

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СКЭНАР: РАЗНЫЕ ТИПЫ ЭЛЕКТРОДОВ И КОНТАКТА С КОЖЕЙ



Б.П. Кулижский,

ведущий специалист по клиническому наблюдению ЗАО «ОКБ «РИТМ»

Резюме

В статье обсуждается влияние различных типов электродов и методов контакта с кожей на характеристики и ожидаемые клинические эффекты СКЭНАР-терапии. Аппарат СКЭНАР, как универсальный физиотерапевтический инструмент, уже широко используется в медицине, но его потенциал еще не полностью раскрыт. В работе рассмотрено влияние на форму сигнала СКЭНАР, его частотные и энергетические характеристики разных электродов (металлические, влажные, диэлектрические) и сред между кожей и электродом (сухой, влажный, масляный и диэлектрический контакт).

Статья включает таблицы, позволяющие практическим врачам прогнозировать клинические эффекты и подбирать оптимальные типы электродов и их контакта с кожной поверхностью для различных медицинских задач. Исследование расширяет возможности СКЭНАР-терапии, делая ее более универсальной и удобной для применения в различных клинических ситуациях.

Ключевые слова: СКЭНАР, электроды, контакт с кожей, клинические эффекты, электротерапия, электростатический массаж, электропорация, нервно-мышечная стимуляция.

ВВЕДЕНИЕ

Аппарат СКЭНАР – наиболее универсальный и изученный из всех физиотерапевтических аппаратов. Тем не менее, в СКЭНАРе ещё есть много «белых пятен» и очень велико поле для расширения его возможностей. И, несмотря на значительное количество исследований, лишь малая их часть посвящена непосредственным механизмам и закономерностям работы аппарата. В этой работе рассмотрен ещё один аспект взаимодействия аппарата и пациента – тип контакта электрод/кожа и предложен новый, ранее не использовавшийся модификатор подэлектродного пространства – диэлектрическое масло.

Аппарат СКЭНАР

Устройства биоуправляемой электротерапии (СКЭНАР) прочно вошли в современную медицину. Однако большая часть медиков, недостаточно знакомых с физиотерапией, рассматривает СКЭНАР как вариант нейростимулятора. И, в качестве ближайшего аналога для сравнения, использует ТЭНС. В работе [1] показано, что СКЭНАР по

совокупным физическим характеристикам существенно отличается от ТЭНС и весьма схож с устройствами электростатического воздействия, такими как DeepOscillation (HiVaMat) и Дарсонваль.

СКЭНАР – это устройство, формирующее стимулы при помощи индуктивного накопителя. Причём для лечения и диагностики используются свободные колебания, возникающие в цепи индуктивный накопитель – активный электрод – межэлектродное пространство – пассивный электрод – индуктивный накопитель. Указанная цепь образует контур ударного возбуждения. И терапевтический сигнал формируется при взаимодействии аппарата и кожи.

На рисунке 1 показана функциональная схема выходного каскада аппарата СКЭНАР [2]. В левой части рисунка – СКЭНАР, в правой, заключённая в прямоугольник, эквивалентная схема межэлектродной ткани. Выходной каскад содержит индуктивный накопитель энергии L1 с внутренним активным сопротивлением R_i , подключаемый к источнику питания $Bat1$ через ключ S1. Индуктивный накопитель подключен к электродам A и B, устанавливаемым на ткани биологического

объекта, электрический эквивалент которых представлен RC-цепочкой [3] и состоит из сопротивления R_p и ёмкости двойного слоя C , а также сопротивления rS межэлектродных тканей.

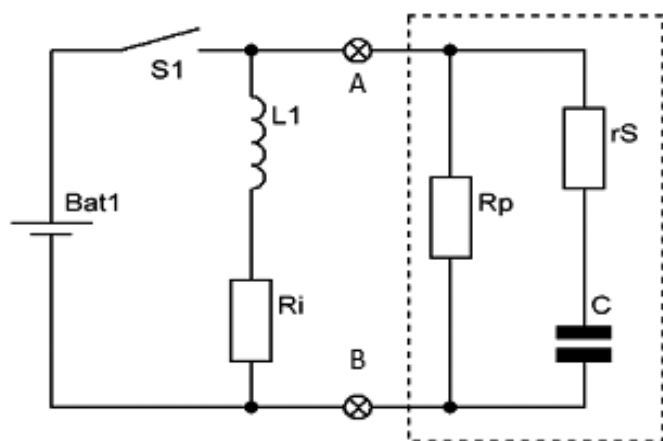


Рис.1 Схема выходного каскада аппарата СКЭНАР

Ключ $S1$ подключает индуктивный накопитель $L1$ к источнику $Bat1$, через $L1$ протекает нарастающий ток, происходит накопление («накачка») энергии в $L1$, которая после размыкания $S1$ отдаётся в нагрузку (межэлектродная ткань).

