

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОУПРАВЛЯЕМЫХ ПАТТЕРНОВ СВЕТОСТИМУЛЯЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНОХРОМНОЙ ЦВЕТОТЕРАПИИ

*Ф.А. Пятакович, Т.И. Якупченко,
А.А. Должиков, Н.И. Куршленко,
К.В. Сазонов, Ю.Б. Хашана*

В начале 60-х, в конце 70-х годов интерференционная и электронная микроскопия позволила наблюдать динамику живых субмикроскопических образований клетки, обусловленную циклически протекающими биохимическими процессами [1], ритмика которых полностью совпадает [2].

Ферментативная активность, спектр тиоловых групп, сорбционная способность испытывают колебательные изменения с частотой до 10 Гц. Основной частотный диапазон, ответственный за синтез белка, который реализуется в процессе элонгации (присоединения) аминокислот на рибосомах, совпадает с ритмикой мышечного тремора 7 - 13 Гц, оптимизирующего микроциркуляцию [3, 4].

Для решения задач оптимизации воздействия посредством различных физических факторов в конце 80-х, середине 90-х годов были проведены фундаментальные исследования на основе хронобиологических подходов [5, 6, 7], позволившие последователям данного направления вплотную подойти к практической разработке технических средств реализации [8, 9, 10, 11]. Данное направление работ послужило базой для разработки серии высокоэффективных биотехнических систем для хронофизиотерапии, не имеющих мировых аналогов, в которых используемая несущая частота модулируется частотами основных биоритмов пациента, а интенсивность воздействия управляется параметрами биологической обратной связи [12, 13, 14, 15, 16].

При клинической оценке эффективности методов биоуправляемой хронофизиотерапии были отмечены результаты, которые не могли быть получены при использовании традиционных приемов физиотерапии [17, 18]. В 1997 г. биотехнические системы миллиметровой терапии, интерференцтерапии, полихромной синхроцветостимуляции получили международное и мировое признание, завоевав дипломы, серебряные и золотые медали в гг. Женеве и Брюсселе [19, 20, 21].

Общеизвестно, что образование любого паттерна ЭЭГ осуществляется через диапазон волн альфа-ритма 8 - 13 Гц. Из рассмотренных фактов следует, что диапазон частот 8 - 13 Гц относится к одной из фундаментальных констант организма, синхронизация которой должна обеспечивать оптимизацию обменных процессов в клетке, тканях, органах, а также изменения функционального состояния пациента за счет направленной модификации ритмов ЭЭГ.

Связь ритмов электроэнцефалограммы со зрением является общеизвестным фактом. Серия специальных исследований в 70-е годы была посвящена возможности управлению ритмами ЭЭГ при открытых глазах испытуемых [22, 23, 24, 25].

Материалы и методы исследования

В задачи настоящего исследования входила разработка универсального программного средства, пригодного, с одной стороны, для лечения некоторых заболеваний глаз, а с другой стороны, для коррекции функционального состояния пациента за счет модификации ритмов ЭЭГ.

Для проведения исследований, связанных с выявлением влияний монохромной и полихромной цветостимуляции на динамику параметров электроэнцефалограммы, нами

было разработано программное средство, позволявшее реализовывать различные формы воздействий: в динамике нарастающей частоты от 1 до 14 Гц и в динамике убывающей частоты от 14 до 1 Гц, при любой фиксированной частоте, а также в виде последовательных импульсов разного цвета строго фиксированных частот.

При разработке системы монохромной цветостимуляции мы исходили из медико-технических требований, сформулированных профессором Ф.А. Пятаковичем, и последующих клинико-экспериментальных исследований, проведенных доцентом Т.И. Якунченко. Ритмы ЭЭГ реализуются в виде отдельных импульсов или в виде пачки импульсов, называемых в специальной литературе веретенами. Длительность веретена, чаще всего, продолжается около 1 - 2 секунд. Альфа-веретено при анализе ЭЭГ, как правило, имеет вид крещендо-декрещендо, что зависит от плавного нарастания и падения амплитуды альфа-ритма в веретене. В связи с чем нами была предусмотрена в модели варьирующая сила воздействия за счет изменения скважности сигнала для трех вариантов формул реализации.

