

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ РОСТОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ НЕЙРОКИБЕРНЕТИКИ
ИМ А.Б.КОГАНА

Утверждаю
Директор НИИ нейрокибернетики

профессор
Б.М. Владимирский

Отчет
о научно-исследовательской работе

**ИССЛЕДОВАНИЕ (НА ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКЕ)
МЕХАНИЗМОВ ДЕЙСТВИЯ СКЭНАР-ТЕРАПИИ,
ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ И
МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ**

Хоздоговор №7110
Этап 2001-2002 г.

Исполнители

Чибкасов С.А. - Научный руководитель с.н.сНИИНКРГУ, к.б.н

Введение

Работы 2-го этапа (2001-2002 гг) по теме «Исследование (на животных и человеке) механизмов действия СКЭНАР-терапии, поиск оптимальных режимов и местоположения электродов» явились развитием и логическим продолжением работ 1-го этапа (2000-2001гг) [1], посвященных выяснению действия СКЭНАР-стимуляции на активность коры и подкорковых структур мозга животных.

СКЭНАР-стимуляция - электрокожная стимуляция определенных зон поверхности тела аппаратом СКЭНАР, созданным в ОКБ «РИТМ», широко используется при лечении самых различных заболеваний. Механизм СКЭНАР терапии связывают с выделением уже на периферии ряда биологически активных веществ. При этом особая роль отводилась пептидам, действие которых развивается по типу каскадов [2,3]. Наряду с возможной ролью периферических эффектов универсальность действия СКЭНАР-стимуляции в свете известных данных литературы могла объясняться наличием центральных нервных эффектов, регулирующих адекватную реакцию вегетативной нервной системы [4].

В экспериментах на первом этапе работ удалось показать наличие выраженного центрального действия СКЭНАР-стимуляции на кору мозга и структуры гипоталамуса, который, как известно, координирует активность вегетативной нервной системы. Центральный эффект СКЭНАР-стимуляции кожи животных состоял в генерализованной синхронизации медленноволновой активности мозга, особенно - альфаподобных колебаний потенциала. Эта синхронизация была хорошо выражена не только в соматосенсорной, но и в зрительной коре мозга, тесно связанной со структурами переднего, парасимпатического, гипоталамуса, и отражающей его активность [1,5,6].

Следующим шагом, естественно, было исследование центрального эффекта СКЭНАР-стимуляции на человеке - по показателям ЭЭГ. Это составило основную задачу настоящих работ, поскольку лишь определив эффект СКЭНАР-стимуляции, можно целенаправленно искать пути оптимизации СКЭНАР-процедур. Проведенные на животных исследования вместе с данными литературы позволили сделать предположение, что во время синхронизированной активности мозга, сходно с тем во сне, кора становится более доступной для висцеральных сигналов и может координировать деятельность вегетативных нервных структур по самовосстановлению организма через посредство прежде всего гипоталамуса [5,6]. При таком взгляде на механизм СКЭНАР-терапии мы ожидали, что центральным эффектом СКЭНАР-стимуляции и у человека также окажется синхронизация суммарной электрической активности коры мозга, хорошо выраженная в ее затылочной области.

Поскольку существует ряд стандартных зон, используемых при обработке пациентов аппаратом СКЭНАР, решено было также сопоставить эффективность действия СКЭНАР в зависимости от места приложения стимуляции.

Другим направлением работ явилось продолжение опытов на животных. Оставался открытым вопрос об особенностях суммарной активности коры мозга, вызываемой СКЭНАРом в фокусах проекций зоны раздражения сравнительно с активностью вне фокуса. Для решения этого вопроса необходимо было разработать соответствующую методику.

Кроме того, предстояло выяснить - какие афферентные пути в большей мере определяют развитие эффекта СКЭНАР-стимуляции - локальные проекции, оканчивающиеся преимущественно в зоне коры SI, или более диффузные, представленные в основном в зоне SII. Соответственно этой задаче мы сопоставляли суммарную электрическую активность в указанных зонах коры.

Еще одним направлением работ явился вопрос о составе афферентных волокон, активируемых при СКЭНАР-стимуляции. Поскольку предполагалось [7], что периферический эффект СКЭНАР во многом определяется возбуждением волокон С-типа, сопровождающимся выделением биологически активных веществ, выяснение вопроса об активации С-волокон представляло особый интерес. Это исследование с учетом наличной аппаратуры, не позволяющей осуществлять отведения от отдельных волокон,

Материал из электронной библиотеки ЗАО «ОКБ «РИТМ»

предполагали осуществить путем изучения суммарного составного потенциала нерва, вызываемого одиночными СКЭНАР-раздражениями.

Результаты исследований и их обсуждение

Изложение результатов мы начнем с опытов на животных, что позволит лучше подойти к интерпретации результатов, полученных при исследованиях ЭЭГ людей,

1. Результаты опытов на животных

1.1. Характеристики суммарной активности коры в фокусах проекций и на периферии.

Опыты проводили на базе электрофизиологической установки УФПТ-5. Выходы усилителей установки через АЦП конструкции ст.н.с. В.В. Золотухина с шагом дискретизации 1мс подключались к ПЭВМ (Пентиум - П) - для визуализации и последующей обработки отводимых от мозга потенциалов. При обработке использовался пакет программ EEG-vision, созданный под руководством д.б.н. В.Н. Кирой.

