

ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ЭЛЕКТРОНЕЙРОСТИМУЛЯЦИИ

© Ю.Е. Маляренко, С.В. Шутова, Е.В. Бирюкова

Проблема электронеуростимуляции в связи с ее корректирующим эффектом продолжает привлекать внимание большого числа лабораторий. В частности, установлено, что обезболивающие и антистрессорные эффекты достигаются при низких частотах стимуляции [1]. При таком типе стимуляции активируется эндогенная опиоидная система (ЭОС), включающая опиоидную систему мозга, эндокринный отдел и периферический отдел нервной системы, обеспечивающий преимущественно местные эффекты опиоидов. Последних в настоящее время обнаружено несколько десятков [2].

Чрескожная электронеуростимуляция. Концепция электролечения состоит в том, что воздействие должно обеспечить требуемое накопление пептидов с полифункциональным, стресс-лимитирующим спектром при минимизации повреждающего действия электрического сигнала [3]. Неповреждающее воздействие, согласно электрофизиологическим исследованиям, обеспечивается двуполярным импульсным сигналом, каждая фаза которого не превышает 100 мкс. Этому во многом соответствуют приборы короткоимпульсной чрескожной электроаналгезии (TENS). Казалось бы, они должны оптимально решать проблему гомеостатического эффекта. Однако на практике этого не происходит. Причина относительно низкой терапевтической эффективности таких приборов – привыкание организма к воздействию. Именно поэтому высокочастотная низкоинтенсивная TENS уступила место низкочастотной высокоинтенсивной. Заметим, что частота следования импульсов при низкочастотной TENS (1–4 Гц) соответствует порогу непривыкания.

Одна из особенностей чрескожной электронеуростимуляции состоит в ее способности активировать нервные волокна разных типов, в том числе слабомиелинизированные и безмиелиновые. Кроме того, она способствует выработке нейропептидов (регуляторных пептидов). Важная особенность нейропептидов заключается в большой продолжительности их существования в жидкостях организма (Аш – доли секунды, катехоламины, серотонин, гистамин, ГАМК – до 5 секунд; малые пептиды – до десятков минут, средние и большие – до десятков часов).

Разработанный в Таганрогском радиотехническом университете электростимулятор типа СКЭНАР позволяет активировать тонкие пептидосодержащие волокна в значительно большей степени, чем другие стимуляторы [3]. Это позволяет создать эффективную дозу регуляторных пептидов (РП), а они совместно с другими гуморальными факторами, тоже подверженными существенному влиянию РП, усиливают эффект.

Электронеуростимуляция должна проводиться индивидуально; как нами показано, ее режим следует выбирать в зависимости от типа конституции, в том числе вегетативной, соматической, психофизиологической

и других условий [4]. Она должна быть физиологичной, то есть обеспечивающей селективное поглощение энергии внешнего воздействия в количествах не более, чем необходимо для коррекции нарушенных функций, и направлена на оптимизацию процессов саморегуляции. Эффективность TENS выше в тех случаях, когда организм сам определяет параметры внешнего воздействия (последний принцип заложен в СКЭНАРе).

При изучении неаналгетических эффектов TENS нами была выявлена оптимизация регуляции сердечного ритма со снижением индекса напряжения, нормализацией симпато-вагусного баланса, увеличением вариабельности сердечного ритма (BCP) при низких ее исходных значениях. При этом локализация электродов не имела большого значения, стимулировались сегменты верхней или нижней конечности. Низко- и высокочастотная TENS давала однонаправленные эффекты с некоторыми вариациями выраженности изменений BCP. Тип электростимулятора (СКЭНАР, АИСТ, АНЕСТИМ) также оказался несущественным фактором в плане изменения BCP.

Установлено также, что независимо от режима воздействия и места наложения электродов противоболевая TENS способствует расширению функциональных возможностей мозга: достоверно снижаются уровни ситуативной и личностной тревожности, улучшаются характеристики внимания и образного мышления, увеличиваются скорость и точность сенсомоторных реакций разной модальности и происходит оптимизация показателей стрессорной устойчивости. Наибольшие изменения показателей внимания, образного мышления и латентного периода простых сенсомоторных реакций отмечены под влиянием электростимуляции на частоте 80 Гц, остальных показателей – на частоте 8 Гц, что можно объяснить различной степенью активации эндогенной опиоидной системы, способствующей улучшению психоэмоционального состояния человека. В основе наблюдаемых эффектов лежат также механизмы межсенсорного взаимодействия и усиления интегративных процессов в мозге вследствие активации кожных афферентов. Степень ответной реакции на TENS зависела от индивидуально-типологических особенностей испытуемых. Наибольшие изменения отмечены у экстравертов, лиц с сильной нервной системой, левополушарным профилем асимметрии и юношей эктоморфного типа телосложения.

Транскраниальная электростимуляция (ТЭС). При изучении эффектов ТЭС было показано, что непосредственная электрическая стимуляция некоторых медиально расположенных структур мозгового ствола (ядер гипоталамуса, среднего мозга, моста и продолговатого мозга) может вызвать выраженную анальгезию [5].

Противоболевой эффект ТЭС за счет активации антиноцицептивной системы мозга стоит на первом мес-

те. Он проявляется при любых видах болей (остеохондроз, невриты, невралгии, различные виды головных болей). При определенной интенсивности электрического воздействия противоболевой эффект ТЭС настолько интенсивен, что с успехом используется для замены введения анальгетиков при хирургических операциях.

