Для цитирования: Луценко Е. Л. Исследование метода циклической электростимуляции для предотвращения пароксизмов сонного состояния в условиях монотонной деятельности / Е. Л. Луценко // Вестник психофизиологии. – 2014. – № 1. – С. 47-57.

УДК 159.91:159.944.4: 615.84

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ЦИКЛИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПАРОКСИЗМОВ СОННОГО СОСТОЯНИЯ В УСЛОВИЯХ МОНОТОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ[[1]](#footnote-1)**

***Е. Л. Луценко***

***Украина, Харьков, Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина***

[***psydilab@gmail.com***](mailto:psydilab@gmail.com)

***Ключевые слова: электростимуляция, монотония, ЭЭГ, вариабельность сердечного ритма, субъективное шкалирование***

Развитие состояния монотонии является серьезной проблемой во многих областях человеческой деятельности – при длительном управлении транспортным средством, на боевом дежурстве, при работе на конвейерных, полуавтоматизированных и автоматизированных системах, в задачах длительного слежения у диспетчеров, при занятиях спортом, чтении сложной литературы, фиксации и анализе однообразных данных, прослушивании лекций, концертов, посещении публичных мероприятий и т.д. Особенно опасны глубокие стадии данного состояния, вызывающие непроизвольное засыпание, что при деятельности, связанной с риском, приводит к высокому травматизму и человеческим потерям.

A. Cubser (1968) определил монотонию как «состояние сниженной психической активности, которое проявляется в повышенном ощущении утомления и сонливости, и связанное с уменьшением способности быстро реагировать, переключаться, а также колебанием в эффективности труда и ее снижением» [цит. по 13, с. 39]. По А. Б. Леоновой, монотония – это функциональное состояние человека, возникающее при монотонной работе. Оно характеризуется снижением общего уровня активации, потерей сознательного контроля за исполнением действий, ухудшением внимания и кратковременного запоминания, нечувствительностью к внешним раздражителям, преобладанием стереотипных движений и действий, субъективными ощущениями скуки, сонливости, вялости, апатии, потерей интереса к работе [2]. Монотония, по определению Л. П. Гримака, – это состояние, противоположное стрессу, которое характеризуется сниженным уровнем жизнедеятельности, и которое наступает в результате воздействия однообразных раздражителей, то есть снижении внешней стимуляции [9]. В то же время, последнее определение далеко неоднозначно, так как есть сведения, указывающие на специфический вид стресса именно вследствие монотонии.

Например, как показали М. В. Горбачева и Т. Г. Кузнецова, монотонное предъявление даже положительного стимула у тревожных субъектов способно приводить к эмоциональному напряжению, т.е. стрессу, что отражается в динамике стресс-индекса при анализе вариабельности сердечного ритма [3]. Люди в состоянии монотонии жалуются на апатию, скуку и сильное нежелание продолжать вызывающую его деятельность, что также можно рассматривать как состояние стресса [9].

Для диагностики и исследования состояния монотонии используются методы психофизиологии (ЭЭГ, ЭОГ, ЭМГ, ЧСС, ЭДР), оценки поведенческой реактивности (время реакции) и психодиагностические методы и методики [8, 14]. Австралийские исследователи из Центра несчастных случаев и дорожной безопасности (Larue G.S., Rakotonirainy A., Pettitt A.N., 2010) указывают, что наиболее предпочтительным выбором из психофизиологических методов является ЭЭГ, которую необходимо сочетать с оценкой времени реакции и субъективным оцениванием состояния [14]. G. Larue и соавт. приводят следующую классификацию ЭЭГ-коррелятов функциональных состояний: при тревоге наблюдается снижение выраженности альфа-ритма и повышение бета-ритма; при наступлении сонливости/утомления регистрируется снижение альфа-ритма, резкое снижение бета-ритма, повышение активности тета- и дельта-диапазонов. При сонливости наблюдаются циклы понижения и повышения альфа-ритма, повышение тета- и дельта-осцилляций. В состоянии утомления возрастают колебания в альфа- и тета-диапазонах. При выполнении монотонных задач повышается мощность альфа-ритма во фронтально-теменных областях. При пароксизмах микросна наступают вспышки активности в альфа- и тета-диапазонах.