Эксперименты проводились на пигментированных морских свинках весом около 500-700г. Чтобы обеспечить надежный контакт электрода СКЭНАР с кожей животного, место его приложения - на плече - обрабатывалось депелятором до полного удаления волосяного покрова. Отведение активности осуществлялось на обездвиженных тубокурарином животных. Искусственная вентиляция легких осуществлялась через трахею. Для этого предварительно в условиях ветбугалового наркоза проводили операцию трахеотомии. Для обезболивания использовали новокаин. Затем животное помещалось в станок. Голова фиксировалась через предварительно обработанные новокаином ушные проходы и зубодержатель. Далее проводили (также под новокаином) вскрытие мягких тканей черепа. Над областями коры S-I и S-II контралатеральной зоне раздражения полушария в кости трепаном, закрепленным в зубохирургической дрели, высверливали два отверстия диаметром 5 мм каждое. При этом использовали координаты, приведенные в работе Зейглер [8]. Во время проведения опыта животное обогревалось электрической грелкой. Ректальная температура контролировалась электротермометром и поддерживалась на уровне около 37 градусов.

Активность коры отводилась эпидурально через электроды диаметром 0,7 мм. Определение фокуса проекций требовало проведения картирования коры с выявлением зоны, в которой вызванный раздражением первичный потенциал имел бы максимальную амплитуду при коротком латентном периоде. Для исследования вызванных потенциалов использовали серии одиночных СКЭНАР-раздражений, подаваемых с интервалом 2с на протяжении обычно 60с. Одиночные вызванные потенциалы с помощью ПЭВМ усреднялись для последующего анализа. При пошаговом исследовании распределения характеристик вызванных потенциалов по поверхности коры одним электродом требовалось очень большое время, что создавало трудности, с которыми мы столкнулись в прошлом году. Для их преодоления мы изготовили блок из 4-х отводящих электродов, расположенных квадратом на расстояниях по 0,7мм (сторона квадрата - 2мм). Перемещая такой блок по поверхности коры с помощью препаратоводителя, можно было без пропусков и достаточно быстро откартировать достаточно большой ее участок. Это позволило нам определить местоположение фокусов зоны проекции места раздражения на коже как для области коры S-I, так и для области S-II.

В ряде опытов мы осуществляли одновременное отведение активности из фокусов в S-I и S-II. Для этого, откартировав предварительно зону S-I, мы привязывали положение фокуса к рисунку сосудов. Затем картировали зону S-II. Найдя в ней фокус, оставляли блок на месте, а в зоне S-I выставляли блок из двух электродов, один из которых ориентировали на положение фокуса. В нескольких опытах мы кроме отведений с поверхности коры осуществляли отведения из ретикулярной формации среднего мозга. Координаты места введения изолированного стеклом вольфрамового электрода диаметром 0,2мм определяли согласно стереотаксическому атласу [9].

В опытах, поставленных на 12 морских свинках, было проанализировано 118 усредненных вызванных потенциалов (ВП). Они были зарегистрированы в состоянии спокойного бодрствования, когда ЭКГ животных была представлена малосинхронизированными ритмами со средней амплитудой 30-50 мкВ.

В этих опытах было показано, что в ответ на одиночное раздражение в соматосенсорной коре складываются два фокуса ВП, отстоящих друг от друга на шесть, приблизительно, миллиметров - один в S-I, а другой в S-II.

В фокусах проекции регулярно отмечался двухфазный позитивно-негативный первичный ответ с латентным периодом от момента нанесения стимула 10-15 мс, сопровождаемый поздним колебанием длительностью около 100 мс. На периферии первичный ответ либо существенно ослаблялся, либо отсутствовал.

Наличие локальных фокусов первичных ответов при СКЭНАР-стимуляции показывает, что мозг (как и при действии других раздражителей) получает информацию о месте приложения, «адресе» СКЭНАР-стимуляции..

При сопоставлении первичных ответов в S-I и S-II выяснилось следующее. В фокусе S-II амплитуда начальной фазы первичного ответа, отражающая, как известно афферентный приток [10,11], регулярно оказывалась выше, чем в фокусе S-I ($p < 0,01$, критерий знаков). Это превышение составляло в среднем около 30%. В фокусе S-I, однако, первичный ответ регулярно наступал раньше, чем в S-II ($p < 0,05$, критерий знаков). Примеры этому приведены на рис. 1.

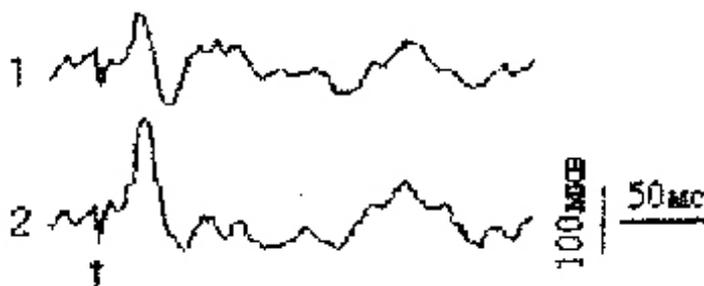


Рис 1. Усредненные вызванные потенциалы в соматосенсорной коре SI (1) и 8П (2) морской свинки при электрокожной СКЭНАР-стимуляции через широкий электрод. Стрелка - момент раздражения.

Чтобы точнее оценить разницу измеряли среднюю пиковую латентность. Она составила для позитивной фазы соответственно 17 и 19 мс, а для негативной 29 и 35 мс. Это может отражать как известную последовательную связь в прохождении сигнала от S-I к S-II [11], так и определяться особенностями состава афферентных волокон [10-12].

То, что особенности афферентного состава имеют место, следует не только из известных данных литературы [13,14], но и из результатов наших опытов. Приведенные выше данные касались действия СКЭНАР через широкий (коаксиальный и щеточный) электрод. Однако при действии СКЭНАР через узкий электрод картина менялась. Стимуляция через узкий электрод в отличие от широкого вызывала первичные ответы, амплитуда начальной фазы которых регулярно оказывалась выше в S-I, чем в S-II (рис.2). Разница составляла в среднем 35%. Этот факт можно связать с известными данными [14] о том, что в S-I преобладают локальные рецептивные поля, для которых узкий электрод более эффективен, а в S-II - наоборот более диффузные широкие, для которых более эффективна стимуляция через широкий электрод.

