

Л.Д. Усанова, А.Д. Усанова, А.В. Скрипаль

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ И СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния визуально-звукового воздействия на параметры электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и скорость распространения пульсовой волны (СРПВ) человека, влияния ритмической аудиовизуальной стимуляции (АВС) на параметры ЭЭГ. Показано, что эффект от визуально-звукового воздействия и ритмической АВС на ЭЭГ превышает эффект от раздельного воздействия звуковым и цветовым стимулами. В ходе анализа влияния ритмической визуальной стимуляции (ВС) и АВС на параметры ЭЭГ были определены пики частот, регистрируемых на ЭЭГ при воздействии разными цветовыми стимулами; было установлено, что цветовой стимул с более высоким коэффициентом насыщенности вызывает больший отклик на параметры ЭЭГ обследуемых, наиболее значительные изменения в биоэлектрической активности мозга вызывает фоностимуляция звуковым стимулом максимальной громкости. Выявлен диапазон частот, при котором наблюдается наибольшая степень отклонений от «фоновой» ЭЭГ после ритмической АВС. В ходе экспериментальных исследований влияния аудиовизуального воздействия на скорость распространения пульсовой волны (СРПВ) было установлено, что наиболее значительное увеличение СРПВ зарегистрировано в ходе визуально-звуковой стимуляции.

Звук и музыка использовались в течение столетий во многих культурах для достижения направленного изменения состояния сознания. Истоки АВС уходят в глубокую древность. Еще Пифагор проводил лечение больных фотостимуляцией, создаваемой вращением с различной скоростью колеса со спицами, расположенного между огнем и пациентом. Аналогично воздействуют шаманы, ритмично ударяя в бубен и двигаясь возле костра. Барабанный бой, скандирование, многие звуки окружающей среды, такие как ветер, дождь, шум водопада, прибоя, вызывают эмоциональные образы и ассоциации.

В настоящее время светозвуковые системы успешно используются для лечения алкогольной и наркотической зависимости. Например, известный терапевт, специализирующийся на биологической обратной связи, доктор Томас Будзински обнаружил, что у пациентов, лечившихся от зависимости от транквилизаторов (бензодиазепинов), при градиентном снижении дозы препаратов проявления абстинентного синдрома были значительно слабее, если они один раз в день получали светозвуковую стимуляцию, особенно когда последняя была выдержана в тета-диапазоне частот головного мозга. Положительный опыт применения АВС в качестве как базового, так и вспомогательного метода был получен при терапии кардионеврозов, гипертензивных состояний, а также для коррекции текущего эмоционального фона специалистов, деятельность которых сопряжена с чрезмерным психо-эмоциональным напряжением и даже витальной угрозой, в частности в подразделениях МВД [1].

Воздействию различных режимов АВС подвергается в повседневной жизни каждый человек и в настоящее время. В театре, кино, при просмотре телевизионных программ, на дискотеках используются ритмичные цветомузыкальные воздействия; во-

дители воспринимают в процессе движения мелькания прерывистой разделительной полосы. Люди инстинктивно стремятся к АВС природными факторами, например, сосредотачиваются на бликах пламени костра, свечи или камина (визуальная стимуляция); звуках, воспроизводимых потрескиванием дров в костре, шуме водопада (аудиостимуляция). Спектральный состав этих воздействий схож с ритмом мозга, находящегося в спокойном, ослабленном состоянии (так называемое альфа-состояние с доминированием частот в диапазоне от 8 до 12 Гц). В целях релаксации может быть также использована АВС, включающая в себя прослушивание записи со звуками природы и одновременное воздействие световой стимуляцией с частотой альфа-тета ритма.

В настоящее время существует вполне обоснованное мнение о том, что не только больные, но и около половины здоровых людей в той или иной степени испытывают потребность в коррекции своего психо-эмоционального состояния, а сами нарушения личностной регуляции составляют основу психоневрологической патологии и входят в структуру многих соматических заболеваний. Следовательно, устойчивый терапевтический эффект при лечении этих состояний может быть достигнут только при проведении комплексной терапии, включающей в себя, наряду с симптоматическим лечением заболевания, терапию психо-эмоциональных нарушений, в том числе и с применением АВС.