Противоболевая система мозга участвует не только в регуляции болевой чувствительности, но и в регуляции ряда нарушенных функций организма. Например, при ее активации происходит воздействие на сосудодвигательный центр, что приводит к нормализации кровяного давления. Этот эффект ТЭС с успехом применяется также для лечения гипертонии (I–II стадии), гипотонии и вегетососудистой дистонии, в том числе и в предклимактерическом периоде. Особым случаем применения ТЭС является лечение алкогольной абстиненции с последующим купированием аффективных нарушений и тяги к приему алкоголя.

Другие лечебные эффекты обусловлены действием повышенной концентрации бета-эндорфина в крови непосредственно на органы и ткани. Экспериментально и клинически установлено, что под влиянием ТЭС интенсивно стимулируются процессы репарации поврежденных тканей разного типа: эпителиальной, соединительной, периферических нервных стволов. Отсюда – успешное применение ТЭС для лечения ожогов, язвы желудка и трофических язв, острого инфаркта миокарда, а также сенсоневральной тугоухости, связанной с нарушениями функции слухового нерва.

Кроме того, при лечении методом ТЭС стимулируется клеточный иммунитет и отмечается тормозящее влияние на рост опухолей. Последнее продемонстрировано в экспериментах на различных моделях опухолей.

ТЭС положительно влияет на настроение, устраняет депрессию, повышает работоспособность, улучшает сон. И, наконец, антистрессорное действие ТЭС – весьма комплексное и связано с рядом центральных и периферических эффектов этого воздействия.

Эффекты ТЭС развиваются достаточно быстро: уже через 10–15 минут от начала воздействия в крови, ткани мозга и спинно-мозговой жидкости в несколько раз возрастает концентрация бета-эндорфина, являющегося универсальным гомеостатическим регулятором. Доказано также, что в развитии эффектов ТЭС взаимосвязанно участвуют, помимо опиоидного, также серотонинергический и холинергический медиаторные механизмы.

Импульсные токи низкой частоты изменяют биоэлектрическую активность головного мозга: уменьшаются спектральная плотность γ -волн, что свидетельствует об усилении седативного эффекта; снижается также амплитуда медленных волн с периодом 2–20 с (ϵ и τ -волны), присутствующих в спектре электроэнцефалограммы при болевом синдроме. Импульсные токи устраняют активирующие влияния ретикулярной формации на корковые центры и стабилизируют альфа-ритм ЭЭГ.

ТЭС приводит также к повышению резистентности организма и его устойчивости к стрессорным факторам.

Позитивное влияние ТЭС на регуляцию сердечного ритма выявлено не только в условиях покоя, но и при функциональных пробах; расширение резервных возможностей регуляции сердца способствовало более

адекватной его реакции на изменение положения тела и на ментальный стресс [6].

Таким образом, гомеостатические эффекты электростимуляции зависят не только от особенностей паттерна стимулов, но также от типа конституции испытуемого и фоновых значений функции.

Представляется, что анализ механизмов гомеостатического влияния на функции сердца и мозга некоторых видов электростимуляции не должен ограничиваться рассмотрением участия в этом процессе эндорфинов. Очевидно, что не меньшее влияние на их реализацию может оказать усиливающаяся интегративная деятельность мозга и доминанта Ухтомского, которая – как мы полагаем – формируется в результате использования пролонгированных сенсорных притоков. При этом известно: уровень стационарного возбуждения в мозге чрезвычайно важен для хода реакции. Если уровень такого возбуждения мал, то пришедшая диффузная волна может поднять его до состояния, характерного для доминанты, то есть создать в нем повышенную возбудимость. Если же уровень возбуждения в центре и без того высок, то при приходе новой волны возбуждения возникает эффект торможения. В указанном механизме присутствует координационное торможение (энергетических более емких и позднее вырабатывающийся процесс, чем простое возбуждение). Описанная причастность доминанты к саморегуляции хорошо согласуется с законом исходного уровня Вильдера: чем выше исходный уровень функции, тем меньше ответ на стимуляцию.

Оптимизацию функций сердца может объяснить и теория «акцентированного антагонизма» Леви, суть которой состоит в том, что ингибирующее действие парасимпатической активности прямо пропорционально уровню симпатической активности.

Одна из причин гомеостатических влияний электростимуляции может сводиться и к «контролю на входе»: чем сильнее сенсорный приток, тем больше выражены влияния отрицательной обратной связи, лимитирующей уровень возбуждения соответствующих центров мозга.

Таким образом, есть основания утверждать с большой долей вероятности, что гомеостатические влияния определенных видов электростимуляции обусловлены не одним эндорфинным, а целым рядом механизмов, срабатывающих в центральном и периферическом отделах нервной системы.

Что касается механизмов устойчивости полученных функциональных изменений, то ключ к их расшифровке следует искать в отделах мозга, где имеются предпосылки для продолжительного удержания следовых процессов. Скорее всего, таковыми являются нейроны гиппокампа и неокортекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доманский В.Л. // Медицинская техника. 1994. № 4. С. 14–20.
2. Gutusel B. et al. // Life Sci. 1997. V. 60. № 1. P. 141–145.
3. Гринберг Я.З. СКЭНАР-терапия: Сб. статей. Вып. 5. Таганрог, 1999. С. 6–13.
4. Малайренко Т.Н., Шутова С.В. // Валеология. 2000. № 3. С. 25–34.
5. Лебедев В.П. // Медицинская техника. 1997. № 7. С. 7–13.
6. Малайренко Т.Н., Говина Ю.А., Воронин И.М., Малайренко Ю.Е. // Вестн. ТГУ. Сер. Естеств. и технич. науки. Тамбов, 2000. Т. 5. Вып. 1. С. 51–59.