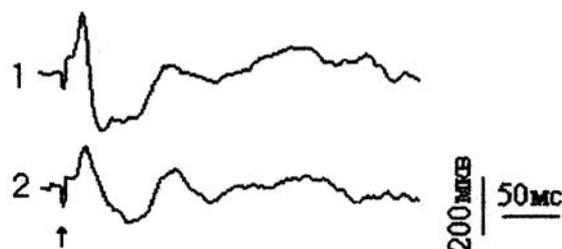


Рис 2. Усредненные вызванные потенциалы в соматосенсорной коре SI (1) и SII (2) морской свинки при электрокожной СКЭНАР-стимуляции через узкий электрод. Стрелка - момент раздражения.

С учетом прежних [1,5] данных о большей эффективности широкого электрода для синхронизирующего действия пролонгированной СКЭНАР-стимуляции, отмеченные факты могут свидетельствовать о большей роли в этом зоны S-II и системы афферентов с широкими рецептивными полями, чем зоны S-I. В этой же связи интересно отметить, что позднее колебание потенциала, появляющееся после первичного ответа достигало максимума при стимуляции именно широким электродом. А оно, как известно [10,11], во многом определяется входами от неспецифических, синхронизирующих, ядер таламуса.

В связи с неспецифическим компонентом представляет интерес и то обстоятельство, что вторичные потенциалы по амплитуде не были жестко привязаны к фокусу первичного ответа. Хотя были примеры большей амплитуды вторичного колебания в фокусе, чем на периферии, чаще отмечались случаи, когда амплитуда вторичного колебания оказывалась выше вне фокуса первичного ответа (рис.3). Отмечен также случай, когда вторичный ответ не развивался в фокусе зоны S-I, но был отмечен в зоне S-II. Вместе с данными предыдущего этапа работ [1] о регистрации длиннотентных вызванных потенциалов вне фокуса первичного ответа и известными данными литературы [10-11] отмеченные выше факты свидетельствуют об относительной независимости топографии вторичных колебаний ВП от топографии фокуса первичных ответов.

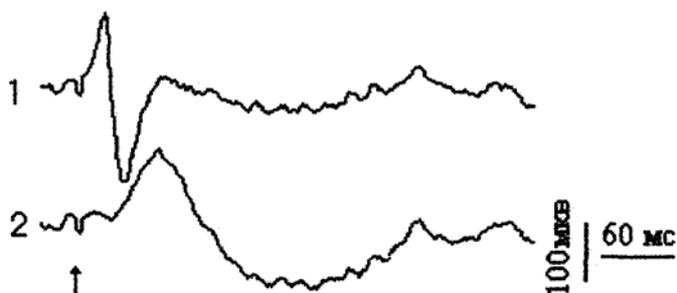


Рис3 Усредненные вызванные потенциалы в соматосенсорной коре SI морской свинки при электро-кожной СКЭНАР-стимуляции широким электродом. 1 - фокус, 2 - периферия. Стрелка-момент раздражения.

Соматосенсорная кора, кроме входов по лемнисковой системе получает входы от экстралемнисковых путей, опосредованные и связанные с ретикулярной формацией [12,13]. В этом плане представляло интерес - как меняется активность ретикулярной формации (РФ) при действии СКЭНАР. В ряде опытов мы исследовали вызванные ретикулярные потенциалы. Оказалось, что в РФ ответ складывается из двух компонент: относительно более раннего и нерегулярного - с латентным периодом около 30 мс и более регулярного позднего колебания с пиковой латенцией около 80 мс (рис.4). Эти результаты могут указывать на участие РФ — прямое и опосредованное - в генерации вызываемых СКЭНАР-стимуляцией корковых

потенциалов, но скорее их поздних компонент, не связанных напрямую с топографией фокуса первичного ответа.

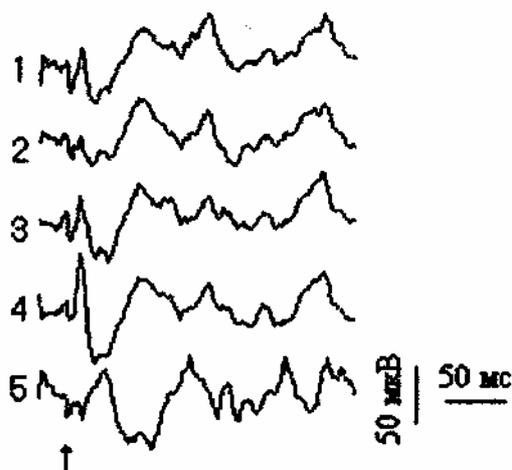


Рис 4. Усредненные вызванные потенциалы в отведениях от разных пунктов соматосенсорной коры (1-4) и ретикулярной формации (5) мозга морской свинки при электрокожной СКЭНАР-стимуляции широким электродом.
Стрелка-момент раздражения.

Еще один факт, выяснившийся при проведении опытов с отведением ВП, - это практически отсутствие ритмического послеразряда. Его мы наблюдали лишь в одном случае и, судя по всему, он был обусловлен неполным выходом животного из под наркоза. То есть ритмический послеразряд не присущ одиночным СКЭНАР-стимулам и не может лежать в основе синхронизирующего эффекта при пролонгированной СКЭНАР-стимуляции [1,5].

Теперь перейдем к рассмотрению эффектов пролонгированной СКЭНАР-стимуляции (с частотой 59,3 Гц) - в фокусах и на периферии зон проекций в коре. Как и в опытах предшествующего этапа работ [1], в настоящей серии экспериментов регулярно наблюдался синхронизирующий эффект применения СКЭНАР ($p < 0,01$, критерий знаков), особенно в частотном диапазоне альфоподобных колебаний (рис.5).