Не отрицая важности ЭЭГ-исследований, многие авторы указывают на необходимость отслеживания неэлектрических физиологических маркеров уровня бодрствования – показателей гемодинамики, динамики дыхания, изменения температуры тела и др. [12].

С целью предотвращения монотонии традиционно применяются разные эргономические способы организации рабочего пространства [13], сигнальные лампочки и зуммеры, на которые диспетчер должен реагировать нажатием на кнопку обратной связи, приборы анализа глазодвигательной активности с обратной аудиальной связью [6], биоуправляемая электромагнитная стимуляция [7, 12], использование функциональной музыки, фармакологических средств [8]. По результатам обзоров литературы многие специалисты констатируют, что на настоящий момент не существует удовлетворительных контрмер против снижения качества исполнительской деятельности водителей на монотонных дорогах [14].

Один из психофизиологических методов – метод электростимуляции, ранее, насколько нам известно, не применялся для решения проблемы монотонии, хотя сфера его применения в прикладной психофизиологии очень широка: от релаксационных, лечебных и спортивно-тренировочных воздействий [13] до косметологических процедур [11]. В связи со сложившейся ситуацией считаем актуальным разработку и оценку новых методик противодействия состоянию монотонии, в частности методики электростимуляции.

**Цель исследования** – произвести оценку эффективности аппаратной психофизиологической методики циклической электростимуляции предплечья для предотвращения развития состояния монотонии с пароксизмами сонного состояния.

**Задачи исследования:** 1) произвести диагностику функционального состояния участников исследования на исходном, промежуточном и итоговом этапах эксперимента; 2) смоделировать состояние перцептивной монотонной деятельности под контролем ЭЭГ; 3) применить методику циклической электростимуляции предплечья во время монотонной деятельности; 4) сравнить индикаторы функционального состояния участников на этапах эксперимент/контроль с учетом факторов пола, возраста, порядка воздействия эксперимент/контроль, времени проведения исследования, длительности сна в предыдущую ночь, силы/напряжения и частоты стимулирующего тока, начальной степени бодрствования/монотонии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выборку исследования составили 31 человек (медиана возраста 32 года, диапазон возраста 18-57 лет), из них 11 женщин и 20 мужчин, жители г. Харькова. Все участники подписали протоколы информированного согласия. Исследование проводилось 5-14 февраля 2014 г. на базе Лаборатории психодиагностики Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина.

Для решения задач исследования были выбраны следующие методы:

1. Субъективное шкалирование состояния участника исследования: 5-ти бальное оценивание своего состояния по 12-ти признакам состояния монотонии (безразличие, отсутствие бдительности, желание зевать, отсутствие сообразительности, заторможенность реакций, ощущение застывшего лица, ощущения закрывания глаз, ощущение урежения пульса и дыхания, оцепенение, ощущение «выключения», отсутствия готовности к действиям, сонливость). Минимум по шкале составляет 0 баллов, максимум – 48 баллов.

2. Метод ЭЭГ – одноканальная биполярная ЭЭГ в фронтально-теменном отведении FCz (между Fz и Cz) и PCz (между Pz и Cz) по международной системе 10-20 с автоматизированной количественной обработкой индексов мощности основных ритмов (дельта 2, тета, альфа, бета 1, бета 2). Запись ЭЭГ производилась на программно-аппаратном комплексе «РЕАКОР» (Медиком мтд, г. Таганрог, РФ). При записи ЭЭГ применялся референтный электрод, одеваемый на правую руку испытуемых [5].

3. Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) в течение 3-х минут, сидя, регистрация с помощью метода фотоплетизмографии на базе программно-аппаратного комплекса БОС-ПУЛЬС («Компьютерные системы биоуправления», г. Новосибирск, РФ) [1].

4. Компьютеризированный метод оценки времени реакции (ВР) на базе программно-аппаратного комплекса БОС-ПУЛЬС. Методика представляла собой игровое моделирование вождения автомобиля, при котором необходимо было нажимать на клавишу «пробел» при внезапном появлении препятствий в поле зрения.