Для управления интенсивностью воздействия формула реализации была погружена в цикл принудительного дыхания с частотой от 10 до 12 дыханий в минуту. При этом длительность цветостимула на вдохе возрастала, а на выдохе – уменьшалась. Каждая формула повторяется через 15 с, 20 с и 25 с, т.е. погружена в медленно-волновую периодичность с частотой 0,066 Гц; 0,05 Гц и 0,04 Гц. Между цветовыми овалами воздействия располагается индикатор дыхания в виде прямоугольника, заполняющегося столбиком зеленого цвета в такт дыхательному циклу.

Первые три формулы воздействия имеют частоту 10 Гц, в которой 20 цветоимпульсов (тиков) приходятся на период вдоха и 30 – на выдох. Частотный диапазон в первой формуле не изменяется, а претерпевает динамику длительности импульса и паузы: от импульса к импульсу нарастает коэффициент заполнения, а на максимуме вдоха отмечается самая минимальная скважность цветового сигнала. Интегральная длительность реализации первой формулы зависит от периода и количества тиков цветоимпульса, а также от количества повторов, соответствующих медленной периодичности. К примеру, рассматриваемая формула повторяется 3 раза, после чего осуществляется переход ко второй формуле воздействия.

В рассматриваемой второй формуле воздействия сохранен принцип постепенного уменьшения скважности цветового сигнала при неизменной его частоте по направлению к максимуму вдоха. Однако общее количество цветовых импульсов с коэффициентом заполнения, превышающем 50%, здесь больше. Число повторов формулы цветового воздействия соответствует периоду в 20 секунд, т.е. равно четырем. После четвертой реализации осуществляют переход к третьей цветовой формуле воздействия.

В представленной третьей формуле предусмотрен наиболее интенсивный характер цветового воздействия, поскольку 95% импульсов реализуется с наименьшей скважностью сигнала и имеет коэффициент заполнения более 50%. Длительность реализации третьей формулы также наибольшая и соответствует 25 секундам, что требует 5 повторов.

Таким образом, интегральное время реализации всех трех формул воздействия равно 60 секундам (15 с + 20 с + 25 с). После чего осуществляют переход к формулам воздействия с изменяемой частотой следования сигнала в каждой из них.

Четвертая формула реализуется с частотой 8,3 Гц, пятая – с частотой 10 Гц, шестая – с частотой 12,5 Гц. Интегральная длительность реализации четвертой формулы зависит от периода и количества тиков цветоимпульса. Дыхательный цикл складывается из периодов вдоха и выдоха общей продолжительностью 6,0 с, что соответствует 10 дыханием в минуту ($60 \text{ с} : 6 \text{ с} = 10 \text{ д/м}$).

Скважность сигналов (Т/тимп.) на вдохе меняется в диапазоне от 6 до 1,2. Следовательно, коэффициент заполнения ($f * \text{тимп.}$), выраженный в процентах, растет и изменяется от 16,6% до 83,3%. Скважность сигналов на выдохе растет от 1,5 до 6,

а коэффициент заполнения имеет обратную динамику, т.е. падает и соответствует диапазону от 66,6% до 16,6%.

После 4-х повторов, что соответствует 24 секундам, переходят к пятой формуле воздействия с частотой 10 Гц. Период дыхательного цикла в рассматриваемой формуле реализации воздействия равен 5 секундам, следовательно (60 с/5 с) соответствует 12 дыханиям в минуту. Скважность сигнала на вдохе падает и изменяется в диапазоне от 3,3 до 1,1. Коэффициент заполнения, напротив, растет и соответствует диапазону от 30,3% до 90,9%. Скважность сигналов на выдохе растет от 1,25 до 5, а коэффициент заполнения падает и соответствует диапазону от 80% до 20%.