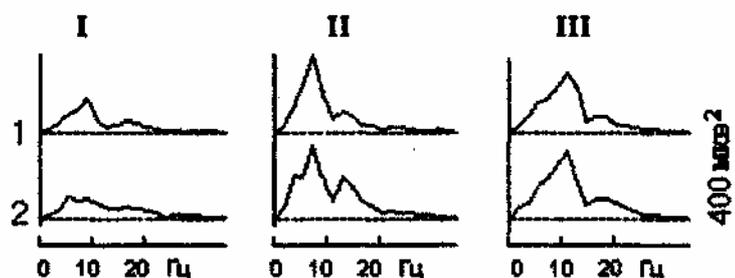


Рис.5. Динамика развития активности в соматосенсорной коре SI (1) и SII (2) при длительной СКЭНАР-стимуляции, прослеживаемой по спектрам мощности в фоне (I), при стимуляции (II), и в последствии(III).

Сопоставление эффектов в фокусах проекций и на периферии показало, что в большинстве случаев синхронизация развивается генерализованно. При этом отметим, что на фоне длительной стимуляции в ряду последовательных проб можно было наблюдать случаи, когда синхронизированная активность развивалась на периферии раньше, чем в зоне проекций

(рис.6). Хотя были отмечены и случаи, когда синхронизация развивалась в фокусе раньше, чем на периферии.

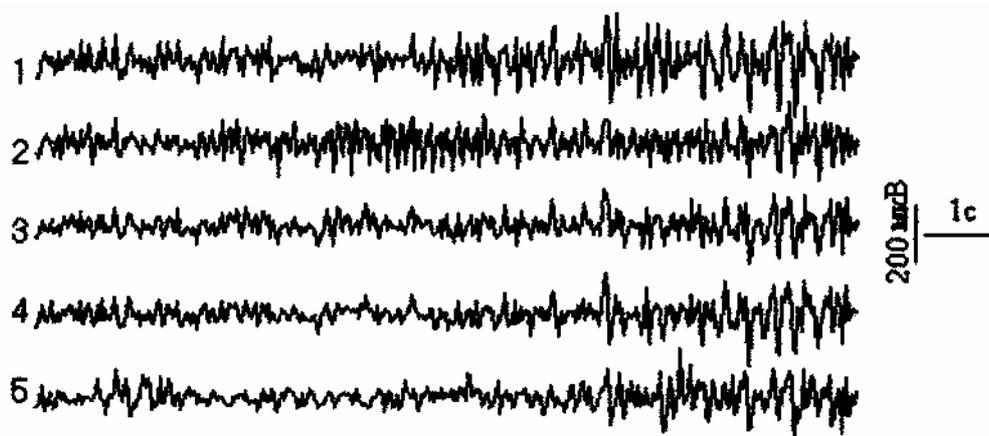


Рис. 6. Примеры записи электрограммы при отведениях от разных пунктов соматосенсорной коры (1-4) и ретикулярной формации (5) мозга морской свинки при электрокожной пролонгированной СКЭНАР-стимуляции широким электродом. 4 - в фокусе первичного ответа при одиночной стимуляции.

Сравнение активности для зон S-I и S-II тоже не выявило определенных преимуществ. Так имели пример, когда веретенообразная активность раньше развивалась в зоне S-II, чем в S-I, но отмечен и случай, противоположных отношений. Обычно веретенообразная активность развивалась в отмеченных зонах коры одновременно.

Анализ фазовых отношений на доминирующей частоте - был оценен фазовый сдвиг колебаний в фокусе по отношению к периферии ($n=28$) - также не выявил закономерных различий.

Таким образом, достаточно четкие фокусы первичной активности, складывающейся при действии одиночных СКЭНАР-раздражений, теряются в более поздних компонентах ответа и не выявлены при пролонгированной СКЭНАР-стимуляции. Имеет место генерализованное изменение функционального состояния мозга, которые обусловлены, надо думать, неспецифическими входами, но не локальные эффекты. Вместе с тем из результатов ясно, что мозг получает информацию о месте приложения СКЭНАР.

1.2. К вопросу о составе афферентных волокон, возбуждающихся при СКЭНАР-стимуляции

Эту задачу с учетом частоты дискретизации нашего АЦП (шаг дискретизации - 1 мс) и программ обработки мы намеривались решить по результатам отведения суммарного составного потенциала от седалищного нерва, вызываемого СКЭНАР-раздражением дистальной части лапы - подошвы и пальцев. При этом короткие потенциалы действия отдельных нервных волокон - десятые доли миллисекунды у наиболее быстрых из них, усредняются, создавая более медленное суммарное колебание потенциала, которое, как мы рассчитывали можно будет оценить и на имеющейся аппаратуре. Такая методика используется уже более полувека [15].

Анализ сложного составного потенциала нерва основан на том, что в составе нерва содержатся волокна различающиеся по скоростям проведения и порогам активации с соответствующим различным функциональным назначением. В результате, зная расстояние между местом стимуляции и местом отведения потенциала можно по времени появления соответствующих колебаний оценить скорость проведения, а по ней - отнести изменение потенциала к той или иной группе нервных волокон. Ранее проведенные исследования такого