Свободные электрические колебания возникают в контуре, образованном индуктивностью $L1$ и импедансом межэлектродных тканей.

Сравниваемые методы электролечения отличаются способом формирования лечебного сигнала [4]. Наиболее совершенные аппараты имеют контроль воздействия в нагрузке. Часто возможна его подстройка для обеспечения стабильности по току и форме, которые обычно поддерживаются неизменными.

В аппарате СКЭНАР есть визуализация обратной связи: длительности первой полуволны после накачки (т.н. «реакция») и количества полуволн в стимуле («коэффициент формы»).

Ёмкостная составляющей в заметно большей степени влияет на вариативность сигнала, чем резистивная. Поэтому и изменение площади электрода значительно влияет на характеристики сигнала [5].

Обычно СКЭНАР-воздействие проводят металлическими электродами на сухую кожу. Возможно применение самоклеящихся и часто использующихся в физиотерапии «влажных» электродов.

Характеристики сигнала аппарата СКЭНАР сведены в таблицу 1.

Чем воздействует аппарат СКЭНАР?

Один из самых непростых и нетривиальных вопросов СКЭНАР-терапии – что же является воздействующим фактором. Большая часть пользователей, считает, что СКЭНАР – это вариант TENS [6]. Возможно, чуть более сложный и работающий с биполярным сигналом.

Однако ещё в 2004 [7] году Я. З. Гринберга заинтересовал эффект «звучания кожи», наблюдаемый при СКЭНАР-воздействии. Была выдвинута гипотеза, что звучание в коже возникает подобно «электростатическому динамизму». Электрическое переменное поле высокой напряжённости и заставляет вибрировать кожу. Гипотеза подтвердилась довольно простыми экспериментами. Один из которых, предложенный проф. А. В. Таракановым, может повторить каждый: нужно взять рамку (например, пальцы для вышивания) и натянуть в ней тонкую резину (от воздушного шарика). При приближении электрода СКЭНАР с установленной максимальной энергией к получившейся мембране будет слышен звук. Если взять электроды «Пешки», звук будет громче за счёт большей площади электродов. Резина – диэлектрик и вибрировать её заставляет электрическое поле. Продолжая ряд рассуждений, можно сравнить СКЭНАР с другим аппаратом [8], который, не вполне корректно, атрибутируется как «электростатический массаж» – устройством HiVaMat (DeepOscillation) компании Physiomed [9] и со всем известным Дарсонвалем [10]. Следует отметить значительную схожесть звуковых эффектов при СКЭНАР-терапии и дарсонвализации.

В 2011 году было проведено сравнение с устройством, имеющим схожие с аппаратом СКЭНАР технические характеристики [11]. Это электропоратор –

Таблица 1

Форма сигнала	Биполярный двухфазный, с затухающими колебаниями, динамически изменяющийся
Частоты	Частота внутри стимула (спектр) 500 Гц – 50 кГц Частота следования стимулов 0,6-500,0 Гц
Амплитуда стимула	До 350 В
Амплитуда тока стимула	До 140 мА
Вариабельность сигнала	Высокая
Обратная связь	Основная – параметрическая, по электрокожному импедансу
Тип электродов	Встроенные – металлические. Выносные – металлические, самоклеющиеся, электропроводящие перчатки и носки.

Таблица 2*Современные западные взгляды на воздействующие факторы*

Основной фактор	Электрический ток	Электрическое поле
Напряжение	Ниже 50 В	Выше 80 В
Сила тока	Выше 30 мА	Ниже 10 мА
Передача энергии	Кондуктивная	Преимущественно ёмкостная
Длительность импульса/полуфазы	Более 200 микросекунд	Менее 120 микросекунд
Тип электрода	Электролитический – «Нулевого» сопротивления	Металлический – ёмкостный и/или высокого сопротивления
Пример исполнения электрода	Жидкостный (гидрофильная основа, пропитанная электролитом) Гелевый (самоклеящийся)	Сухой контакт металлического электрода или электрода, покрытого диэлектриком

устройство, воздействующее на мембраны клеток электрическим полем и вызывающее их вибрацию. Также обратимая электропорация используется для введения под кожу высокомолекулярных веществ и даже вакцин [12].

Ток или поле? Электростатическое поле? Электродинамическое? А бывает ток без поля и поле без тока? Где начинается одно и заканчивается другое? Некоторые западные коллеги [13], исследующие электровоздействие, также замечают, что между полем и током трудно провести грань. Исходя из анализа их работ, стало возможно составить Таблицу 2, в которой проводится некоторое разделение между токовым и полевым воздействием.

