

Опубликовано в: Журнал «Известия Южного федерального университета. Технические науки», – 2009. – том 99. – №10. – С. 123-128.

Автор(ы): Гринберг Я.З.
ЗАО «ОКБ «РИТМ», г.Таганрог

Название статьи: Физические факторы воздействия при СКЭНАР-терапии. Аппликационная звукотерапия

Ключевые слова: электрические импульсы, спектральный состав, вибрация, музыкотерапия

Аннотация: В работе проведен анализ физических факторов действующих при СКЭНАР-терапии. Особое внимание уделено высокочастотной вибрации кожи под действием электрических импульсов. Показано, что СКЭНАР-терапия представляет собой новый класс электромузыкального воздействия.

ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ СКЭНАР-ТЕРАПИИ. АППЛИКАЦИОННАЯ ЗВУКОТЕРАПИЯ

Структурная схема аппаратов СКЭНАР включает в себя: генератор электрических импульсов, блок управления, выходной каскад, нагруженный на высокодобротный, чаще автотрансформаторный контур, пассивный и активный электроды. Структурная схема позволяет реализовать возможности эффективного электроимпульсного воздействия, основанные на использовании соответствующей формы сигнала, изменении амплитудно-частотных параметров импульса и ряде других оригинальных решений [1, 2]. И всё же эта структурная схема близка к существующим аналогам. В качестве физического фактора воздействия в таких аппаратах рассматривают только электрический ток.

Наш анализ показывает, что на терапевтический эффект СКЭНАРа могут влиять несколько факторов. При этом некоторые из них позволяют по новому взглянуть на известные методы лечения.

Цель настоящей работы – анализ физических факторов воздействия и представление СКЭНАР-терапии как нового класса электромузыкального воздействия, с существенно выраженной вибротактильной (аппликационной) составляющей.

Электрические импульсы. Основной воздействующий фактор. Импульсы представляют собой затухающую синусоиду с частотой примерно 70 кГц. При установке электрода аппарата на кожу частота затухающих колебаний всегда уменьшается (импульс расширяется), число колебаний сигнала сокращается по сравнению с сигналом до установки электрода аппарата на кожу. В то же время в процессе терапии (после установки электрода аппарата на кожу) импульсы продолжают расширяться, а число колебаний как уменьшается (чаще), так и увеличивается. Это зависит от изменений емкостной и резистивной составляющих кожного импеданса (от их соотношения) между электродом и кожей. Амплитуда напряжения при заданном уровне мощности существенно снижается, а амплитуда тока практически не изменяется. СКЭНАР позволяет при этом получать самые различные модуляции генерируемого сигнала. Следует учесть также, что основная энергия сигнала сосредоточена на границе электрод-кожа.

Высокочастотный массаж. Фактор, органически связанный с электрическими импульсами. В работах [3-5] показано, что высокая амплитуда воздействия вызывает вибрации рогового слоя (и блестящего, если он присутствует) аналогично гибкой плёнке в электростатическом громкоговорителе. При этом хорошо прослушивается звук, излучаемый кожей. Импульсы, генерируемые аппаратом, следуют с частотой 14-350 Гц, но спектр воздействующего сигнала и спектр вибраций очень широкие, то есть можно говорить о

Материал из электронной библиотеки ЗАО «ОКБ «РИТМ»
www.lib.scenar.com.ru

частотных составляющих до десятков килогерц и выше. Сложные модуляции в аппаратах существенно обогащают этот спектр и низкочастотными, и высокочастотными составляющими (см. ниже).

С точки зрения физиотерапии (учитывая длительность импульса) сигналы СКЭНАРа относятся к низкочастотным [6]. Для механической вибротерапии частота 20-50 Гц является низкой, а 100-200 Гц – считается высокой. Поскольку в рассматриваемом случае это массаж короткими импульсами с очень широким спектром, мы назвали этот процесс «высокочастотный массаж».

Подчеркнём ещё раз, что вибрация и звучание определяются непосредственным влиянием высокого переменного электрического поля.

Спектральный состав воздействующих факторов. Учитывая важность этого вопроса, уделим ему отдельное внимание. Электрический импульс при СКЭНАР-терапии (рис. 1) – это затухающая синусоида, описываемая как $u(t) = U e^{-\alpha t} \sin \omega_0 t$, где U – амплитуда, α – коэффициент, характеризующий, как быстро затухает синусоида, ω_0 – частота затухающей синусоиды.