Материал из электронной библиотеки ЗАО «ОКБ «РИТМ»

www.lib.scenar.com.ru

рода, базирующиеся на прямом электрическом раздражении нерва, которое при достаточной силе тока позволяет задействовать практически все волокна, показали (вместе с данными сопутствующих работ), что седалищный нерв включает в себя волокна ряда функциональных групп [13,15,16]. Это не только афферентные, но и эфферентные волокна. Эфферентные волокна можно возбудить лишь при прямой электрической стимуляции нерва. К ним относятся, например, волокна со средними скоростями проведения В-типа, являющиеся эфферентами вегетативной нервной системы. Среди афферентных волокон выделяют миелинизированные волокна - группа А, и немиелинизированные - группа С. Группа А представлена как кожными, так и мышечными афферентами. Кожные афференты включают в себя: А_β - толстые, быстропроводящие, и А_δ - тонкие с меньшей скоростью проведения, а также С-волокна с самыми низкими скоростями проведения. Мышечные афференты включают в себя группу А_α- самые быстрые, и А_γ (они имеют скорости проведения в среднем ниже, чем А_β), а также болевые С-волокна. СКЭНАР априори может возбуждать все перечисленные группы афферентных волокон, поскольку кроме кожной реакции может у бодрого животного вызывать локальное вздрагивание. Тонкие волокна требуют для своей активации значительно большей силы раздражения, чем толстые — А_β-волокна в несколько раз, С-волокна - на порядок и более.

Для проведения экспериментов мы использовали классическую методику описанную в руководствах [15,17], применяя поначалу крючковые электроды. Отработку методики мы начали на двух кроликах. Позже, из-за трудностей с их поставкой, перешли на морских свинок, на которых было проведено 7 опытов.

Первая трудность, с которой мы столкнулись, - это очень большой артефакт раздражения. Если при отведениях суммарной активности от коры мы использовали фильтры верхних частот, эффективно отсекающие артефакт стимуляции, то в опытах со стимуляцией нерва фильтры пришлось открыть, одновременно сделав усиление максимальным - чтобы иметь возможность наблюдать возможные низкоамплитудные колебания потенциала, связанные с активацией С- волокон. Напомним, что амплитуда СКЭНАР-раздражения превышает 100В. Попытки уменьшения артефакта путем изменения местоположения заземляющего электрода оказались недостаточно эффективными - «хвост» артефакта «накрывал» первые 10 мс и более. С учетом расстояния между местом раздражения и местом отведения, составлявшего 4 см, это означало, что мы теряли возможность оценки активности А-волокон по результатам отведения составного потенциала от нерва.

Сам факт активации А-волокон сомнения, однако, не вызывал, поскольку раздражением подошвы лапы можно было вызвать четкий коротколатентный первичный ответ в соматосенсорной коре (рис.7). Появление первичных ответов как известно, связано с активацией быстрых А-волокон — в основном, группы А_ρ.

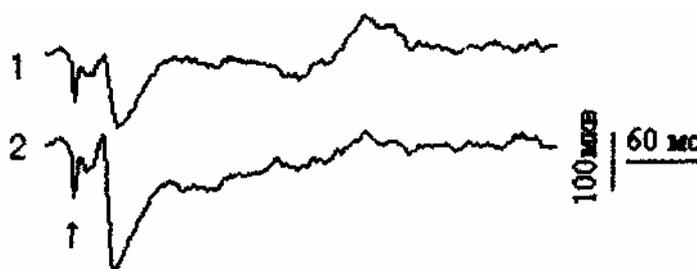


Рис. 7. Пример усредненного ответа в сенсомоторной коре мозга морской свинки, вызванного СКЭНАР-стимуляцией задней лапы. 1 - периферия, 2 - фокус. Стрелка-момент раздражения.

С учетом расстояния между раздражающим и отводящими электродами и величины артефакта мы могли рассчитывать на наблюдение колебаний потенциала, связанных с волокнами С-группы, скорость проведения по которым составляет 2- 0,5 м/с. Однако, ни в одном из опытов нам не удалось обнаружить закономерных изменений потенциала, *Материал из электронной библиотеки ЗАО «ОКБ «РИТМ»*

соответствующих активации С-волокон. При этом мы пытались улучшить условия отведения, снимая перинервий (оболочку нерва), принимали меры к уменьшению шунтирования, используя кембрик и вазелиновые мостики, осуществляли отведения после перерезки нерва выше места отведения. Обратились к литературе в поисках более совершенных приемов отведения, чем крючковыми электродами. Использовали один из них [18] - отведение интрафасцикулярным электродом, но и это не дало положительного результата.

Возможно, неуспех с отведением активности С-волокон связан с очень низкой амплитудой С-волны [12,15,16], которая, судя по данным литературы, даже при электрическом раздражении лишь в 2-5 раз превышала уровень шумов нашего усилителя - Юмкв.

Чтобы решить вопрос об активации С-волокон требовался другой подход. Для отведения от филаментов нерва и отдельных волокон, при которых отводятся потенциалы действия отдельных волокон, необходимо было провести существенную модификацию аппаратуры. Такой возможности мы не имели, поэтому занялись поисками других приемов оценки активации С-волокон и обратили внимание на подробно изученный. С-рефлекс [19,20]. Этот рефлекс проявляется в том, что при достаточно сильной стимуляции дистальной части задней лапы в суммарном ответе двуглавой мышцы бедра обнаруживается двухкомпонентная реакция. Ее первая сравнительно короткая часть связана с активацией волокон Аб, тогда как позже развивающийся и более длительный компонент, требующий большей силы раздражения, связан с активацией С-волокон.

На двух животных мы воспроизвели методику регистрации С-рефлекса, отводя суммарный потенциал мышцы с помощью игольчатых электродов. При этом, несмотря на использование различной силы СКЭНАР-раздражения, вплоть до максимальной, мы обнаруживали лишь начальный компонент ответа, связанный с активацией Аб-волокон. Второй компонент, связанный с активацией С-волокон не выявлялся. Пример на рис.8.

Таким образом, результаты исследования С-рефлекса также не свидетельствовали в пользу активации С-волокон при одиночных СКЭНАР-стимулах.