Как видно из таблицы 2, граница вольтамперных характеристики между «полевым» и «токовым» воздействием достаточно условная. Заметнее различие в типе электрода и его контакта с кожей. Вся электро-терапия борется с высоким сопротивлением электрод/кожа. А для поля высокое сопротивление – не преграда. Потому что поле, в основном, индуцируется переменным током. И сразу упомянем исключение – электропорация, где электроды либо находятся в жидкости, либо вводятся внутрь тела (там вполне жидкая среда), либо между электродом и кожей жидкая среда, содержащая вводимые вещества. На первый взгляд, противоречие. Нет. Нужно помнить о частотных характеристиках. Воздействующая частота – килогерцы, десятки килогерц. Это тоже ёмкостный контакт. Жидкая среда организма является электролитом. И система электроды – электролит формирует электролитический конденсатор. Точнее, его особую разновидность под названием «ионистор». Из Таблицы 1 следует, что частотные характеристики сигнала СКЭНАР находятся в диапазоне 1-50 кГц и напряжение может достигать 350 В, что характерно, скорее, для полевого воздействия.

Для аппарата СКЭНАР биологическая ткань является, в первую очередь, ёмкостью. По афористичному опре-

делению проф. Пономаренко Г. Н., «вся физиотерапия видит человека как сопротивление, а СКЭНАР смотрит на человека как на переменный конденсатор». Унакафов М. А. в докладе [5] сделал акцент на изменение ёмкости, в первую очередь влияющей на характеристики сигнала СКЭНАР. По сути, электроды аппарата СКЭНАР являются конденсаторными пластинами. А по одному из параметров обратной связи (текущая реакция) можно узнать частоту резонанса и вычислить электрическую ёмкость системы «электрод-кожа».

Проблема дискомфорта и её решение

Одна из проблем СКЭНАР-терапии – дискомфорт пациента. Из-за поверхностных ощущений «жжения» невозможно работать на больших энергиях, например, для нейромышечной стимуляции. Вроде бы, характеристики позволяют её проводить, но терапевтическое окно энергии невелико и фактически ограничено зонами, где нервные структуры расположены поверхностно, а кожа очень тонкая – шея, лицо, кисти. Но на остальных участках тела такое воздействие невозможно. Есть люди с повышенной чувствительностью к току, дети. Как сделать сигнал комфортным, не внося изменений в сам аппарат?

Есть электропроводящие перчатки, но это не вполне безопасный способ воздействия. СКЭНАР-сигнал превращается в «неофарадический ток», теряя напряжение и характерные высокочастотные особенности. Сила тока при использовании токопроводящих перчаток может превышать 100 мА при напряжении около 30 В. Это совсем не СКЭНАР, хотя и миостимуляция отменная.

Как можно повлиять на сигнал, не изменяя аппарат? Точнее, процесс взаимодействия аппарата и организма? Электрод – часть аппарата, являющаяся неотъемлемой и неизменяемой, непосредственно участвующая в формировании сигнала. Внутренняя среда организма – динамически меняющаяся система. А вот переходной слой – между электродом и кожей – мы можем модифицировать.

Одно из старейших, эмпирических правил СКЭНАР-терапии: не лечить больного, только что принявшего душ или ванну. Лучше, если гигиенические процедуры прошли более чем за сутки до процедуры. Замечено: кожа чистая и влажная – воздействие аппарата СКЭНАР более дискомфортно. Разница в наличии кожного сала.

С другой стороны, излишне сухая или искусственно обезжиренная кожа тоже делает воздействие СКЭНАР болезненным. На такой коже легче всего увидеть близкое родство СКЭНАР с Дарсонвалем. Если выставить максимальную энергию, высокую частоту и в тёмной комнате быстро провести встроенным электродом по коже, можно увидеть искры между электродом и кожей.

Если роговой слой пропитан кожным салом, воздействие комфортно. Как использовать этот эффект и управлять им? Нужно взять вещество, наиболее близкое и биологически нейтральное. Кроме того, важно, чтобы это вещество было диэлектриком, как и кожное сало. Наиболее подходящим биологически нейтральным и довольно безопасным оказалось парафиновое масло, часто входящее в детские уходовые средства. Разные типы масел имеют разные физические характеристики, в первую очередь, диэлектрическую проницаемость, что не гарантирует схожий результат с другими маслами.

ТИПЫ КОНТАКТА «ЭЛЕКТРОД-КОЖА» ПРАКТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Рассмотрим типы переходного контакта «электрод-кожа».

- **Сухой** – металлический электрод по сухой неподготовленной коже.

- **Влажный** – электрод, в котором применяется тот или иной электролит, снижающий сопротивление.

- о Жидкостный – тканевые и ватные гидрофильные электроды, в том числе, электропроводящие перчатки, смоченные физраствором.
 - о Гелевый – самоклеящиеся электроды.

- **Масляный** – металлический электрод на коже, смазанной маслом.