Задача определения и создания условий, при которых осуществляется максимально полная реализация адаптивных возможностей, в значительной степени может быть решена с помощью нейросенсорной терапии, важной составляющей которой является АВС. Технология АВС дает ни с чем не сравнимую возможность контролировать психо-

эмоциональное состояние без медикаментов, без воздействия посторонних установок и внушений и без формирования зависимости.

Целенаправленное формирование уровня мозговой активности (активации/торможения) позволяет использовать АВС как в качестве профилактического средства, обеспечивающего повышение адаптационного резерва механизмов защиты от эмоциональных и психо-социальных нагрузок, а также оптимизацию адаптивных реакций непосредственно в процессе экстремальных воздействий, так и в качестве достаточно эффективного средства в комплексной терапии и реабилитации психосоматических больных. АВС позволяет воздействовать на эмоциональный компонент психосоматического заболевания. Для проведения АВС используются приборы, генерирующие световые и звуковые сигналы, которые воздействуют через зрительный и слуховой анализаторы с вовлечением в процесс корковых, лимбических структур и ретикулярной формации головного мозга человека. Однако до сих пор не существовало методов АВС, реализующих возможность однозначной идентификации звукового ряда по визуальному сопровождению. Логично предположить, что метод АВС, основанный на согласованном одновременном воздействии звукового и визуального стимулов, мог бы иметь наиболее высокий уровень эффективности.

Целью настоящего исследования являлся анализ влияния визуально-звукового воздействия, реализованного средствами разработанного нами способа визуальной реализации музыки [2], [3], на параметры ЭЭГ и скорость распространения пульсовой волны человека, влияния ритмической АВС на параметры ЭЭГ.

Электрэнцефалографические обследования позволяют раскрыть, как человеческий мозг использует свои функциональные резервы. Известен метод ЭЭГ с биообратной связью, основанный на АВС, являющийся ценным дополнением к лечению больных эпилепсией, которые плохо реагируют на противосудорожные препараты. Этот метод заключается в следующем: ЭЭГ, проводимая обычным способом (регистрация активности клеток мозга), сопровождается воздействием АВС – световыми и звуковыми стимулами (фото- и фоностимуляцией). Фотостимуляцию часто проводят световыми мельканиями фиксированной частоты от 5 до 30 Гц, сериями по 10...20 с. Это касается как группы больных с истинной фотосенситивной эпилепсией, так и эпилепсии с фотосенситивностью (эпилептическая активность выявляется и без фотостимуляции). Фоностимуляция (стимуляция звуковыми сигналами) обычно применяется в виде кратковременного громкого звукового сигнала. Информативность этой пробы мала, но иногда встречается провокация локальной эпилептической активности (у 0,3%). Обследуемый наблюдает собственную ЭЭГ и пробует воздействовать на ее ритм. Этот процесс проходит в виде тренировки больного с целью управления световыми, звуковыми сопровождениями

ЭЭГ или меняющимися изображениями на экране дисплея компьютера. Таким способом удается в определенной степени управлять активностью клеток мозга и воздействовать на некоторые виды приступов, однако лечение этим способом требует большого терпения и ежедневных тренировок в течение нескольких месяцев.