5. Методика моделирования состояния перцептивной монотонии представляла собой предъявление участнику на мониторе компьютера повторяющегося в течение 25 минут слайд-шоу с видами природы (18 слайдов на исходном и итоговом этапах и 35 слайдов на основном этапе, время демонстрации каждого слайда – 7 сек, время смены слайдов – 1 сек), сопровождаемого медленной однообразной релаксационной музыкой. Слайд-шоу было реализовано в программной оболочке комплекса «Реакор», что позволяло одновременно фиксировать ЭЭГ. Слайд-шоу было организовано в три этапа – исходный (2,5 минуты), основной (20 минут) и итоговый (2,5 минуты) для раздельного анализа характеристик ЭЭГ на этих этапах. Участнику давалась инструкция внимательно просматривать все слайды, не отвлекаясь от экрана и не закрывая глаза. Методика проводилась 2 раза – «эксперимент» (при воздействии циклической электростимуляции) и «контроль» (без воздействия циклической электростимуляции). Порядок предъявления участникам процедур «эксперимент/контроль» чередовался.

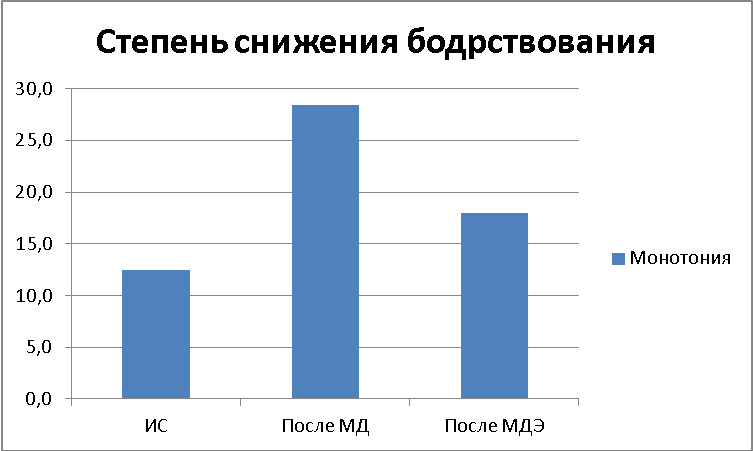
6. Аппаратная методика циклической электростимуляции реализовывалась с помощью раздражающего циклического электростимулятора ЦЭС-1 производства компании «СпецТехпро», г. Харьков, руководитель направления Рыбаченко И. А. (патент Украины на полезную модель №85142 от 11.11.2013, соответствие стандарту безопасности для электростимуляторов нервов и мышц ДСТУ ISO/IEC 17025:2006). Прибор крепился на левое предплечье с наружной стороны, сила/напряжение тока и частота воздействия подбиралась индивидуально до уровня ощутимого, но не болезненного раздражения. Прибор допускает варьирование в рамках 25-ти режимов силы тока (от 0,6v и 0,72mА до 3,62v и 3,74mА – при условной нагрузке в 1000 Ом) и в рамках 5 режимов частоты импульсного воздействия (от 1 раза в 3 сек до 1 раза в 15 секунд). Во время экспериментального этапа электрокожное раздражение воздействовало все 25 минут с выбранной частотой и силой. В ходе процедуры участники иногда снижали силу и частоту электрокожного раздражения.

Исследование в среднем длилось 1,5 часа для каждого участника. План эксперимента включал инструктирование участника, этап оценки начального состояния по анкете, ВСР и ВР, первую процедуру монотонной деятельности с электростимуляцией/без электростимуляции (в зависимости от порядка), промежуточную оценку по анкете, ВСР и ВР, вторую процедуру монотонной деятельности с электростимуляцией/без электростимуляции (в зависимости от порядка) и итоговую оценку по анкете, ВСР и ВР. Процедуры монотонной деятельности проводились при непрерывной записи ЭЭГ. Анализ данных выполнен с помощью программ MS Excel 2010 и StatSoft STATISTICA 7.0. Программа исследования была одобрена этической комиссией факультета психологии Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Результаты субъективного шкалирования**