После 4-х повторов через 20 секунд переходят к следующей формуле воздействия с частотой 12,5 Гц. Период дыхательного цикла в рассматриваемой формуле реализации воздействия равен 4 секундам, следовательно (60с/4с) соответствует 15 дыханиям в минуту. Скважность сигнала на вдохе падает и изменяется в диапазоне от 8,0 до 1,14. Коэффициент заполнения растет и соответствует диапазону от 12,5% до 87,7%. Скважность сигналов на выдохе растет от 1,14 до 8, а коэффициент заполнения, напротив, падает и соответствует диапазону от 87,7% до 12,5%.

После 4-х повторов через 16 секунд переходят к формуле с частотой 8 Гц. Таких «проходов» формул с «плавающей» частотой может быть от 2 до 28, укладывающихся в диапазон от 3 до 30 минут.

Для изучения влияния монохромной цветостимуляции мозга были использованы компьютерные методы анализа ЭЭГ: построение кросскорреляционных функций, спектров мощности, периодограмм, функций когерентности. Для записи в фоновом периоде и после цветостимуляции использовались стационарные участки записи за короткие (5-секундные) отрезки времени. ЭЭГ вводилась в режиме ON LINE в ЭВМ РС АТ 386. Анализу подвергали запись ЭЭГ с восьмью отведениями в лобных (F3 - F4), височных (T3 - T4), теменных (P3 - P4), затылочных (O1-O2) областях обоих полушарий.

Оценку влияния биоуправляемой монохромной цветостимуляции на ритмику ЭЭГ и временную упорядоченность пульса проводили в ЦНИЛ Курского государственного медуниверситета. Для этого были обследованы 40 здоровых студентов группы БМ-31 и БМ-21 Курского государственного технического университета.

Взаимосвязь внутрисистемного и межсистемного уровней регуляции изучали у 102 студентов при помощи специальной компьютерной системы на базе Белгородского госуниверситета.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе проведенных исследований было выявлено наличие как общих механизмов, так и существенно различающихся по способу усвоения одних и тех же частот, но разных цветовых стимулов. В частности, при компьютерной цветостимуляции, независимо от использованного цвета, плавное изменение частоты всплесков от 1 до 14 Гц вызывает нелинейные эффекты усвоения ритма на электроэнцефалограмме: на фоне доминирующего ритма на ЭЭГ отмечаются несколько других пиков спектральной плотности, что указывает на резонансный характер усвоения навязываемого ритма.

Характер наблюдаемых отклонений различен и зависит, с одной стороны, от исходного состояния обследуемого, а с другой стороны, от особенностей воздействующего цветостимула.

Так, красные цветостимулы вызывают наибольшие и достоверные отклонения альфа- и бета- ритмов в правом полушарии мозга, а именно, в затылочных и лобных долях.

Цветостимуляция зеленым светом сопровождается изменениями временной упорядоченности ЭЭГ только в левой затылочной доле, обуславливая падение альфа- и возрастание бета- активности.

Синие цветотспышки также, как и красные, вызывают наибольшие отклонения в правых затылочных долях. Однако стимуляция красным светом сопровождается ростом удельного веса альфа- и падением бета-диапазона, а стимуляция синим светом приводит к возрастанию удельного веса бета-диапазона и к снижению процента альфа-диапазона.

Только стимуляция голубым и светло-синим светом сопровождается достоверной динамикой в бета-диапазоне: отмечается достоверное возрастание уровня бета-активности на цветостимулирующую светлосиним светом и снижение удельного веса бета-диапазона при стимуляции голубым светом.

Фиолетовая цветостимуляция обуславливает однонаправленную динамику временной упорядоченности ЭЭГ, как левого, так и правого полушария. На ЭЭГ, при этом, отмечается рост альфа- и падение бета-диапазона.