Повышение уровня функциональной активности мозга (напряжение механизмов внимания, мыслительная нагрузка, эмоциональное возбуждение и др.) приводит к уменьшению амплитуды альфа-ритма. На ЭЭГ появляется высокочастотная нерегулярная активность. В спектре мощности ЭЭГ исчезает доминантный пик в области альфа-ритма; спектр в целом уплощается с равномерным распределением мощности по всем основным частотам. Подобная картина изменений ритмов ЭЭГ подтверждает физиологическую интерпретацию такого явления, как десинхронизация активности нейронов. При кратковременном, внезапно возникающем на фоне покоя внешнем раздражении эта десинхронизация возникает резко, и в случае, если раздражение не носит эмоциогенного характера, наблюдается достаточно быстрое восстановление фонового альфа-ритма. Такая реакция на ЭЭГ интерпретируется как «реакция активации», или «реакция десинхронизации» (Зенков, 1996; Киной, 1998). Ф.Я. Золотарев (1979) изучал значение параметров альфа-активности для характеристики функционального состояния мозга человека. Согласно его данным, амплитуда альфа-ритма снижается как при активации, так и при дезактивации коры (т. е. в состоянии активного бодрствования и при дремоте).

Существует немало предположений, касающихся функциональной роли альфа-ритма. Основоположник кибернетики Н. Винер и вслед за ним ряд других исследователей считали, что этот ритм выполняет функцию «считывания» информации и тесно связан с механизмами восприятия и памяти. Предполагается, что альфа-ритм отражает реверберацию возбуждений, кодирующих внутримозговую информацию и создающих оптимальный фон для процесса приема и переработки сигналов. Его роль состоит в своеобразной функциональной стабилизации состояний мозга и обеспечении готовности реагирования.

Начало воздействия любого стимула сопряжено с формированием ориентировочной реакции (ОР), проявляющейся на уровне коры головного мозга ЭЭГ-активацией (блокадой альфа-ритма и усилением высокочастотных колебаний ЭЭГ). Под ЭЭГ-активацией обычно понимают подавление, блокаду альфа-ритма, которая замещается нерегулярной низкоамплитудной активностью. Иногда отмечается усиление бета-ритма с регулярной частотой в диапазоне 29...30 Гц [бета-ритм (14...30 Гц) регистрируется в состоянии бодрствования, когда приходится много и активно думать]. Одновременно повышается мышечный тонус. При этом специфика ЭЭГ-активации соответствует модальности повторяемого раздражителя. Так, свет продолжает вызывать блокаду альфа-ритма в зрительной

коре, звук – блокаду тау-ритма (тау-ритм подавляется звуковыми стимулами) в височной области коры. К вегетативным компонентам относятся снижение частоты сердцебиения (ЧСС), изменение дыхания, рост дыхательной аритмии, увеличение кожной проницаемости, расширение сосудов головы, сужение сосудов рук, расширение зрачков [4], [5].

Анализ влияния визуально-звукового воздействия и ритмической аудиовизуальной стимуляции на параметры электроэнцефалограммы

Целью первого этапа настоящего исследования являлся системный анализ влияния визуально-звукового воздействия и ритмической АВС на параметры ЭЭГ. Визуально-звуковое воздействие осуществляли с помощью специально разработанного программного обеспечения, реализующего способ визуализации музыкального произведения с целью повышения качества восприятия музыки средствами визуального сопровождения звукового ряда в реальном времени [2], [3]. Анализ влияния визуального воздействия осуществляли с помощью того же программного обеспечения в отсутствие звукового стимула, анализ звукового воздействия – в отсутствие цветowego стимула. Ритмическую АВС осуществляли с помощью программного обеспечения, реализующего возможность воспроизведения периодически колеблющихся чередующихся по цвету полос со звуковым сопровождением, при этом цветовой стимул определял частоту звукового стимула – ноту; частота колебания полос, яркость цветowego стимула, громкость звукового стимула задавались пользователем. Также исследовался эффект влияния на параметры ЭЭГ яркости/насыщенности цветowego стимула и громкости звукового стимула.