Сравнение результатов самоощущения участников здесь и далее проводилось по t-критерию Стьюдента для зависимых выборок (критерий сдвига) между: 1) исходным состоянием (ИС) и состоянием после процедуры монотонной деятельности (МД); 2) состоянием после процедуры МД и состоянием после процедуры монотонной деятельности с электростимуляцией (МДЭ); 3) ИС и состоянием после МДЭ. Во всех трех случаях обнаружены значимые различия, а именно: 1) ощущение монотонии значимо выше после процедуры МД (среднее М=28,4) по сравнению с ИС (М=12,5; р<0,001); 2) ощущение монотонии значимо ниже после процедуры МДЭ (М=18,0) по сравнению с замером после процедуры МД (М=28,4; р<0,001); 3) ощущение монотонии значимо ниже в ИС (М=12,5), чем после процедуры МДЭ (М=18,0; р<0,001) – см. рисунок.



*Рисунок. Степень снижения бодрствования в исходном состоянии, после процедуры МД и после процедуры МДЭ*

Комментируя диаграмму, стоит отметить, что даже в исходном состоянии не все участники исследования находятся в абсолютно ясном состоянии бодрствования, так как у них могут присутствовать естественные признаки утомления или недосыпания.

Детальный анализ по пунктам анкеты показывает, что достоверные различия на этапах МД/МДЭ наблюдаются по всем 12-ти признакам монотонии, хотя между этапами ИС/МД нет различий по пункту «ощущение замедленного пульса и дыхания», а между этапами ИС/МДЭ нет различий по пунктам «снижение бдительности», «ухудшение сообразительности» и «ощущение замедленного пульса и дыхания». То есть метод электростимуляции по последним трем признакам ликвидирует состояние монотонии, так как возвращает участника в его исходное состояние, которое наблюдалось до погружения в монотонную перцептивную деятельность. Наиболее эффективно также происходит редукция состояния монотонии в присутствии электростимуляции по пунктам, касающимся ухудшения сообразительности, закрывания глаз, оцепенения, «выключения», сниженной готовности действовать и сонливости, так как по этим 6-ти признакам получены достоверные различия не только на уровне р<0,050, но на уровне р<0,001.

**Результаты ЭЭГ-анализа**

Не обнаружено различий индексов основных ритмов ЭЭГ между этапами МД и МДЭ.

**Результаты анализа ВСР**

Не обнаружено изменений в частоте сердечных сокращений (ЧСС) и показателях вариабельности сердечного ритма при их сравнении после процедур МД и МДЭ, что говорит об отсутствии какого-либо эффекта циклической электростимуляции предплечья на показатели сердечной деятельности. В то же время обнаружены значимые различия между параметрами ВСР в ИС по сравнению с их состоянием как после МД, так и после МДЭ – см. таблицу.

*Таблица. Отличие параметров сердечной деятельности в ИС от состояний после процедур МД и МДЭ*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Параметры ВСР** | **ИС** | **После МД** | **После МДЭ** |
| ЧСС | 81,6 | 73,0 (р<0,001) | 73,4 (р<0,001) |
| SDNN | 47,4 | 57,5 (р<0,050) | 54,6 (р<0,050) |
| pNN50% | 12,2 | 19,7 (р<0,050) | 17,7 (р<0,050) |
| SI | 169,6 | 93,5 (р<0,001) | 98,5 (р<0,050) |

Все изменения сердечной деятельности после процедур, вызывающих монотонию, свидетельствуют о переходе организма к релаксации, автономному управлению и снижению индекса напряженности регуляторных систем, то есть к восстановительно-трофической деятельности.

**Результаты анализа ВР**

Не обнаружено значимых изменений времени реакции участников исследования между этапами ИС, МД и МДЭ.

**Влияние независимых факторов**

Для анализа влияния независимых переменных (пол, возраст, порядок воздействия, сила и частота тока, время исследования, длительность сна в предыдущую ночь, изначальная степень снижения бодрствования), которые могут маскировать различия в основных анализируемых показателях (ЭЭГ, ВСР и времени реакции), мы разделили общую выборку на подгруппы, различающиеся по данным факторам, и провели сравнительный анализ фаз МД и МДЭ внутри подгрупп. Данные субъективного шкалирования не анализировались с учетом независимых факторов в связи с уже обнаруженными достоверными различиями.