Заключение

Структурные особенности временной упорядоченности ЭЭГ в ходе перестройки паттерна ЭЭГ на тот или иной цветостимул зависели от стабилизации взаимосвязей между отдельными компонентами (ритмами) в системе или их дестабилизации: цветостимуляция красным, голубым, синим и фиолетовым светом осуществляется за счет снижения энтропии в системе, а цветостимуляция светло-синим и зеленым светом сопровождается возрастанием энтропии ритма ЭЭГ. В первом случае система характеризуется достаточной жесткостью и высокой репродуктивностью, иначе говоря, высокой предсказуемостью последующей структуры паттерна ЭЭГ. Во втором случае, напротив, система имеет больше степеней свободы и вероятность предсказать каждое последующее состояние ниже. Однако эти различия в структуризации ритма ЭЭГ нельзя рассматривать с позиции хуже-лучше, а необходимо оценивать лишь с позиций оптимизации структуры. В процессе адаптации к изменяющимся условиям оптимизация структуры ЭЭГ происходит в точном соответствии с правилом «золотого сечения»: вероятность непредсказуемости системы составляет 0,38 и вероятность репродуктивности – 0,62. Эти «золотые параметры» определяют резерв или диапазон приспособительной реакции: приближение к нему уменьшает, а удаление от него расширяет регуляторные возможности в системе.

Рассмотренные особенности усвоения навязываемого ритма при помощи фотостимуляции разного цвета зависят как от используемого цвета, так и от особенностей уровня пластичности нейродинамических процессов, которые невозможно корректно оценить лишь на основе оценки выраженности отдельных составляющих ЭЭГ, а необходимо использовать методы, позволяющие задокументировать в динамике модификацию структуры взаимодействия компонентов ЭЭГ.

Библиографический список

1. Франк Г.М. Саморегуляция клеточных процессов // Биологические аспекты кибернетики. - М., 1962. - 33 с.
2. Четверикова Е.П. Колебания активности креатинкиназы, выделенной из скелетных мышц // Биофизика. - 1968. - №13. - С. 864-866.
3. Шноль С.Э. Спонтанные обратимые изменения (конформационные колебания) препаратов мышечных белков: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. - Пушкино-на-Оке. 1970. - 42 с.
4. Шноль С.Э. Синхронные в макрообъеме колебания АТФ-азной активности в концентрированных препаратах актомиозина // Колебательные процессы в биологических и химических системах. - М., 1971. - С. 20-31.
5. Загускин С.Л. Колебания микроструктур и регуляция восстановительных процессов клетки: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. - М., 1986. - 32 с.