В исследованиях принимали участие 30 испытуемых обоих полов в возрасте 18-24 лет. Предварительно испытуемые находились с закрытыми глазами в течение 20 мин. Результаты последующего обследования без стимуляции использовали как контрольные. Затем испытуемые подвергались ВС, фоностимуляции и визуально-звуковому воздействию с помощью программного обеспечения, реализующего разработанный нами способ визуальной реализации музыки [2], [3]. Для оценки характера влияния воздействия анализировали изменение спектральных характеристик электрической активности коры головного мозга до и после воздействия. Визуально-звуковое воздействие осуществляли с использованием ритмичной танцевальной композиции и классического музыкального произведения. Все этапы проводились с временным интервалом в 20 мин. Эффект стимуляции оценивали по направленности и выраженности изменений показателей биоэлектрической активности мозга, зарегистрированных до и через 1...2 мин после воздействия. ЭЭГ регистрировали на 21-канальном электроэнцефалографе, записывая монополярно с электродов, располагавшихся на одина-

ковом расстоянии друг от друга над всеми основными отделами конвексимальной поверхности мозга: лобными, центральными, теменными, затылочными, височными согласно международной системе расположения электродов «10-20» с индифферентными ушными электродами на мочках ушей. Регистрацию и спектральный анализ ЭЭГ проводили программно-аппаратным комплексом «Нейрон-Спектр». С помощью пакета автоматизированной обработки ЭЭГ «СПЭГ-НСФТ» рассчитывали средние значения мощности, частоты и амплитуды бета-1-, бета-2-, альфа-, тета- и дельта-диапазонов. С помощью программного обеспечения проводился расчет средней амплитуды (мкВ), средней мощности (мкВ²), доминирующей частоты (Гц).

Спектральный и периодометрический анализ по алгоритму быстрого преобразования Фурье для каналов в диапазоне альфа-ритма (8...13 Гц) ЭЭГ (спектральный анализ мощности альфа-ритма) проводился после визуального отбора участков безартефактной записи фоновых ЭЭГ с выделением 8...10 эпох, длительностью 5 с каждая. Для каждого испытуемого и для всей группы в целом проводили статистический анализ значимости увеличения или уменьшения спектральной мощности альфа-ритма по каждому из отведений в последствии цветовой, звуковой и визуально-звуковой стимуляции по сравнению с фоном. Были вычислены среднестатистические фоновые характеристики испытуемых. Достоверность изменения показателей после каждого вида воздействия по сравнению с фоном оценивали с использованием критерия знаков, применяемого для сравнения совокупностей с попарно сопряженными вариантами.

Во всех отведениях после ВС, фоностимуляции и визуально-звукового воздействия наблюдалось уменьшение спектральной мощности альфа-ритма. Мощность в левом и правом полушарии в затылочных областях до воздействия в среднем составила соответственно $(99,5 \pm 21,4)$ и $(119,7 \pm 23,3)$ мкВ², в теменных областях мощность альфа-ритма составила в среднем $(39 \pm 10,7)$ и $(46,8 \pm 11,7)$ мкВ². После фоностимуляции мощность альфа-ритма в затылочных областях составила в среднем: до $(95,4 \pm 18,6)$ мкВ² в левом и $(117,8 \pm 22,1)$ мкВ² в правом полушарии, в теменных – до $(33,7 \pm 8,8)$ и $(42,9 \pm 7,4)$ мкВ²; после ВС: мощность альфа-ритма в затылочных областях составила в среднем: до $(91,9 \pm 15,7)$ мкВ² в левом и $(115,9 \pm 21,5)$ мкВ² в правом полушарии, в теменных – до $(31,4 \pm 6,8)$ и $(39,7 \pm 8,8)$ мкВ². После визуально-звукового воздействия мощность альфа-ритма оказалась сниженной в затылочных областях: до $(85,5 \pm 18,9)$ мкВ² в левом и $(113,6 \pm 21,9)$ мкВ² в правом полушарии, в теменных – до $(25,4 \pm 7,4)$ и $(35 \pm 6,9)$ мкВ². При этом после фоностимуляции и АВС было также выявлено нарастание бета-активности. Перестройка альфа-ритма под влиянием ВС, фоностимуляции и визуально-звукового воздействия аналогична «реакция активации» (Зенков, 1996; Кирой, 1998). Мощность тета-ритма также