*Фактор порядка воздействия.* Разделение выборки на две подгруппы – ту, в которой первым был эксперимент с МДЭ (15 чел.), и ту, в которой первым предъявлялась МД (16 чел.), позволило обнаружить меньшую вариабельность сердечного ритма в присутствии электростимуляции, чем без нее в подгруппе, где сначала предъявлялась электростимуляция. Это выразилось в более низком SDNN (стандартное отклонение кардиоинтервалов), TP (общая мощность спектра нейрогуморальной регуляции) и большем SI (стресс-индекс, индекс напряженности регуляторных систем), на этапе МДЭ, чем на этапе только МД без электростимуляции. Это свидетельствует о том, что когда эксперимент начинается с электростимуляции, у участников возникает небольшой уровень стресса, отражающийся в снижении ВСР. Если воздействию электростимуляции предшествует период монотонной деятельности без электростимуляции, этот эффект не развивается. При этом развивающийся стресс не выводит показатели ВСР за пределы нормы [1], то есть его можно рассматривать как позитивный, тонизирующий эустресс, а не как дистресс (в терминологии Г. Селье) [9].

*Фактор возраста.* При разделении выборки на две подгруппы – более молодых участников (до 35 лет, 19 чел.) и участников более старшего возраста (после 35 лет, 12 чел.) обнаружено в группе более старшего возраста небольшое (в пределах нормы) снижение показателей ВСР (SDNN, TP и LF) на этапе после МДЭ по сравнению с этапом после МД. То есть, для более старшей возрастной подгруппы электрораздражение оказывает более сильное стимулирующее воздействие, вовлекающее уровень центральной (гипоталамо-гипофизарной регуляции).

*Фактор пола.* В подгруппе женщин обнаружено снижение индекса бета 2-ритма на исходном этапе процедуры МДЭ (индекс бета 2-ритма 6,08) по сравнению с исходным этапом МД (индекс бета 2-ритма 6,97, р=0,005), а также повышение тета-ритма и дельта 2-ритма на основном этапе МДЭ (индекс тета-ритма 14,8, индекс дельта 2-ритма 13,4) по сравнению с основным этапом МД (индекс тета-ритма 14,1, индекс дельта 2-ритма 12,5, р=0,039). В подгруппе мужчин не обнаружено различий в ЭЭГ, ВР и ВСР между этапами МД/МДЭ. Таким образом женщины оказываются более реактивными в ответ на электрораздражение, однако эта реакция противоположна ожидаемой – вначале наблюдается снижение быстрого бета 2-ритма, связываемого с уровнем внимания, а далее наблюдается увеличение медленных тета- и дельта-ритмов, связываемых с дезактивацией и сонливостью.

*Фактор силы тока.* При разделении выборки на подгруппу, выбирающую минимальную силу тока (18 чел., 0,6v и 0,72mА) и подгруппу, выбирающую более высокие режимы силы тока (13 чел., от 0,89v и 0,83mА до 1,77v и 1,77mА) обнаружено, что в подгруппе с низкой силой тока на исходном этапе МДЭ наблюдается снижение бета 2-ритма (индекс бета 2-ритма 5,7) по сравнению с исходным этапом МД (индекс бета 2-ритма 6,4, р=0,020). Это можно объяснить тем, что люди, испытывающие более неприятные ощущения при электрораздражении (и поэтому выбирающие минимальный режим раздражения), во время воздействия переключают свое внимание между направленностью на свои ощущения от электростимуляции и направленностью внимания на слежение за слайдами.

*Фактор частоты тока.* Фактор частоты воздействия электрораздражения влияет аналогичным образом, как и фактор силы тока, на группу, выбирающую более редкое воздействие (14 чел., частота 1 раз в 10 и 15 сек), то есть испытывающую более неприятные ощущения, по сравнению с группой, выбирающей более частое раздражение (17 чел., частота 1 раз в 3, 5 и 7 сек). В группе с более редким воздействием электростимуляции наблюдается снижение бета 2-ритма на основном этапе МДЭ (индекс бета 2-ритма 5,9) по сравнению с основным этапом МД (индекс бета 2-ритма 6,8; р=0,023).