На испытательном стенде, состоящем из цифрового осциллографа и аппарата СКЭНАР-1-НТ (исполнение 01), разнесённого электрода типа «Пешки», электропроводящих перчаток, смоченных физиологическим раствором, и листа нитрила толщиной 0,06 мм (аналогично-го перчаточному), была проведена серия исследований с привлечением сотрудников ОКБ «РИТМ». Воздействие оказывалось на один и тот же участок кожных покровов (передне-медиальная поверхность бедра в средней трети). Температура тела – 36,5° С. Температура воздуха – 22° С. Частота следования стимулов – 90,3 Гц.

Исследовались осциллограммы с разными типами контакта (сухой, через парафиновое масло и через слой электролита) при использовании разных электродов. Энергия воздействия – 50.

Приводим типовые осциллограммы с разделением на серии. Следует обратить внимание на амплитуду и длительность первой положительной полуволны, количество затухающих колебаний и общую структуру сигнала.

Сравнение сигнала: коаксиальный металлический электрод (встроенный)

В первой серии сравнений видно, что при масляном контакте, в отличие от влажного, сохраняется правильная структура сигнала, напряжение выросло с 155 В до 183 В, а количество затухающих колебаний увеличилось.

Модификации контакта нет

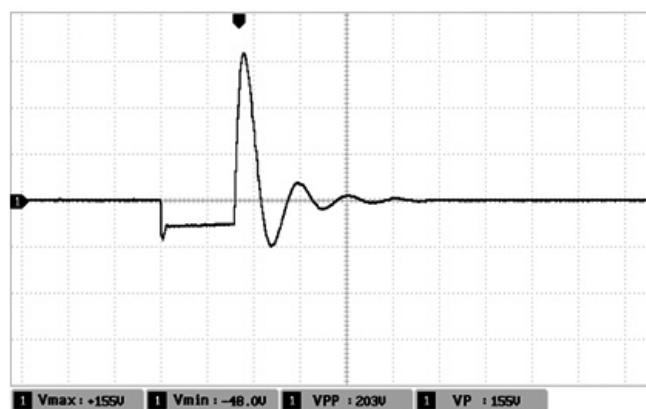


Рис. 2 Сухой контакт

Для предотвращения замыкания через гель использовалась резиновая вкладка – разделитель

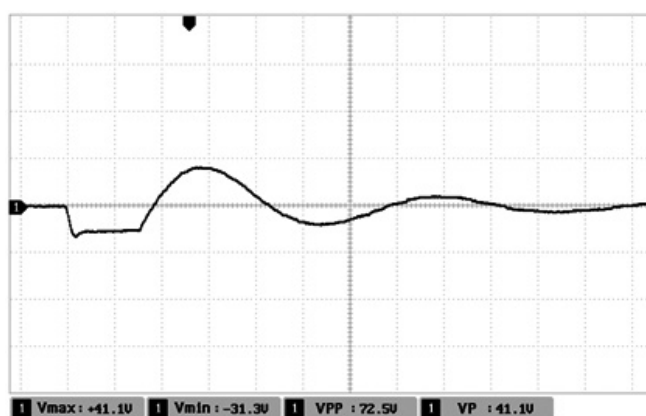


Рис. 3 Влажный контакт

Использовалось парафиновое масло в количестве 2 капли из стандартной медицинской пипетки

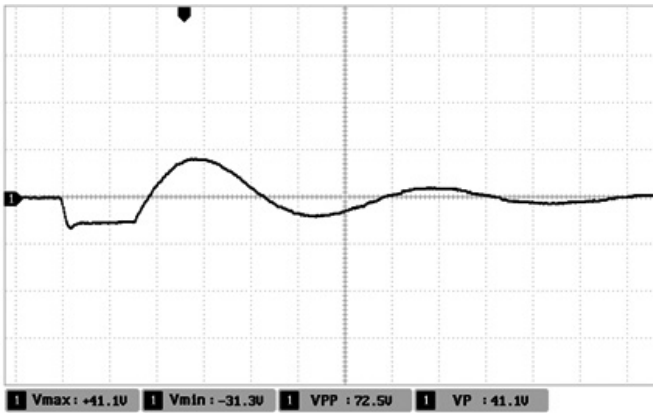


Рис. 4 Масляный контакт

Сравнение сигнала: разнесённый электрод «Пешки»

Аналогично встроенному электроду, при масляном контакте наблюдается небольшое увеличение амплитуды напряжения с 59 В до 82 В, длительность первой полуволны уменьшилась с 79 мкс до 56 мкс.