Формы спектров затухающей синусоиды существенно зависит от α . При небольшом затухании (электрический импульс до установки электрода на кожу, рис. 1), спектр имеет четко выраженный максимум (в рассматриваемом примере для импульса на рис. 1, период синусоиды которого примерно 16 мкс, это соответствует частоте $f = 62,5$ кГц).

При установке электрода на кожу коэффициент α большой и ширина спектра составляет приблизительно $1,5-2 f_0$, где f_0 – частота колебаний затухающей синусоиды. Например, для импульса через 0,22 с f_0 равно примерно 18 кГц и ширина спектра равна 27 кГц, а для импульса через 10 с ширина спектра равна примерно 17 кГц.

Воздействие при СКЭНАР-терапии осуществляется периодической последовательностью импульсов с частотой следования от 15 до 350 Гц. Спектр периодической последовательности импульсов включает в себя гармоники основной частоты, огибающая которых по форме совпадает с огибающей спектра одиночного импульса. Спектр периодической последовательности импульсов для частоты $f = 90$ Гц показан на фрагменте (3 гармонических составляющих 90, 180 и 270 Гц).

Следует иметь в виду, что спектр сигнала при СКЭНАР-терапии достаточно сложный. В момент прикосновения его пик в рассматриваемом примере находится на частоте 62,5 кГц, через 0,22 с спектр смещается к 18 кГц, через 1 секунду к 15 кГц, через 10 с к 11 кГц. В спектре появляются и медленные составляющие, определяемые динамикой импульса. При использовании дополнительных модуляций спектральный состав становится ещё более разнообразным. В спектре будут присутствовать и составляющие, определяемые скоростью изменения импульса, и составляющие, определяемые модуляцией, и различные комбинации этих гармоник.

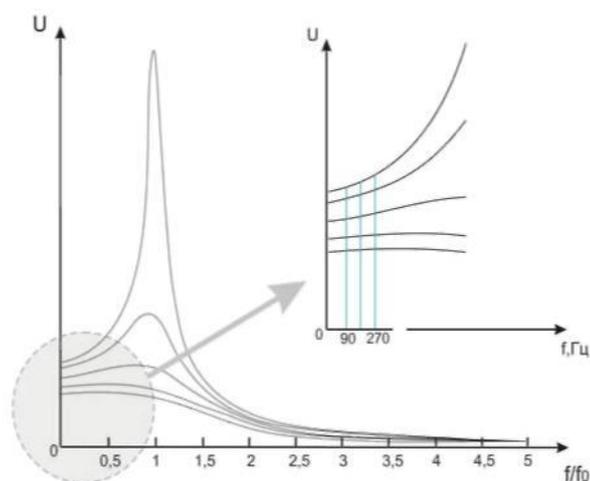


Рис. 1. Спектр затухающего синусоидального импульса. При увеличении α он становится плоским. Спектр периодической последовательности импульсов на рисунке для $f = 90$ Гц показан на фрагменте

Механическое воздействие. «Высокочастотный массаж по сути тоже фактор механического воздействия. Здесь же будем говорить о факторе, связанном с методическими приёмами. При СКЭНАР-терапии зачастую используют лабильную технику воздействия [5]. Электрод аппарата в этом случае перемещают по коже массажными движениями. Используют прямолинейные, кругообразные, спиралевидные и т.п. движения. Происходит массаж аппаратом. Подобные методики широко используются [6].

Перенос металла. Фактор, связанный с высокой плотностью тока при СКЭНАР-терапии. Этот вопрос ранее не обсуждался, хотя многие пользователи обращают внимание на некоторую выщербленность электрода после длительной эксплуатации.

Амплитуда первой полуволны тока при СКЭНАР-терапии в зависимости от состояния кожи и индивидуальной чувствительности пациентов составляет порядка 10-100 миллиампер (мА). Соответственно, плотность тока, учитывая небольшую площадь электрода (площадь центральной части порядка 2-х квадратных см), составляет 5-50 мА/см² и превышает таковую, например, при синусоидальных модулированных токах в 50 – 500 раз. Это, по-видимому, определяет микроскопический перенос металла.

Имеются данные о благоприятном воздействии различных металлов при терапии. Железо положительно влияет на костные ткани, печень, селезёнку и кровь. Золото тонизирует нервную систему, улучшает память, укрепляет сердечную мышцу, помогает при общем упадке сил. Серебро используется при истощении, при изжоге, при хронической лихорадке, при воспалении кишечника. Медь положительно влияет на функцию печени, селезёнки и лимфатической системы. Соответственно можно надеяться на дополнительный эффект СКЭНАР-терапии при использовании электрода из соответствующего металла.