*Фактор времени проведения исследования.* Для учета влияния циркадных ритмов выборка была разделена на три подгруппы: проходившие исследование утром (9 чел., с 8.30 до 11.00), проходившие исследование днем (16 чел., с 11.00 до 17.00) и проходившие исследование вечером (6 чел., с 17.00 до 19.30). В дневное время обнаружено небольшое снижение времени реакции после МДЭ (ВР 424,3 мс) по сравнению с периодом после МД (ВР 397,8 мс, р=0,027).

*Фактор длительности сна в предыдущую ночь.* Не обнаружено существенных различий в подгруппах, спавших достаточно много (7 и более часов, 23 чел.) и спавших меньшее количество времени (менее 7 часов, 8 чел.)

*Фактор изначальной степени снижения бодрствования.* При разделении выборки на подгруппу с изначально более низким уровнем бодрствования (15 чел., уровень монотонии выше среднего – выше 12 баллов) и подгруппу с изначально более высоким уровнем бодрствования (16 чел., уровень монотонии ниже среднего – ниже 12 баллов) обнаружено, что в группе с изначально высокой монотонией снижается ВСР после МДЭ (среднее SDNN=49,4) по сравнению с фазой после МД (среднее SDNN=58,1; р=0,010). То есть для участников, изначально находящихся на сниженном уровне бодрствования электрораздражение вызывает более интенсивное задействование центрального уровня регуляции сердечной деятельности, тем не менее, не выходящего за пределы нормы [1].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам субъективного шкалирования достоверно показано, что воздействие электростимуляции значительно (более чем в полтора раза) снижает у участников осознаваемые признаки снижения уровня бодрствования. Однако ощущение монотонии все же остается, о чем свидетельствует его неполная редукция, не достигающая уровня начальных значений по всем пунктам, кроме пунктов «снижение бдительности», «ухудшение сообразительности» и также «ощущение замедленного пульса и дыхания». То есть методика электростимуляции особенно эффективно возвращает участнику ощущение необходимого уровня бдительности и скорости мышления, а также нормального тонического состояния пульса и дыхания.

Полученный эффект урежения пульса и повышения ВСР после обеих процедур МД и МДЭ является не случайным и, предположительно, эволюционно стабильным, так как однообразная, монотонная среда в период основной эволюции гоминид, свидетельствовала об отсутствии угроз, а значит, позволяла воспользоваться данными условиями для экономии энергии. Согласно Борбели [цит. по 10, с. 260], цикл «сон-бодрствование» является более гибким механизмом, чем жестко запрограммированный циркадный ритм организма, и позволяет ему приспосабливать время активности/отдыха к изменяющимся условиям окружающей среды и своим потребностям. Как писал И. П. Павлов об этом состоянии: «Эта обстановка для собак является постоянно монотонной, а раз обстановка для них не представляет никаких колебаний, не требуется никакой деятельности, тогда, конечно, что же без толку сидеть, тогда спи по крайней мере. Это совершенно натуральный возбудитель тормозного процесса» [цит. по 6, с. 205]. Исходя из предположения о глубокой «укорененности» данной реакции на монотонную среду в эволюции, становится понятным, почему так трудно преодолеть ее в резко отличающихся техногенных условиях современного мира, когда возникает «ошибочное включение инстинкта» на внешне похожий, но, по сути – отличный стимул среды.

Анализ фактора порядка показал, что если применять воздействие электростимулятора сразу же, как только началась монотонная деятельность, он порождает небольшой физиологический стресс. Если применять электростимулятор через полчаса после воздействия монотонной деятельности, этот физиологический стресс не развивается, так как, вероятно, психологический стресс, порождаемый самой монотонной деятельностью, является достаточно неприятным, и тонизирующее воздействие электрокожного раздражения не воспринимается организмом как стрессовое.