Модификации контакта нет

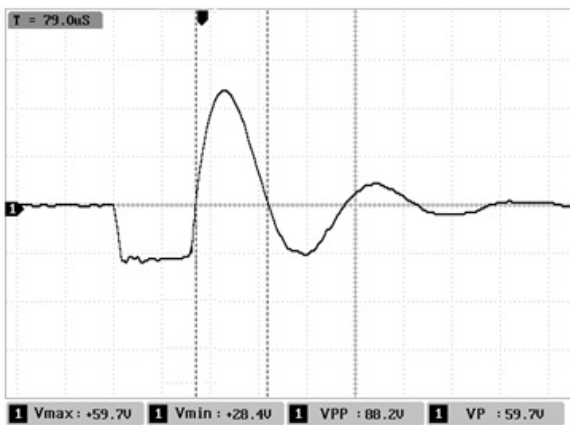


Рис. 5 Сухой контакт

Использовалось парафиновое масло в количестве 2 капли из стандартной медицинской пипетки

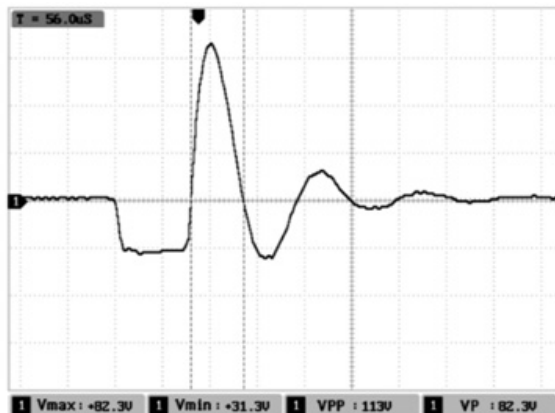


Рис. 6 Масляный контакт

Сравнение с влажным контактом через гель не проводилось, ввиду существенно неплоской контактной поверхности электрода «Пешки» и невозможности обеспечить равномерный контакт через электропроводящий гель. Сравнили разнесённый электрод «Пешки» и электропроводящие перчатки. Точнее, из ткани токопроводящих перчаток бы-ли вырезаны сегменты, по площади равные электроду «Пешки». Прижим обеспечивался через пенополиуретановый мат.

Сравнение сигнала: разнесённый электрод «Пешки» и электропроводящие перчатки

Модификации контакта нет



Рис. 7 Электрод «Пешки» сухой контакт

Перчатки смочены физиологическим раствором с температурой 36° С, затем слегка отжаты



Рис. 8 Электропроводящие перчатки

Как видно на осциллограмме, влажный электрод значительно меняет характер сигнала СКЭНАР. Напряжение становится очень низким, первая полуволна 10,2 В – по амплитуде меньше накачки (22,5 В). Длительность очень большая – 468 микросекунд. Этот сигнал совершенно не похож на СКЭНАР. Зато очень похож на «неофарадический ток», используемый для

миостимуляции. И этот сигнал является весьма опасным. В описании действия неофарадического тока содержится большое количество предупреждений о нежелательных побочных эффектах и рисках.