Воздействие на межклеточную жидкость. Фактор, связанный с высокой амплитудой электрических импульсов [4]. Вопрос, который также требует дополнительных исследований. Жидкостная среда организма состоит, в основном, из воды, причём молекула воды полярна. При подведении к электродам переменного напряжения диполь будет вращаться в соответствии с изменением поля, с частотой воздействия и её гармоник. Имеются гипотезы, что каждая клетка человека окружена молекулами воды. Если это клетка больного органа, то независимо от заболевания она окружена так называемой неструктурированной водой. Клетка же здорового органа окружена структурированной водой, при этом организм сам занимается структурированием воды на клеточном уровне. Гипотетически можно утверждать, что воздействие СКЭНАРа способствует структурированию воды (жидкости) вокруг клетки, и это даёт организму направление на выздоровление [4].

Образование ёмкости двойного слоя. Косвенный фактор, возможно влияющий на терапию, благодаря модуляции импульсов через взаимодействие электрода аппарата с кожей. Можно допустить также влияние перемещения ионов металла в раствор электролитов и обратного движения подвижных ионов из окружающей электрод жидкости к его поверхности. Кроме того, динамические свойства сигнала, на которые образование ёмкости двойного слоя оказывают существенное влияние, используются в методических приёмах СКЭНАР-терапии.

Образование ёмкости двойного слоя, связано с эффектами, возникающими на границе проводников первого и второго рода. Металл находится в контакте со сложным комплексом водных растворов, включающих целый ряд как неорганических, так и органических электролитов. Возникающая при этом разность потенциалов (двойной электрический слой) на границе металл-раствор, называется электродным потенциалом.

При включении аппарата на описанную выше картину накладываются влияния импульсов тока. Изменение формы воздействующего сигнала (рис. 1) связано именно с этими двумя процессами: образованием ёмкости двойного слоя и влиянием импульсов тока.

Несмотря на большое число влияющих физических факторов при СКЭНАР-терапии, в настоящее время представляется, что основной отличительной особенностью этого класса аппаратов является одновременное действие импульсов электрического тока высокой амплитуды и электростатического пульсирующего поля, вызывающего высокочастотный массаж подлежащих тканей. Мы рассмотрим ниже один из возможных аспектов этого влияния.

Аппликационная музыкотерапия. Звукотерапия – область медицины, которая основывает свой лечебный эффект на воздействии звуков и вибраций, исходящих от человеческого голоса, музыкальных инструментов, природных сил и животного мира.

Особый интерес вызывает использование в медицине музыкального искусства, что получило название музыкотерапии. В основе данного лечебно-профилактического направления лежит использование различных методов воздействия музыкой или пением, выбор которых определяется конкретно стоящими перед врачом задачами.

Восприятие музыки условно разделяют на слуховой и вибротактильный компонент.

Слуховой компонент рецепции реализуется слуховым анализатором и обеспечивает восприятие частот акустических сигналов примерно от 20 до 20000 Гц. Считается, что вибротактильный компонент вызывает вибрации всего тела. Можно говорить, что при музыкотерапии происходит одновременное влияние акустическими волнами, организованными в музыкальную структуру, на эмоциональную, духовную сферу человека и непосредственно на поверхность тела и внутренние органы. Последнее (непосредственное влияние на поверхность тела) относится к области альтернативной (минующей слух, аппликационной) музыкотерапии (обратим внимание, что имеется гипотеза, согласно которой работа нервов основывается на передаче звуковых колебаний, а не электрических импульсов). Реализуется аппликационная музыкотерапия путём воздействия акустическими сигналами на проекции органов [6]. Имеются также исследования и практическая реализация совместного электромузыкального воздействия [7]. Воздействие осуществляется электрическим сигналом музыкального произведения с синхронным его прослушиванием. Музыкальное произведение выбирается по принципу наличия положительных эмоций (музыка, которая нравится).

Ниже будет показано, что СКЭНАР-терапия представляет собой новый класс электромузыкального воздействия, с существенно выраженной вибротактильной (аппликационной) составляющей.

