiiskaya konferentsiya po operativnoi ginekologii: tezisy dokladov. Volgograd; 2002. pp. 28–36.]
- Вовк А.В., Кирьянова В.В. Эффективность ТЭС-терапии в ведении послеоперационного периода после плановых гинекологических операций. В кн.: Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – Т. 3. – СПб.: Вести; 2009. – С. 183–189. [Vovk AV, Kiryanova VV. Effektivnost' TES-terapii v vedenii posleoperatsionnogo perioda posle planovykh ginekologicheskikh operatsii. In: Transkraniyal'naya elektrostimulyatsiya. Eksperimental'no-klinicheskie issledovaniya: sbornik statei. Vol. 3. St. Petersburg: Vesti; 2009. pp. 183–189. (In Russ).]
- Ковалев М.Г. Возможности применения метода транскраниальной электроанальгезии в торакальной и абдоминальной хирургии. В кн.: Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – Т. 1. – СПб.: Искусство России; 2005. – С. 259–296. [Kovalev MG. Vozmozhnosti primeneniya metoda transkraniyal'noi elektroanal'gezii v torakal'noi i abdominal'noi khirurgii. In: Transkraniyal'naya elektrostimulyatsiya. Eksperimental'no-klinicheskie issledovaniya: sbornik statei. Vol. 1. St. Petersburg: Iskustvo Rossii; 2005. pp. 259–296. (In Russ).]
- Александров В.А. Клинико-экспериментальное изучение возможностей применения транскраниальной электростимуляции в онкологии. В кн.: Транскраниальная электростимуляция. Экспериментально-клинические исследования: сборник статей. – Т. 1. – СПб.: Искусство России; 2005. – С. 296–303. [Aleksandrov VA. Kliniko-eksperimental'noye izucheniye vozmozhnoستي primeneniya transkraniyal'noi elektrostimulyatsii v onkologii. In: Transkraniyal'naya elektrostimulyatsiya. Eksperimental'no-klinicheskie issledovaniya: sbornik statei. Vol. 1. St. Petersburg: Iskustvo Rossii; 2005. pp. 296–303. (In Russ).]
- Транскраниальная электростимуляция защитных механизмов мозга. Научное обоснование и практическое применение: сборник статей. / Под ред. В.П. Лебедев. – Т. 1. 3-е изд. – СПб.: 2005. – С. 18–24. [Transkraniyal'naya elektrostimulyatsiya zashchitnykh mekhanizmov mozga. Nauchnoye obosnovaniye i prakticheskoye primeneniye: sbornik statei. Ed by V.P. Lebedev. Vol. 1. 3rd ed. St. Petersburg; 2005. pp. 18–24.]
- Науменко А.Н. Транскраниальное электровоздействие в послеоперационном лечении больных с патологией полости носа: Автореф. дис. канд. мед. наук. – СПб.; 2009. – С. 25–36. [Naumenko AN. Transkraniyal'noye elektrovozdeistviye v posleoperatsionnom lechenii bol'nykh s patologiei polosti nosa. [dissertation abstract] St. Petersburg; 2009. pp. 25–36. (In Russ).]
- Лебедев В.П. Об опытных механизмах транскраниальной электроанальгезии. В кн.: Транскраниальная электростимуляция: экспериментально-клинические исследования. – Т. 1. – СПб.: Искусство России; 2005. – С. 91–105. [Lebedev VP. Ob opiatnom mekhanizme transkraniyal'noi elektroanal'gezii. In: Transkraniyal'naya elektrostimulyatsiya: eksperimental'no-klinicheskie issledovaniya. Vol. 1. St. Petersburg: Iskustvo Rossii; 2005. pp. 91–105. (In Russ).]
- Рычкова С.В. Транскраниальная электростимуляция: обоснованность применения и клиническая эффективность // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2006. – №5. – С. 44–47. [Rychkova SV. Transkraniyal'noye elektrostimulyatsiya: grounds for use and clinical efficacy. Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya. 2006;(5):44–47. (In Russ).]
- Санего И.А., Лукомский И.В., Улащик В.С., и др. Транскраниальная электростимуляция в ранней реабилитации пациентов после реконструктивных операций на магистральных артериях головы // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2010. – Т.9. – №4. – С. 89–97. [Sapego IA, Lukomskii IV, Ulashchik VS, et al. Transkraniyal'naya elektrostimulyatsiya v rannei reabilitatsii patsientov posle rekonstruktivnykh operatsii na magistral'nykh arteriyakh golovy. Vestnik VGMU. 2010;9(4):89–97. (In Russ).]
- Bjorndal JM, Johnson MI, Ljunggreen AE. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. Eur J Pain. 2003;7(2):181–188. doi: 10.1016/S1090-3801(02)00098-8.
- Brown CC. Electroanesthesia and electrosleep. Am Psychol. 1975;30(3):402–410. doi: 10.1037/0003-066x.30.3.402.
- Francis J, Dingley J. Electroanaesthesia from torpedo fish to TENS. Anaesthesia. 2015;70(1):93–103. doi: 10.1111/anae.12887.
- Fregni F. Analgesia with noninvasive electrical cortical stimulation: challenges to find optimal parameters of stimulation. Anesth Analg. 2010;111(5):1083–1085. doi: 10.1213/ANE.0b013e3181f4d4dc.
- Peterchev AV, Wagner TA, Miranda PC, et al. Fundamentals of transcranial electric and magnetic stimulation dose: definition, selection, and reporting practices. Brain Stimul. 2012;5(4):435–453. doi: 10.1016/j.brs.2011.10.001.
- Gilula MF, Kirsch DL. Cranial electrotherapy stimulation review: a safer alternative to psychopharmaceuticals in the treatment of depression. J Neurother. 2005;9(2):7–26. doi: 10.1300/j184v09n02_02.
- Katsnelson IaS, Leosko VA. Evaluation of efficacy of new method of transcranial electroanalgesia in clinical anesthesiology. In: New Method of Transcranial Electroanalgesia, Abstracts of Scientific Conference. 1987. pp. 149–151.
- Knutson RC. First international symposium on electrosleep therapy and electroanesthesia. Anesth Analg. 1967;46(3):333–339. doi: 10.1213/0000539-196705000-00017.
- Limoge A, Robert C, Stanley TH. Transcutaneous cranial electrical stimulation (TCES): a review 1998. Neurosci Biobehav Rev. 1999;23(4):529–538. doi: 10.1016/s0149-7634(98)00048-7.
- Nexalin. A collection of transcranial electrical stimulation. Research articles, abstracts, and reports. 2006. pp. 7–11. ИСТОЧНИК НЕ НАЙДЕН
- Odell RH Jr, Sorgnard RE. Anti-inflammatory effects of electronic signal treatment. Pain Physician. 2008;11(6):891–907.
- Paulus W. Transcranial electrical stimulation (tES - tDCS; tRNS; tACS) methods. Neuropsychol Rehabil. 2011;21(5):602–617. doi: 10.1080/09602011.2011.557292.
- Reynolds DV, Sjoberg AE. 1969 neuroelectric conference-electroneuroprosthesis, electroanesthesia, and nonconvulsive electrotherapy. IEEE Trans Biomed Eng. 1970; 17(1):81–82.
- Robinovitch L. Electrical analgesia, sleep and resuscitation. In: Gwathmey J, editor. Anesthesia. New York: Appleton; 1914. p. 478.
- White PF, Li S, Chiu JW. Electroanalgesia: its role in acute and chronic pain management. Anesth Analg. 2001;92(2):505–513. doi: 10.1097/0000539-200102000-00042.