Контакт с телом отсутствует



Рис.9 Холостой ход

Диэлектрическая мембрана – нитрил 0,06 мм

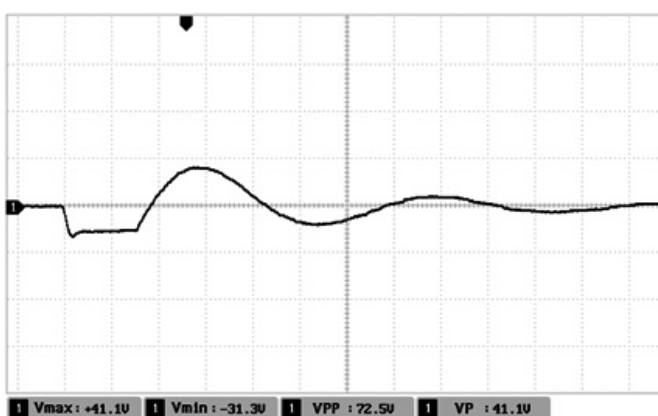


Рис. 10 Встроенный электрод – диэлектрический контакт

Диэлектрическая мембрана – нитрил 0,06 мм

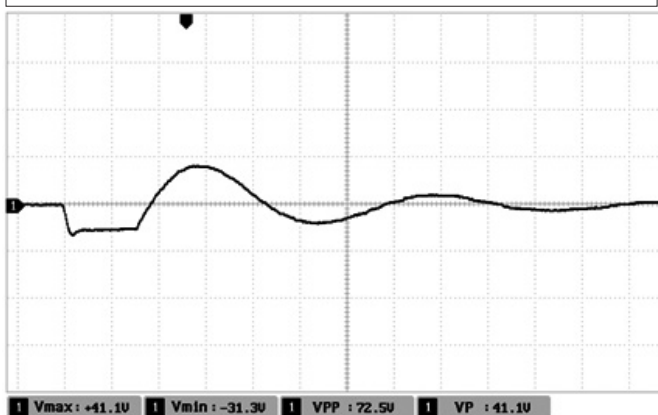


Рис. 11 Электрод «Пешки» – диэлектрический контакт

Сравнение сигнала: диэлектрический электрод

Помимо общепринятых электродов, был протестирован и способ модификации электродов аппарата СКЭНАР для эмуляции воздействия, близкого к «Хивамат». Для этого нужно покрыть один из электродов типа «Пешки» мембраной из тонкого диэлектрика, в нашем случае – нитрила. Электрод плотно обтягивается нитрилом (например, перчаточным), который фиксируется на корпусе аппарата или электрода. Эффект электростатического массажа проявляется на очень большом напряжении. У оригинального «Хивамат» напряжение от 100 до 800 В. На аппарате СКЭНАР использовали энергию 180, при которой появились первые пороговые ощущения тока под модифицированным электродом. Сравнивали с «холостым ходом» – сигналом СКЭНАР в отсутствии контакта с кожей на той же энергии. Также проверяли изменится ли форма сигнала СКЭНАР при полном отсутствии кондуктивного контакта.

На осциллограммах (Рис. 10, Рис. 11) видно, что при контакте через нитрил, сигнал изменился относительно холостого хода. Длительность первой полуволны увеличилась. Холостой ход – 16 мкс, коаксиальный электрод – 28 мкс, разнесённый электрод – 35 мкс. Даже небольшая ёмкостная составляющая достаточна для взаимодействия кожи с аппаратом СКЭНАР и некоторой адаптивности сигнала.

Чем полезно это исследование практическим врачам?

На основании анализа теоретических данных, большой серии пилотных исследований, аналогичных рассмотренным в данной статье, и обратной связи от десятков практикующих СКЭНАР-терапевтов, которым были сообщены первичные выводы и гипотезы, стало возможным составить таблицы, в которых воздействующий эффект сочетался бы с предсказуемым результатом. Задача любой теории – предсказывать с достаточной степенью повторяемости результатов. Такие таблицы полезны и практикам, и исследователям, потому что можно спрогнозировать эффект и подобрать нужный тип электрода и контакта до начала работы.

При составлении таблиц, СКЭНАР рассматривался как универсальный эмулятор разных физиотерапевтических устройств. Путём несложной трансформации СКЭНАР может заменить Дарсонваль, Хивамат, HVPC, неофарадический ток и многие другие, хорошо известные методы физиолечения. Зная, как проявляет себя тот или иной вид электролечения, можно получить схожие с ним эффекты от СКЭНАР, используя его как физический эквивалент того или иного метода.

Сопоставление физических характеристик сигнала и эффектов

Таблица 3

Влажный контакт – металлический электрод

Воздействие по сравнению с сухим контактом	Эффекты
<p>Сила тока выше более, чем вдвое. Напряжение сигнала ниже более, чем вдвое. Длительность «реакции» увеличивается более, чем вдвое. Колебательность («коэффициент формы») уменьшается вдвое и более. Динамика сигнала при стабильном контакте и неподвижном электроде снижается на вдвое и более.</p>	<p>Эффект «прилипания» отсутствует. Болевой порог отодвигается на 40-50 %. При использовании электрода аналогичного встроенному характеристики СКЭНАР приближаются к коммерческим электрореператорам. Поэтому возможна электрофузия* – неполярное введение веществ из жидкости, в том числе и высокомолекулярных.</p>

* – Электрофузия при помощи СКЭНАР проверяется простым пилотным экспериментом, который может повторить каждый. Два идентичных коаксиальных электрода устанавливаются на идентичные по структуре участки кожи. Например, на переднюю поверхность предплечья в средней трети слева и справа. Под каждый электрод тупой канюлей вводится 0,25 мл физраствора, подкрашенного бриллиантовым зелёным. Один из электродов подключается к аппарату СКЭНАР с параметрами воздействия: частота следования стимулов – 180, интенсивность – 8. Энергия воздействия – комфортная. Время воздействия – 5 минут, после чего электроды убираются. Под неподключенным электродом жидкость впитывается незначительно. А под работавшим электродом жидкость впитывается почти полностью. Что также видно по окрашиванию кожи. На стороне без СКЭНАР-воздействия окраска смывается в течение дня-двух. На стороне СКЭНАР-воздействия окрашивание держится до недели, что говорит о глубине проникновения красителя.

Таблица 4

Влажный контакт – «влажный или гелевый» электроды

Воздействие по сравнению с сухим контактом	Эффекты
<p>Напряжение сигнала ниже более, чем в 4 раза. Длительность «реакции» удлинится более, чем вчетверо. Колебательность («коэффициент формы») значительно снижена, по сути, сигнал принимает форму двухфазного двухволнового колебания, где первая фаза – «накачка», а вторая «реакция». При этом длительность сигнала значительно увеличена до значений, невозможных на металлических электродах (более 400 мкс). Динамика сигнала при стабильном контакте и неподвижном электроде весьма мала и не превышает 10 % в течение минуты. Форма сигнала, сила тока, амплитуда напряжения соответствуют «неофарадическому току».</p>	<p>Эффект «прилипания» отсутствует. Болевой порог значительно отодвигается. Можно увеличить энергию более чем вдвое без дискомфорта. Лёгкая и уверенная миостимуляция в любом регионе, даже без предварительной электродиагностики, особенно при сочетании с интенсивностью (количество импульсов в пачке). Благодаря сохранившейся обратной связи, привыкания к току отсутствует или существенно ниже, чем при любом другом виде миостимуляции. Заметный на процедуре противоотёчный эффект. Значительное снижение общерегулирующего эффекта.</p>