уменьшалась в теменных областях и в затылочных (в левой и правой гемисферах). В остальных областях изменения были незначительными. Индекс дельта-ритма менялся под влиянием воздействий диффузно и в меньшем диапазоне, чем остальные ритмы. Анализ всей совокупности ЭЭГ (в целом по всей группе до и после воздействий) с вычислением среднестатистических значений показал, что использование стимула определяет вектор изменений структурной организации ЭЭГ под влиянием воздействия, несмотря на индивидуальную нестабильность картины фоновой активности. Выявленные изменения касаются всех частотных диапазонов, но наиболее значимые изменения связаны с динамикой альфа-активности, в частности с изменением параметра мощности в задних структурах мозга. Учитывая, что хорошо выраженный альфа-ритм традиционно рассматривается как показатель покоя, релаксации, а наличие его в передних областях коры свидетельствует о низком общем активационном уровне мозга, уменьшение спектральной мощности альфа-ритма ЭЭГ лобных, центральных и затылочных отведений может рассматриваться как свидетельство ободряющего эффекта после стимуляции. Неоднородная картина может быть объяснена, исходя из следующих соображений: стимуляция цветом и звуком оказывает влияние на временные параметры деятельности человека, изменяя его исходное состояние и уровень активации мозговых структур.

Таким образом, в результате исследований ЭЭГ человека при звуковом, визуальном и визуально-звуковом воздействиях были выявлены достоверные изменения в биоэлектрической активности мозга человека, изменения спектральной мощности альфа-ритма. Нами было установлено, что после фоностимуляции у большинства испытуемых регистрируется наименее значительное снижение спектральной мощности и амплитуды альфа-ритма, что свидетельствует об оптимизирующем влиянии анализируемого цветового воздействия на функциональное состояние обследованных лиц; при этом звуковое и визуально-звуковое воздействия вызывают у обследуемых более значительный отклик, и эффект от визуально-звукового воздействия на ЭЭГ превышал эффект от воздействия только звуковым или только цветовым стимулом; при этом интересно отметить, что наибольший отклик на регистрируемые параметры контроля имела композиция с наиболее выраженной ритмической составляющей

Следующим этапом исследования являлся анализ влияния ритмической аудиостимуляции (АС), ВС и АВС на биоэлектрическую активность мозга человека. Ритмическую АВС осуществляли с помощью программного обеспечения, реализующего возможность воспроизведения периодически колеблющихся чередующихся по цвету полос со звуковым сопровождением. Частота колебания полос, яркость цветового стимула, громкость звукового стимула задавались пользователем. Анализ влияния визуального воздействия осуществляли с по-

мощью того же программного обеспечения в отсутствие звукового стимула, анализ звукового воздействия – в отсутствие цветового стимула. В настоящем исследовании ритмическая ВС осуществлялась изображением периодически колеблющихся чередующихся по цвету полос с частотой от 2 до 20 Гц с шагом в 2 Гц. Визуальный ряд включал в себя два цвета: белый цвет и цвет, соответствующий анализируемой ноте. Продолжительность сеанса воздействия – 5 мин. Последовательность воздействий цветом и соответствующей данному цвету нотой [2], [3] для всех испытуемых была одной и той же (от ноты «до» до ноты «си»). Таким образом, исследования проводились для 7 нот и 7 цветов. Также исследовали эффект влияния на параметры ЭЭГ яркости/насыщенности цветового стимула и громкости звукового стимула.