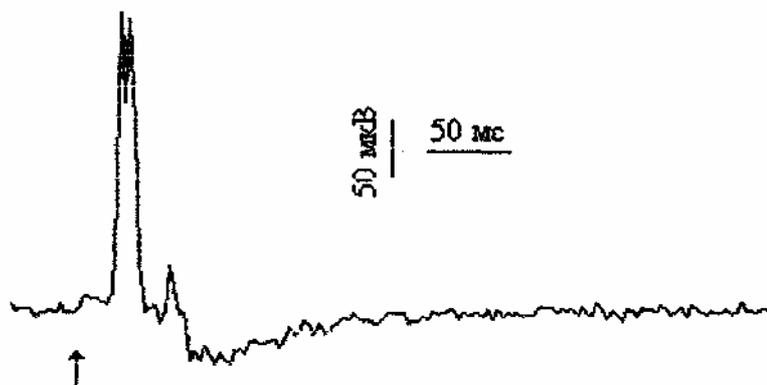


Рис.8. А-5 компонент суммарного ответа двуглавой мышцы бедра, регистрируемый при СКЭНАР-стимуляции подошвы и пальцев задней лапы. Стрелка - момент раздражения.

Анализируя литературу, мы обнаружили, что активации С-волокон соответствуют поздние и сверхпоздние компоненты вызванных потенциалы в соматосенсорной коре - и у животных [21], и у человека [22]. В наших отведениях вызванных потенциалов при стимуляции плеча мы наблюдали позднее позитивное колебание с пиковым латентным периодом около 220 мс (см. рис. 1); при стимуляции подошвы лап - и передней, и задней в ВП также обнаруживалось позднее поверхностно позитивное колебание с пиковой латенцией около 250 мс (рис.7). Все же такие колебания потенциала имели недостаточно большую латенцию, чтобы связать его с активацией С-волокон, так как у крысы — более мелкого животного - активации С-волокон соответствовала позитивная волна с пиковым латентным

периодом около 320 мс. Отсюда можно заключить, что в нашем случае поздний компонент ответа скорее мог отражать активацию волокон Аβ.

Таким образом, полученные нами результаты свидетельствуют, что одиночные СКЭНАР-раздражения кожи животных активируют как быстропроводящие волокна группы А, так и медленно-проводящие миелинезированные волокна группы А δ . Представление об активации С-волокон в проведенных исследованиях подтверждения не получило. Это еще не означает, что они не активируются при СКЭНАР-стимуляции. Для окончательного прояснения этого вопроса необходимо дополнительное исследование - путем отведения активности от отдельных волокон нерва. Это отдельная и весьма трудоемкая задача.

Возможно, что стимуляция СКЭНАРом кожи человека более эффективна для активации С-волокон. Имеющиеся в литературе данные [22] позволяют надеяться на прямую проверку этого предположения по результатам отведения сверхпоздних, с латентным периодом более секунды, вызванных потенциалов от вертекса.

Еще один вопрос - эффективность пролонгированной СКЭНАР-стимуляции для активации С-волокон. Не исключено, что пролонгированная стимуляция окажется более эффективной - это вопрос эксперимента. Но в свете известной [12,13] теории ворот, по которой активация С-афферентов должна облегчать проведение по афферентным путям к центральным структурам мозга, и факта синхронизации активности коры мозга под действием пролонгированной стимуляции, предполагающей ограничение афферентного притока, вряд ли речь может идти о непрерывной активности С-волокон. Скорее активация С-волокон может играть роль в модуляции афферентного притока. Заметим, что ту же роль в обеспечении «воротного» контроля, что и С-волокна, могут играть волокна А5 [13], а свидетельства их активации при СКЭНАР-стимуляции нами получены.

2. Исследование ЭЭГ человека при СКЭНАР-воздействиях

Работы проводились на базе медицинского СКЭНАР-центра (г. Таганрог) совместно с его сотрудниками Ю.А. Скляровым, Е.С. Понамаревой, Е.Л. Чертищевой и представителем ОКБ «РИТМ» А.Я. Черчаго.

Отведения ЭЭГ в положении сидя осуществлялось с помощью аппарата «ЭНЦЕФАЛАН 131-03» (частота квантования - 250 Гц) врачами Е.С. Понамаревой и Е.Л. Чертищевой. 16 отводящих электродов располагались по международной схеме «10-20». Полученные записи мы обрабатывали с помощью программ, предоставленных фирмой «Медиком» (г. Таганрог).

В экспериментах участвовало 5 добровольцев - мужчин в возрасте от 21 до 56 лет без жалоб на состояние здоровья. Испытания производились для каждого человека повторно с большим интервалом (исключающим последствие от предыдущей процедуры) для разных зон приложения СКЭНАР: тенар, крестцовая зона, зона «3 дорожки» - вдоль позвоночника, а также волосистая часть лба. Четыре человека участвовали во всех испытаниях, один - лишь в двух, один человек дважды подвергнулся воздействию с зоны «3 дорожки», но в разных режимах стимуляции.

Нас интересовала динамика и усредненные показатели изменений ЭЭГ, связанных со СКЭНАР-воздействием. Соответственно этому была построена процедура проведения опыта. По предложению Е.С. Понамаревой динамику СКЭНАР-воздействия во избежание помех, связанных с миганием, мы отслеживали при закрытых глазах. При этом сопоставляли 30с участки записи - сразу вслед за фоновой 30с записью и далее, с интервалом 2,5мин., во время непрерывного СКЭНАР-воздействия (частота 59,3 Гц) на протяжении последующих 10 мин. Затем еще 10 мин отслеживали результаты СКЭНАР-воздействия при открытых глазах - также на 30с участках записи с 2,5мин. интервалом.