Таблица 5

Масляный контакт – металлический электрод

Воздействие по сравнению с сухим контактом	Эффекты
<p>Напряжение сигнала аналогично или немного выше (не более 10 %). Сила тока аналогична или немного ниже. Длительность «реакции» аналогична. Колебательность («коэффициент формы») выше на 10-30 %. Динамика сигнала при стабильном контакте и неподвижном электроде незначительно снижается в пределах 10-15 %.</p>	<p>Эффект «прилипания» отсутствует. Болевой порог отодвигается почти вдвое. Субъективно сигнал «мягче» – дискомфорт меньше, пациенты легче переносят значительное увеличение энергии воздействия. Моторные реакции глубоких мышечных структур значительно больше, чем при сухом контакте. Иррадиация сигнала по нервным путям значительно сильнее. Возможна миостимуляция/нейростимуляция глубоких структур, недоступных для сухого контакта. Возможно применять СКЭНАР во время процедуры медицинского массажа, при котором кожа смазывается маслом. Повышается предсказуемость нервно-мышечной стимуляции, сама процедура значительно упрощается по сравнению с сухим контактом.</p>

Таблица 6

Ёмкостный контакт – металлический электрод, покрытый диэлектриком (Хиваматоподобный)

Воздействие по сравнению с сухим контактом	Эффекты
<p>Напряжение высокое – аналогично максимальному напряжению на холостом ходу или немного ниже (не более 15 %).</p> <p>Сила тока крайне мала – менее 1 мА.</p> <p>Длительность «реакции» крайне мала:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Коаксиальный электрод - не более 24 мкс; • Разнесённый электрод - не более 35 мкс. <p>Колебательность («коэффициент формы») сигнала очень высокая, на 20-30 % ниже колебательности холостого хода.</p> <p>Динамика сигнала при стабильном контакте практически отсутствует.</p>	<p>Эффект «прилипания» наблюдается.</p> <p>Болевой порог с коаксиальным электродом практически недостижим, с разнесёнными возможен дискомфорт от нервномышечной стимуляции.</p> <p>Субъективно сигнал ощущается иначе, дискомфорта почти нет.</p> <p>С разнесёнными электродами сигнал проникает довольно глубоко, достижима нервно-мышечная стимуляция при воздействии на нервные пути.</p> <p>Гиперемия кожи – (поверхностная вазоактивная симпатическая реакция) развивается очень быстро.</p> <p>Отеки разрешаются быстро, практически в процессе воздействия (несколько минут).</p> <p>Как и в прототипе – HiVaMat (Deep Oscillations) – возможна работа по повреждённой коже, в том числе, непосредственно по свежей операционной ране, доказаны противовоспалительный, противоотёчный, регенеративный и трофический эффекты.</p>

После подробного описания сделаны краткие сводные таблицы, в которых присутствует физическая характеристика лечебного сигнала.

Таблица 7

Характеристики лечебного сигнала в зависимости от типа электрода и контакта

Электрод	Воздействующий фактор	Тип контакта			
		Сухой	Масляный	Жидкостный	Гелевый
Коаксиальный металл	Электрическое поле	Высокая частота Высокое напряжение	Средняя частота Среднее напряжение	Средняя частота Среднее напряжение	Средняя частота Среднее напряжение
	Переменный ток	Высокая частота Высокое напряжение	Средняя частота Среднее напряжение	Средняя частота Среднее напряжение	Средняя частота Среднее напряжение
Разнесённый металл	Электрическое поле	Высокая частота Высокое напряжение	Средняя частота Среднее напряжение	Средняя частота Среднее напряжение	Средняя частота Среднее напряжение
	Переменный ток	Высокая частота Высокое напряжение	Средняя частота Среднее напряжение	Средняя частота Среднее напряжение	Средняя частота Среднее напряжение
Электропроводящие перчатки	Электрическое поле	Низкая частота Низкое напряжение	_____	Средняя частота Среднее напряжение	_____
	Переменный ток	Низкая частота Низкое напряжение	_____	Средняя частота Среднее напряжение	_____
Ёмкостный электрод (Диэлектрик)	Электрическое поле	Высокая частота Высокое напряжение	_____	_____	_____
	Переменный ток	Высокая частота Высокое напряжение	_____	_____	_____

В следующей таблице рассмотрена субъективная «глубина» воздействия. Фактическая глубина зависит от большого количества факторов, но в данной работе мы ограничились учётом только влияния типов электрода и контакта на вероятную глубину проникновения электровоздействия СКЭНАР. В первую очередь, глубина связана с субъективными ощущениями пациента и возможностью нервно-мышечной стимуляции. Поэтому именно

эти сочетания типа контакта и электродов указаны как «глубокие».