Анализ некоторых независимых факторов свидетельствует, о том, что у людей, испытывающих более выраженные неприятные ощущения при воздействии электростимуляции (участников, выбирающих меньшие режимы воздействия, у женщин, испытывающих больше физических страхов, чем мужчины) наблюдается снижение бета 2-ритма, что можно объяснить перераспределением внимания между целевым стимулом (слайд-шоу) и раздражающим (электростимуляция). Этот эффект может быть связан с непривычностью воздействия электростимуляции, и, вероятно редуцируется, при повторных применениях устройства. Данное положение требует дополнительных исследований.

Отсутствие выраженных изменений в ЭЭГ, ВСР и ВР можно объяснить сложностью и гетерогенностью влияний модулирующей системы мозга [4], разнонаправленное действие которых за данный период времени монотонной деятельности невозможно четко выявить. Тем не менее, на субъективном уровне у 90% участников исследования отмечался более высокий уровень бодрствования и редукция состояния монотонии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментальная проверка влияния методики циклической электростимуляции для поддержания сознательного состояния и предотвращения пароксизмов сонного состояния доказала ее эффективность, отражающуюся в существенно более высоком самоощущении уровня бодрствования и редуцировании признаков засыпания у участников эксперимента.

Необходимо отметить, что для оценки качества любой психофизиологической методики важно не только показать ее эмпирическую эффективность, но и объяснить механизм ее действия. Мы можем пояснить эффективность методики электростимуляции для противодействия развитию глубоких стадий монотонии следующим принципом. Для поддержания уровня бодрствования необходимо, чтобы в мозг приходил достаточный уровень стимуляции, если не внешней, то внутренней. Это один из механизмов саморегуляции организма – в условиях пониженной внешней стимуляции человек начинает двигаться, чтобы усилилась восходящая афферентная импульсация к мозгу от работающих мышц [9]. Мышечное расслабление, блокирование мышечной активности на фоне внешне монотонной среды, приводит к ускоренному снижению уровня бодрствования. Воздействие циклического электрораздражения на кожу, мышцы и нервы руки, частоту и силу которого пользователь устройства ЦЭС-1 может менять в процессе выполнения деятельности, создает дополнительную стимуляцию для мозга, не позволяющую ему существенно снизить уровень бодрствования до степени появления пароксизмов сна.

Этот эффект выгодно выделяет данную методику на фоне прочих современных технических средств, разработанных для решения проблемы монотонии. В то время, как практически все они фиксируют наступление состояния сна уже постфактум, использование ЦЭС-1 позволяет добиться бодрствующего состояния без кратковременных провалов в уровне сознания, что особенно важно в целевых ситуациях, таких как управление транспортным средством, боевое дежурство и диспетчерская работа.

Дополнительные положительные эффекты применения ЦЭС-1 – поддержание заметно высокого уровня бдительности и сообразительности, позволяют рассматривать устройство как эффективное средство для повышения работоспособности при длительных умственных нагрузках. В данном направлении требуются дополнительные исследования.

Кроме того, так как электродермальное раздражение в прикладной психофизиологии используется для выработки стрессоустойчивости и угашения оборонительного рефлекса при воздействии неприятных раздражителей (в терапии с биологической обратной связью), то можно ожидать неспецифического эффекта методики циклической электростимуляции в виде общего повышения стрессоустойчивости субъектов, использующих этот метод для противодействия монотонии.