6. *Пятакович Ф.А., Якунченко Т.И., Загускин С.Л.* Автоматический выбор резонансной частоты при воздействии на человека электромагнитных излучений миллиметрового диапазона волн // *Рассеяние электромагнитных волн.* - Таганрог, 1993. - №9. - С. 125-126.
7. *Комаров Ф.И., Загускин С.Л., Рапопорт С.И.* Хронобиологическое направление в медицине: биоуправляемая хронофизиотерапия // *Терапевтический архив.* - 1994. - №8. - С.3-6.
8. *Пятакович Ф.А.* Циклически управляемая бинокулярная синхроцветостимуляция // *Циклические процессы в природе и обществе: Материалы Второй Международной конференции «Циклические процессы в природе и обществе» и Третьего Международного семинара «Золотая пропорция и проблемы гармонии систем».* - Ставрополь, 1994. - С. 66-70.
9. *Пятакович Ф.А., Пронин В.Т.* Программное обеспечение биотехнической системы бинокулярной цветостимуляции // *Российская научно-техническая конференция «Материалы и упрочняющие технологии-94»: Тезисы и материалы докладов.* - Курск, 1994. - С.121-124.
10. *Якунченко Т.И., Пронин В.Т., Фоменко А.И.* Синхронизация и биоуправление в хронофизиотерапии // *Приборы и приборные системы: Тезисы докл.* - Тула, 1994. - С. 87-88.
11. *Якунченко Т.И.* Программы проведения научных исследований по проблеме биоуправляемой хронофизиотерапии с использованием электромагнитных излучений миллиметрового диапазона волн // *Российская научно-техническая конференция «Материалы и упрочняющие технологии-94»: Тезисы и материалы докладов.* - Курск, 1994. - С. 124-127.
12. *Загускин С.Л., Кантор И.Р.* Микропроцессорные устройства для хронодиагностики и хронофизиотерапии // *Медицинские микрокомпьютерные системы.* - Ростов н/Д, 1988. - С. 158-161.
13. *Загускин С.Л., Загускина Л.Д., Кантор И.Р. и др.* Биоритмологический способ лазерной терапии // *Лазеры и медицина. Ч.2. Междунар. конф. Ташкент.* - М., 1989. - 86 с.
14. *Пятакович Ф.А., Фоменко А.И.* Программно-управляемый «Синхропульсар-1». Свидетельство №2748 от 16.09.1996 г. Приоритет от 05.05.1995 г. Положительное решение о выдаче свидетельства от 22.11.1995.
15. *Пятакович Ф.А., Пронин В.Т., Якунченко Т.И.* Биоуправляемый синхроцветозвукостимулятор // *Свидетельство №3093 от 16.11.1996 г. Оpubл. бюл. №11 от 16.11.1996 г.*
16. *Пятакович Ф.А., Загускин С.Л.* Интерфейс – «Синхромодуль» для хронофизиотерапии. Свидетельство №3552 от 16.02.1997 г. Приоритет от 02.04.1995 г. Положительное решение о выдаче свидетельства на полезную модель от 12.03.1996.
17. *Бродский В.Я., Рапопорт С.И., Фатеева В.И. и др.* Изменение интенсивности синтеза белка в слизистой желудка после лазерного облучения язвы двенадцатиперстной кишки // *Известия РАН, серия биологич.* - №5. - 1992. - С. 798-801.
18. *Priezzev A.V., Zaguskin S.L., Moscovin S.V., Titov M.N.* The role of biological rhythms in the formation of cell and tissue response to laser irradiation // *Bios Europe'94. Internat. sympos. on biomedical optiics. 6 - 10 September 1994. Lille, France.* - 1994. - №23. - 70. - P.15.
19. *Pyatakovitch F., Erchov S* Synchropulsateur-I a commande programme 46-Salon mondial de la recherche et des nouvelles technologies Brussels-Eureka. Catalogue officiel. 5 - 12 octobre 1997. - P.233.
20. *Pyatakovitch F.* Systeme biotechnique de stimulation par les couleurs. 25-Salon international des invention des techniques et produits nouveaux de Geneve. Catalogue officiel. 11 - 20 avril 1997. - P.161.
21. *Pyatakovitch F., Yakountchenko T.* Therapie controle par millimetre. 25-Salon international des invention des techniques et produits nouveaux de Geneve. Catalogue officiel. 11 - 20 avril 1997. - P.161
22. *Beatty J.* Similar effects of feedback signals and instructional information on EEG activity // *Physiol. Behav.* -1972. -Vol.9. -P. 151-154.
23. *Brown B.C.* Recognition of aspects of consciousness through association with EEG alpha activity represented by a light signal // *Psychophysiology.* -1970. -Vol.6, №4. -P. 442-452.
24. *Lynch J.L., Paskewitz D.A., Orne M.T.* Some factors in the feedback control of human alpha rhythm // *Psychosomat. Med.* -1974. -Vol. 36. -P. 309-410.
25. *Milholland T., Peper E.* Occipital alpha and accomodative vergence pursuit tracking and fast eye movements // *Psychophysiology.* -1971. -Vol. 8. -P. 556-575.