Одним из видов электротерапии, близким по характеристикам к СКЭНАР, является электропорация. Этот метод был рассмотрен в упомянутых выше статьях. Проанализировав источники по электропорации и электрофузии, мы также добавили сочетание типа контакта и электрода, имеющего высокую вероятность тканевой электропорации и электрофузии в таблицу 8.

Таблица 8
Глубина воздействия

Электрод	Тип контакта			
	Сухой	Масляный	Жидкостный	Гелевый
Коаксиальный металлический	Поверхностное	Средней глубины	Поверхностное Возможна электропорация	Поверхностное Возможна электропорация
Разнесённый металлический	Средняя	Глубокое	Среднее Возможна электропорация	Среднее Возможна электропорация
Электропроводящие перчатки (увлажнённые)	—	—	Очень глубокое Электропорация незначительна	—

ВЫВОДЫ

- Аппарат СКЭНАР можно применять как физический эквивалент разных видов электротерапии, с учётом всех особенностей и предосторожностей.
- Использование разных комбинаций электрод/тип контакта:
 - о Расширяет лечебные возможности аппарата СКЭНАР.
 - о Позволяет специализировать воздействие.
 - о Повышает управляемость процедуры и предсказуемость получаемых эффектов.
 - о Повышает комфорт процедуры.
 - о Требуется клинической проверки.
- Использование металлических электродов через масляный контакт, снижает дискомфорт процедуры, расширяет диапазон применимой энергии воздействия и даёт возможность нервномышечной стимуляции в регионах, ранее для этого недоступных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулижский, Б. П. Сравнение СКЭНАР и других методов электротерапии. // Кулижский Б. П., Унакафов М. А. // Конференция «СКЭНАР-терапия и СКЭНАР-экспертиза» Болгария 2018. — URL: <https://youtu.be/54MUNSIyCBg?si=5aa4UMVkwNvdREZW>
2. Патент № 2645923 С2 Российская Федерация, МПК А61Н 1/36. Способ адаптивного воздействия на живой организм (варианты) : № 2015151655 : заявл. 01.12.2015 : опубл. 28.02.2018 // Я. З. Гринберг, Ю. Ю. Старовойтов, М. А. Унакафов ; заявитель ЗАО «ОКБ «РИТМ». – EDN CCPVSD.

3. Попечителей, Е. П., Корневский, Н. А. Электрофизиологическая и фотометрическая медицинская техника. Теория и проектирование. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 64–65.
4. Prutchi, D., Norris, M. Design and Development of Medical Electronic Instrumentation. A Practical Perspective of the Design, Construction, and Test of Medical Devices. – USA, 2005. – С. 335–354.
5. Унакафов, М. А. Секреты эффективности СКЭНАР-терапии. – Доклад на конференции «СКЭНАР-терапия. СКЭНАР-экспертиза». – Таганрог, 2014. – URL: https://youtu.be/HHKap_sYRuQ?si=P5SjDRgIXIsDuNQ5 (дата обращения: 10.10.2023). – Текст: электронный.
6. Ottoson, D., Lundeborg, T. Pain Treatment by Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) : A Practical Manual. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1988. – С. 24–26.
7. Гринберг, Я. З. Об одном эффекте СКЭНАР-воздействия. – Известия ТРТУ. Тематический выпуск. Материалы научно-технической конференции Медицинские информационные системы. МИС-2004. – Таганрог: Издательство ТРТУ, 2004. – № 6(41). – С. 100–105.
8. Гринберг, Я. З. СКЭНАР: построение, физические механизмы, основы эффективности. – Журнал Нелекарственная медицина, 2006. – № 3. – С. 39.
9. Применение системы «ХИВАМАТ-200» в клинической практике: Пособие для врачей. – М., 2002. – С. 13.
10. Физиотерапия. Национальное руководство / под ред. Г. Н. Пономаренко. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – ISBN 978-5-9704-1184-1.
11. Гринберг, Я. З. СКЭНАР: Ещё раз о причинах эффективности. / Гринберг, Я. З., Кулижский, Б. П. // Журнал «Нелекарственная медицина», №3(4), 2012, – С. 37–42.
12. Chang, D. C., Chassy, B. M., Sowers, A. E. Guide to Electroporation and Electrofusion. – Academic Press, 1991. – DOI: 10.1016/C2009-0-21564-9. – Copyright © 1991 Elsevier Inc.
13. Marino, A. A. Modern Bioelectricity. – CRC Press, 1988. – DOI: 10.1201/9781003065821.