Анализ ЭЭГ после ВС ритмически колеблющимся изображением чередующихся по цвету полос и визуально-звукового воздействия (на изображение периодически колеблющихся с заданной частотой чередующихся по цвету полос накладывалось звучание соответствующей анализируемому цвету ноты) показал, что независимо от цветовой окраски стимула ЭЭГ характеризовалась доминированием альфа-ритма с фокусом в затылочных областях, но мощность альфа-ритма оказалась сниженной. Снижение мощности альфа-ритма происходило за счет снижения амплитуды, так как параметры амплитуды уменьшались при сохранении показателей частоты неизменными. Было установлено, что максимальная амплитуда альфа-ритма в левом полушарии в отсутствие воздействий в среднем составила $(98 \pm 13,8)$ мкВ, в правом – $(83 \pm 14,5)$ мкВ, при стимуляции звуком в левом полушарии в среднем $(91 \pm 11,6)$ мкВ, в правом – $(67 \pm 9,8)$ мкВ, при стимуляции цветом в левом полушарии в среднем $(85 \pm 15,4)$ мкВ, в правом – $(60 \pm 17,7)$ мкВ, при стимуляции цветом и звуком одновременно в левом полушарии в среднем $(68 \pm 10,4)$ мкВ, в правом – $(41 \pm 9,3)$ мкВ. Таким образом, в результате проведенного анализа параметров ЭЭГ-реакции было установлено, что эффект от ритмической АВС превышал эффект от АС и ВС в отдельности, что свидетельствует о повышении качества восприятия фоностимуляции в присутствии цветового стимула.

В ходе анализа влияния на параметры ЭЭГ яркости цветового стимула и громкости звукового стимула было установлено, что цветовой стимул с более высоким коэффициентом насыщенности вызывает больший отклик на параметры ЭЭГ обследуемых, а наиболее значительные изменения в биоэлектрической активности мозга вызывает фоностимуляция звуковым стимулом максимальной громкости.

Цель следующего этапа анализа ЭЭГ – определить диапазон частот, при котором наблюдается наибольшая степень выявленных отклонений от «фоновой» ЭЭГ при ритмической АВС, определить пики частот, регистрируемых на ЭЭГ при ритмической ВС тремя разными цветовыми стимулами (красным, зеленым и синим), оценить влияние яр-

кости/насыщенности цветового стимула и громкости звукового стимула на биоэлектрическую активность мозга. Для этого высчитывали разность спектральной мощности наиболее динамичного альфа-ритма ЭЭГ и ее фоновой величины после ритмической АС, ВС и АВС. Было установлено, что уменьшение спектральной мощности альфа-ритма для ВС и АВС наблюдалось вплоть до 10...12 Гц для разных цветовых стимулов, после чего величина спектральной мощности альфа-ритма либо оставалась в среднем на одном и том же значении, либо изменения были незначительными, что свидетельствует о присутствии некоего эффекта «насыщения» при воздействии на данных частотах. Таким образом, можно считать, что данные частоты обеспечивают максимальный уровень качества восприятия музыки с помощью визуального сопровождения звукового ряда.

Согласно данным авторов [4], исследовавших влияние различных частот на функциональное состояние, использование АВС на частоте 10 Гц способствует повышению уровня серотонина (релаксации и уменьшению боли), увеличению функциональной активности медленных мышечных волокон, повышает эффективность восприятия записей аутогенной тренировки. Это так называемая центрирующая (лечебная) частота. Воздействие в диапазоне частот 4...7 Гц рекомендуется для ускоренного обучения и улучшения понимания во время проигрывания обучающих кассет, например для изучения иностранных языков и т. п., АВС с частотой 12...15 Гц интенсифицирует нормальное состояние бодрствующего сознания и снижает агрессивное поведение.

В ходе анализа влияния ритмической ВС и АВС на параметры ЭЭГ были определены пики частот, регистрируемых на ЭЭГ при воздействии разными цветовыми стимулами (красным, зеленым и синим). При стимуляции красным цветом на ЭЭГ выявлены следующие пики частот: 12,4 Гц, при котором регистрируется увеличение мощности бета-ритма, что свидетельствует о повышении активности механизмов симпатической регуляции, при стимуляции зеленым цветом – 11,3 Гц, синим – 12 Гц; также при ВС и АВС зеленым и синим стимулами было зарегистрировано незначительное увеличение спектральной мощности альфа-ритма. Таким образом, при ВС и АВС зеленым и синим цветом наблюдается активизация парасимпатического звена вегетативной регуляции, что может быть вызвано снижением общего уровня напряжения регуляторных систем. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования ВС и АВС для направленной коррекции функционального состояния человека, при этом ВС и АВС красным стимулом могут применяться с целью ободряющего эффекта, и зеленым и синим цветом – с целью расслабляющего эффекта.