Литература

1. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский и др. // Вестник аритмологии. – 2001. - №24. – С. 65-87.
2. Большой психологический словарь / Сост. и общ. ред. Б. Мещеряков, В. Зинченко. – СПб.: Речь, 2011. – 635 с.
3. Горбачева М. В. Монотония как стрессирующий фактор / М. В. Горбачева, Т. Г. Кузнецова / Тез. VIII Всеросс. конф. с междунар. уч., посвященной 220-летию со дня рождения академика К. М. Бэра, «Механизмы функционирования висцеральных систем» 25-28 сентября 2012г. Санкт-Петербург. – СПб.: Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, 2012. – С. 57-58.
4. Данилова Н. Н. Психофизиология: Учебник для вузов / Н. Н. Данилова. – М.: Аспект Пресс, 2007. – 368 с.
5. Комплекс реабилитационный психофизиологический для тренинга с биологической обратной связью «РЕАКОР»: методические указания. – Таганрог: НПКФ «Медиком МТД», 2007. – 162 с.
6. Лебедев В. И. Экстремальная психология. Психическая деятельность в технических и экологически замкнутых системах / В. И. Лебедев. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 431 с.
7. Лебедева Н. Н. Коррекция функционального состояния человека-оператора в условиях длительной монотонной деятельности с помощью низкоинтенсивного электромагнитного поля ММ-диапазона / Н. Н. Лебедева, А. В. Вехов, Е. Д. Каримова // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. – 2012. – Том 2, №6. – С. 349-354.
8. Леонова А. Б. Психодиагностика функциональных состояний человека / А. Б. Леонова. — М.: Изд-во Моск. ун-та. 1984. — 200 с.
9. Психические состояния / Сост. общая редакция Л. В. Куликова. – СПб.: Питер, 2000. – 512 с.
10. Психофизиология. Учебник для вузов / Под. ред. Ю. И. Александрова. – СПб.: Питер, 2001. – 496 с.
11. Старокожева Г. Н. Физиотерапия в современных косметологических клиниках / Г. Н. Старокожева / В кн.: Сб. докл. юбил. н.-практ. конф. «Институту красоты 70 лет». – М.: Клавель, 2001. – С.97-99.
12. Чудина Ю. А. Неэлектрические физиологические маркеры уровня бодрствования / Ю. А. Чудина, Д. Б. Чайванов // Вестник психофизиологии. – 2013. – №2. – С. 51-59.
13. Корольчук М. С. Психофізіологія діяльності: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М. С. Корольчук. – К.: Ельга, Ніка-Центр, 2009. – 400 с.
14. Larue G. S. Predicting driver’s hypovigilance on monotonous roads: literature review / G. S. Larue, A. Rakotonirainy, A. N. Pettitt / In 1st International Conference on Driver Distraction and Inattention. – Gothenburg, Sweden, 2010. – URL: http://eprints.qut.edu.au/28268/

РЕЗЮМЕ

Проблема неконтролируемого засыпания в условиях монотонной деятельности на транспорте, боевом дежурстве, производстве и др. подобных ситуациях пока не нашла эффективного решения и продолжает оставаться актуальной. В статье отражены результаты эксперимента, целью которого была оценка эффективности методики циклической электростимуляции для поддержки сознательного состояния и противодействия пароксизмам сонного состояния, осуществляемой с помощью циклического электростимулятора ЦЭС-1 производства компании «СпецТехпро» (руководитель направления И. А. Рыбаченко). На выборке из 31 человека был реализован план эксперимента, включавший моделирование состояния монотонии с электростимуляцией и без нее, оценку субъективного состояния участников, анализ ЭЭГ, ВСР и времени реакции. По результатам субъективного шкалирования достоверно показано, что воздействие электростимуляции значительно (более чем в полтора раза) снижает у участников осознаваемые признаки снижения уровня бодрствования. Выраженных изменений в ЭЭГ, вариабельности сердечного ритма и времени реакции выявлено не было.

SUMMARY

The problem of uncontrolled falling asleep under monotonous conditions on transport, on alert duty, at automatized work and other similar situations is still unsolved and very actual. The paper presents results of an experiment which was aimed to assess the effectiveness of cyclical electrical stimulation method for conscious state maintenance and sleeping paroxysms’ condition counteraction. The method is realized by cyclical electric stimulator CES-1 developed by SpecTechPro company (project derector I. A. Rybachenko). With the sample of 31 persons was carried out an experimental design which included monotony state modeling with electrical stimulation and without it, assessment of participants’ subjective state, EEG, HRV and time reaction analysis. The results of subjective scaling reliably demonstrate that electrical stimulation significantly (half as much again) reduces participants’ conscious signs of wakefulness level decline. Marked changes in the EEG, heart rate variability and reaction time were not fond.

1. Исследование проведено по инициативе и при технической поддержке компании «СпецТехпро», г. Харьков, руководитель направления Рыбаченко И. А. [↑](#footnote-ref-1)