После этого воздействие прекращалось, и по 30с отрезкам записи с интервалом 2,5 мин. отслеживали последствие - при открытых и закрытых глазах (по 10 мин.). Чтобы получить представление об изменениях усредненных результатах СКЭНАР-воздействия, за полчаса до

испытаний в течение 20 мин. осуществляли фоновые записи с открытыми и закрытыми глазами - также по 30с с 2,5 мин. интервалом.

В последней серии экспериментов - со стимуляцией лба, мы отказались от описанной выше схемы из-за субъективно неприятных ощущений при длительном пребывании под шлемом с электродами и из экономии времени. При исследовании воздействия СКЭНАРа с зоны лба мы проводили два более коротких последовательных испытания с коротким перерывом - первое - при закрытых глазах, второе - при открытых. Записывали 30с участок фона при закрытых глазах, затем 30с - сразу после начала СКЭНАР-воздействия, и далее 30с записи с интервалом 2.5 мин. - во время продолжающегося СКЭНАР-воздействия. Затем осуществляли 3 записи на фоне последействия. После 15мин. отдыха от шлема записывали 30с отставленного последействия с закрытыми глазами. Давали команду «глаза открыть» и через 2.5 мин. проводили эксперимент с открытыми глазами, по той же схеме, что и с закрытыми, осуществляя 30-и секундные записи с интервалом 2,5 мин. При описанной процедуре мы могли продолжить набор материалов по динамике СКЭНАР воздействия и оценить отставленное последействие. Последнее оказалось существенным, так как А.Я. Черчаго и Е.С. Понамарева, проведя оценку действия СКЭНАР на человека по реограмме, выяснили, что в отличие от чрезкожной электронной стимуляции при стимуляции СКЭНАРОм возникающие изменения кровообращения мозга сохраняются и в отставленном последействии.

Записи ЭЭГ мы фильтровали (пределы фильтрации 1- 35 Гц) и анализировали с помощью спектрального анализа по шести стандартным диапазонам. Для оценки реакции на СКЭНАР-воздействие анализировали записи визуально, а затем сопоставляли фоновые спектрограммы абсолютной мощности, топограммы распределения спектральной мощности и табличные значения абсолютной мощности - для фона, во время действия СКЭНАР и в последействии.

Кроме ЭЭГ мы по записям ЭОГ отслеживали изменения движения глаз в связи со СКЭНАР воздействием - прежде всего вертикальных, которые как известно [12] управляются из мезенцефальной ретикулярной формации и могут быть косвенным указателем ее тонуса.

1. Общая характеристика фоновой активности испытуемых.

Четыре испытуемых имели при закрытых глазах хорошо выраженную альфа активность, которая преобладала в затылочной части головы. При открывании глаз она резко ослабевала. Дельта-активность у этих испытуемых была практически равной как в передних, так и в окципитальных областях головы. Мощность тета- и бета- ритмов характеризовалась у них низкими значениями. Один испытуемый характеризовался низкой мощностью альфа-ритма и высокой - дельта-ритма, резко преобладавшего в лобных отведениях. Также у этого испытуемого наблюдался отчетливый бета ритм.

2. Реакция ЭЭГ человека на СКЭНАР воздействие и характеристики последействия.

Чтобы оценить основной эффект СКЭНАР-воздействия, рассмотрим сначала общую картину изменений ЭЭГ на фоне раздражения, без учета зоны приложения СКЭНАР и особенностей индивидуальных реакций испытуемых.

Реакция на СКЭНАР-воздействие проявлялась сразу же после начала стимуляции - на первых 30с записи во всех 19 исследованных случаях.

Наиболее заметны были изменения альфа-ритма, сопровождавшиеся появлением более выраженных генерализованных альфа-веретен (рис.9. А, Б).

При анализе начальной реакции изменения альфа ритма в первые 30с наблюдали в 16 случаях из 19. При этом в 14 случаях наблюдали рост усредненной абсолютной мощности альфа-ритма, и лишь в двух ее ослабление. В трех случаях изменения альфа-активности проявились спустя три минуты - на втором 30с участке записи: в двух из них отмечено увеличение мощности и в одном - уменьшение.

Таким образом, начальная реакция на СКЭНАР-воздействие характеризовалась

закономерным ростом ($p < 0,01$, критерий знаков) мощности альфа-ритма.

Топография участков коры с повышенной мощностью альфа-ритма в начальный момент времени в основном повторяла топографию фонового распределения (рис. 10 А, Б). Какого либо фокуса активности, который можно было бы связать с проекцией места раздражения, не обнаруживалось.

Другой компонент ЭЭГ, изменения которого проявлялись уже в первые 30с действия СКЭНАР - это дельта-ритм. Его изменения наблюдались в меньшем числе случаев - 14 из 19. В 7 случаях это был рост мощности дельта ритма и в 7 - ее уменьшение. То есть в целом при начальном СКЭНАР воздействии не наблюдалось закономерных изменений мощности дельта-ритма.

При этом в 4-х случаях рост дельта-активности сопровождал прирост альфа-активности, в одном - происходил без изменения альфа-ритма, и еще в 2-х -сопровождился падением мощности альфа-ритма. Уменьшение мощности дельта-ритма чаще (5 случаев из 7) происходило при росте мощности альфа-ритма, а в 2-х случаях оно имело место без изменения мощности альфа-ритма.

Таким образом, разнонаправленное изменение мощности альфа и дельта-ритмов происходило чаще, чем однонаправленное.

Топография участков с различной мощностью дельта-ритма также не выявила фокуса максимальной активности, который можно было бы связать с зоной проекции места приложения СКЭНАР.

Из приведенных результатов можно заключить, что закономерно преобладающим эффектом начальной реакции на СКЭНАР-воздействие является усиление мощности альфа-ритма.