Было установлено, что цветовой стимул с более высоким коэффициентом насыщенности вызывает больший отклик на параметры ЭЭГ обследуемых. Та же зависимость была выявлена в ходе исследо-

вания влияния громкости фоностимуляции на параметры ЭЭГ обследуемых. Было установлено, что наиболее значительные изменения в биоэлектрической активности мозга вызывает фоностимуляция звуковым стимулом максимальной громкости.

Анализ влияния визуально-звукового воздействия на скорость распространения пульсовой волны человека

В настоящее время для диагностики состояния тонуса сосудов применяют методы, основанные на использовании специальной аппаратуры, например СРПВ-эластометрия, сфигмография [6], [7]. Наиболее достоверным методом изучения упругого состояния сосудов является определение скорости распространения пульсовой волны (СРПВ), поскольку СРПВ главным образом зависит от упругости сосудов и вязкости крови [7]. Однако с помощью метода мониторинга СРПВ можно также определять, какое влияние имеет на физиологическое, а значит, и на психоэмоциональное, состояние обследуемого то или иное внешнее воздействие.

Эксперимент проводился с 8 пациентами в возрасте от 18 до 24 лет. Динамические параметры, отражающие скорость пульсовой волны, синхронизировались со стандартным методом кардиоинтервалографии (КИГ), при этом осуществлялась запись электрокардиопотенциалов (ЭКГ). В качестве аппарата ЭКГ использовался стандартный промышленный аппарат ЭКГ «Волготех 8/12-01», при этом одно из его отведений использовали в качестве линейного входа для измерительного блока, ко входу которого подключалась стандартная пневматическая манжетка.

Измерительный блок представляет собой усилитель, ко входу которого подключен медицинский пневматический датчик фирмы «Motorola MPX 2050 DP». Датчик работает на основе тензоэффекта и имеет два дифференцированных входа, это необходимо для повышения чувствительности схемы и постоянного контроля давления в манжетке. С помощью преобразователя осуществлялось соединение с отведением аппарата ЭКГ, последний подключался к компьютеру через СОМ-порт. Программа для обработки сигналов позволяла представить графически сигнал ЭКГ.

Процесс формирования и распространения пульсовой волны можно описать следующим образом. В момент систолы некоторый объем крови поступает в аорту, давление в начальной части ее повышается, стенки растягиваются. Затем волна давления и сопутствующее ей растяжение сосудистой стенки распространяются дальше к периферии, формируя пульсовую волну. Следует отметить, что с увеличением упругости стенки сосуда способность сосуда к растяжению стенок уменьшается и это приводит к увеличению скорости распространения пульсовой волны. И, наоборот, при некоторых состояниях, сопровождающихся гипотонией или ослаблением тонуса стенок сосуда, наблюдается уменьшение скорости распространения пульсовой

волны, но увеличение линейной скорости кровотока [8]. Таким образом, при ритмическом выбрасывании крови сердцем в артериальных сосудах возникают пульсовые волны, последовательно распространяющиеся с определенной скоростью, зависящей от упругости стенки сосуда.

Повышение уровня активности, что может быть, в свою очередь, вызвано наличием внешнего стимула, ведет к увеличению кровотока, стимуляции работы потовых желез на ладонях, а это, в свою очередь, приводит к снижению сопротивления и повышению электрической проводимости. При релаксации кровотока уменьшается, снижается потоотделение и растет сопротивление (электрическая проводимость падает).

В ходе регистрации СРПВ было установлено, что среднее значение скорости распространения пульсовой волны для пациентов составило ≈ 100 см/с, после ВС: значение СРПВ не изменилось, после АС оно составило ≈ 103 см/с, после АВС – 108 см/с. Таким образом, при АС и АВС наблюдается увеличение СРПВ, что может быть обусловлено общим увеличением тонуса под действием стимула, при этом наиболее значительное увеличение СРПВ в случае воздействия звуком и цветом одновременно наблюдается при АВС.