Аппликационное воздействие. Ещё раз напомним эффект СКЭНАР-терапии – преобразование кожей воздействующего напряжения в звук. Как показано выше, это реализуется по принципу работы электростатического громкоговорителя. Из этого следует, что СКЭНАР-терапия органически является аппликационным воздействием с позиции музыкотерапии. Её особенность заключается в том, что вибротактильная (аппликационная)

составляющая этого воздействия реализуется на фоне коротких импульсов тока высокой амплитуды. Две других важнейших особенности определяются спектральным составом и уровнем вибротактильной составляющей.

Спектр вибротактильной составляющей. Как уже отмечалось, спектр воздействующего сигнала при СКЭНАР-терапии достаточно сложный и содержит составляющие от долей герца (например, при амплитудной модуляции 3:1 появляется гармоника 0,25 Гц) до десятков кГц. Спектр вибротактильной составляющей определяется частотной характеристикой преобразования напряжения в звук. В громкоговорителях это называется частотной характеристикой по звуковому давлению. Само звуковое давление определяется как периодически меняющееся давление в среде, в которой распространяется звуковая волна. В настоящее время проведены начальные исследования (совместно с Унакафовым М.А.), которые показывают, что спектр вибротактильной составляющей уже спектра сигнала, тем не менее, его можно характеризовать как очень широкий. При высокочастотном массаже спектр воздействия составляет, по меньшей мере, несколько килогерц и имеет импульсный характер.

Уровень вибротактильной составляющей. Мы уже определили выше термин звуковое давление, в качестве характеристики громкоговорителя. При оценке уровня вибротактильной (аппликационной) составляющей целесообразно перейти к термину давление звука, под которым понимается давление звукового излучения, испытываемое телом, находящимся в стационарном звуковом поле. Давление звука мало по сравнению со звуковым давлением (приблизительно на три порядка меньше звукового давления). Из сказанного следует, что вибротактильная составляющая при обычном (комфортном) музыкальном сопровождении очень мала. При СКЭНАР-терапии сама кожа (роговой слой) является источником давления звука на тело. Смело можно утверждать, что уровень такого воздействия на несколько порядков превышает уровень обычного (при прослушивании музыки) давления звука. Это позволяет по новому использовать имеющиеся наработки музыкотерапии.

Реализованные процедуры. Как отмечалось в [5], в аппаратах СКЭНАР реализованы три класса музыкальных модуляций. Они выполнены по аналогии с существующими в музыкотерапии.

1. Специальные модуляции, ориентированные на пациентов, родившихся под конкретными знаками зодиака.
2. Набор тональностей (модуляций) для специфической терапии. Например, из литературы по музыкотерапии следует, что больным с заболеванием желудочно-кишечного тракта показано прослушивание произведений Бетховена и Моцарта. Ревматизм менее беспокоит при прослушивании музыки в тональности фа мажор и т.д.
3. Музыкальные произведения, добавленные по персональным пожеланиям пользователя по принципу наличия положительных эмоций.

Заключение

Терапевтический эффект СКЭНАРа обеспечивается несколькими воздействующими факторами.

1. Одним из важнейших дополнительных факторов является высокочастотный массаж, который можно рассматривать как альтернативную (аппликационную) звукотерапию.
2. Аппликационная составляющая при СКЭНАР-терапии представляет собой воздействие с очень широким спектром и имеет высокий, не имеющий аналога, уровень воздействия.
3. СКЭНАР-терапии с музыкальными модуляциями представляет собой новый класс электромusicalного воздействия, с существенно выраженной вибротактильной (аппликационной) составляющей.

Литература

1. Горфинкель Ю.В., Гринберг Я.З., Надточий А.И., Ревенко А.Н., Унакафов М.А. Адаптивный электростимулятор. Патент Российской Федерации № RU2155614.
2. Гринберг Я.З., Унакафов М.А. Патент Российской Федерации № RU2325929.
3. Гринберг Я.З. СКЭНАР: построение, физические механизмы, основы эффективности // Нелекарственная медицина. – 2006. – №3(4). – С. 37–42.
4. Гринберг Я.З. СКЭНАР: новые результаты, новые гипотезы // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог. – 2008. – № 5(82). – С. 127–130.
5. Гринберг Я.З. СКЭНАР: новые результаты, новые возможности // Рефлексология. 2008. – №3-4 (19-20), – С. 19-22.
6. Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия. – М.: Медицина, 2003. – 2003. – 432 с.
7. Шушарджан С. В. Музыкотерапия: история и перспективы // Клиническая медицина. – 2000. – №3.