Заключение

В результате проведенных исследований по параметрам ЭЭГ-реакции было установлено, что визуально-звуковое воздействие оказывает большее влияние на параметры биоэлектрической активности мозга человека по сравнению с раздельным воздействием звуковым и цветовым стимулами. Тот же эффект был зарегистрирован в ходе анализа влияния ритмической АВС на параметры ЭЭГ. Также был выявлен диапазон частот максимального отклика на ритмическую АВС – 10...12 Гц, при котором регистрируются наиболее значительные изменения биоэлектрической активности мозга, в том числе наибольшее снижение спектральной мощности альфа-ритма. Таким образом, можно считать, что данные частоты обеспечивают максимальный уровень качества восприятия музыки с помощью визуального сопровождения звукового ряда.

В ходе анализа влияния ритмической ВС и АВС на параметры ЭЭГ при стимуляции красным цветом на ЭЭГ были выявлены следующие максимальные частоты: 12,4 Гц, при которой регистрируется увеличение мощности бета-ритма, при стимуляции зеленым цветом – 11,3 Гц, синим – 12 Гц; при этом при ВС зеленым и синим стимулами было зарегистрировано незначительное увеличение спектральной мощности альфа-ритма. ВС и АВС зеленым и синим цветом приводят к усилению парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, красным – к активации симпатического отдела вегетативной нервной системы. Данные вегетативные сдвиги приближаются к фоновым значениям в течение 15-минутного восстановительного периода. Полученные результаты позволяют рассматривать АВС и ВС зеленым и синим стимулами в качестве

одного из возможных способов системной реабилитации человека в условиях профессиональной деятельности.

В ходе экспериментальных исследований влияния аудиовизуальной стимуляции на скорость распространения пульсовой волны (СРПВ) было зарегистрировано наиболее значительное увеличение СРПВ в случае воздействия звуком и цветом одновременно, при этом эффект от визуально-звукового воздействия превышал эффект от воздействия звуковым и цветовым стимулами в отдельности.

Список литературы:

1. Патрушев А.В. Формы и методы оказания психологической помощи сотрудникам ОВД, получившим ранение при выполнении служебно-боевых задач. – Екатеринбург, 2005. 33 с.
2. Усанова Л.Д., Усанова А.Д., Борисов А.И., Скрипаль А.В. Способ воспроизведения музыкального произведения в цвете / Патент на изобретение РФ № 2295376. Оpubл. 20.03.2007. Бюл. № 8.
3. Усанова Л.Д., Усанова А.Д., Борисов А.И. Цветомузыкальный центр (цветомузыка) / Свидетельство об официальной регистрации программы РФ. А. с. № 2007610999. Заявл. 06.03.07.
4. Голуб Я.В., Жиров В.М. Медико-психологические аспекты применения светозвуковой стимуляции и биологической обратной связи. – СПб., 2007. 97 с.
5. Данилова Н.Н. Психофизиология. Учебник для вузов. – М.: Аспект Пресс, 2001. 373 с.
6. Валтнерис А.Д. Сфигмография при гемодинамических измерениях в организме. – Рига: Зинатне, 1976. 166 с.
7. Валтнерис А.Д. Метод определения скорости пульсовой волны. – Рига, 1966. 147 с.
8. Глазеп Р. Очерк основ биомеханики. – М., 1988. 129 с.

Лидия Дмитриевна Усанова,
аспирант,

мл. научный сотрудник,

Анастасия Дмитриевна Усанова,
аспирант,

мл. научный сотрудник,

отделение механики и физики,

Анатолий Владимирович Скрипаль,

д-р физ.-мат. наук, профессор,

кафедра медицинской физики,

факультет «Нано- и

биомедицинские технологии»,

ГОУ ВПО «Саратовский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского»,

г. Саратов,

e-mail: lida.usanova@mail.ru