Дальнейшее развитие реакции на СКЭНАР-воздействие могло протекать по-разному. В большинстве случаев начальный прирост мощности альфа-ритма сохраняется и далее, во многих случаях - до конца СКЭНАР-воздействия. Иногда это может происходить с паузами. Но в ряде случаев увеличение мощности альфа-ритма сопровождается ее уменьшением. В 3-х случаях начальное усиление альфа-ритма сразу же, уже в первые три минуты действия СКЭНАР, сопровождалось ослаблением альфа-активности. Отметим, однако, и случай, когда начальное ослабление альфа-активности сопровождалось ее временным усилением.

В целом же оказалось, что на фоне СКЭНАР-воздействия факт увеличения мощности альфа-ритма так или иначе проявляется в 17 случаях из 19 ($p < 0,01$, критерий знаков). Кроме того, в целом сумма случаев усиления альфа-ритма по результатам отдельных 30с записей оказывается примерно в два раза больше, чем сумма случаев ослабления альфа-ритма.

То есть, усиление, синхронизация альфа-ритма при СКЭНАР-воздействии оказывается не только его основным начальным, но и преобладающим эффектом.

Вместе с тем необходимо отметить, что в двух случаях у двух испытуемых при действии СКЭНАР с двух разных зон наблюдалось только ослабление, десинхронизация альфа-ритма. При этом у тех же испытуемых, у которых были выявлены отмеченные случаи десинхронизирующего действия СКЭНАР, при воздействии с других зон обнаруживалось отчетливое усиление альфа-ритма - его синхронизация. Это ясное свидетельство того, что действие СКЭНАР может зависеть от зоны его приложения. Менее яркие различия действия СКЭНАР в зависимости от зоны его приложения для одного и того же испытуемого можно было усмотреть и в других случаях. Однако, по-видимому, необходимо дальнейшее накопление материала, чтобы обнаружить закономерность в особенностях действия СКЭНАР в зависимости от места его приложения.

Прослеживание динамики изменения мощности альфа-ритма под действием СКЭНАР выявляет также ее индивидуальные особенности - у разных испытуемых воздействия с одной и той же зоны могли приводить к разным эффектам. Индивидуальные особенности обнаруживались и в топографии распределения изменений альфа-ритма. Так у испытуемого Ю.А. в одном из случаев наблюдалось увеличение мощности альфа-ритма преимущественно с левой стороны головы. У испытуемых А.Я. и М.М. наблюдалось генерализованное

увеличение мощности альфа-ритма как во фронтальных, так и окципитальных отделах головы, но наибольший прирост обнаруживался в затылочной и париетальной зоне.

Общей же тенденцией при пролонгированном действии СКЭНАР-стимуляции было расширение зоны синхронизированного альфа-ритма, генерализация, сравнительно с той, что наблюдалась в фоне. При этом прослеживалось преобладание альфа-ритма в затылочных и париетальных зонах головы (рис. 11). -

Каких-либо отчетливых, закономерных, особенностей действия СКЭНАР, в зависимости от места приложения, общих для разных испытуемых, при имеющемся пока объеме испытаний не обнаруживается. Возможно, они выявятся при дальнейших исследованиях.

Прослеживание действия СКЭНАР на динамику дельта-ритма - показало в основном его десинхронизацию. При этом в трех случаях у двух испытуемых обнаружилось усиление дельта-ритма, сопутствующее усилению альфа-ритма. В одном случае усиление дельта-ритма сопровождалось ослаблением альфа-ритма. Наблюдались случаи, когда при усилении дельта-ритма происходило без изменений альфа-ритма. Закономерностей - в зависимости от зоны действия СКЭНАР и индивидуальных особенностей - в изменениях дельта ритма пока выявить не удалось.

В немногих случаях, когда в фоновой активности присутствовал выраженный бета-ритм, при действии СКЭНАР наблюдалась его депрессия.

Сопоставление рассчитанных по таблицам усредненных характеристик абсолютной мощности для фона и во время действия СКЭНАР-стимуляции в целом, показало ту же тенденцию, что и анализ динамики изменений. А именно. При закрытых глазах в большинстве случаев - 13 из 17 ($p < 0,05$, критерий знаков) - под действием СКЭНАР наблюдалось усиление мощности альфа-ритма. В двух случаях изменений не обнаружилось. Прирост мощности составлял в среднем около 35%.

Анализ изменений дельта-ритма по усредненным значениям мощности показал, как и при прослеживании динамики, что в большинстве случаев имеет место его уменьшение - 10 случаев, против 6-и случаев, когда имело место усиление мощности.

При исследовании последействия оказалось, что в большинстве случаев - 14 из 18 ($p < 0,05$, критерий знаков) наблюдался прирост мощности альфа-ритма сравнительно с ' фоновым, в среднем - около 40%. В 4-х случаях в последействии наблюдалась десинхронизация альфа-ритма.

При этом оказалось, что хотя, как правило, в последействии сохранялся эффект, достигнутый при действии СКЭНАР, в двух случаях после десинхронизирующего действия СКЭНАР на альфа-ритм в последействии обнаруживался рост мощности альфа-ритма, его синхронизация, проявляющаяся как «отдача».

Таким образом, можно заключить, что и в последействии основным эффектом СКЭНАР-стимуляции на альфа-ритм оказывается усиление его мощности, синхронизация.

Изменения мощности дельта-ритма в последействии сохраняли те же черты, что и под действием СКЭНАР. Его уменьшение наблюдалось в 11 случаях, в 6-ти - наблюдалось усиление мощности.

Действие СКЭНАР при открытых глазах по динамике оценивалось пока лишь в 4-х случаях, и в общем было сходно с тем при закрытых глазах в трех случаях. В одном случае, когда при закрытых глазах усиливалась мощность и альфа, и дельта ритма, при открытых глазах усиливалась мощность лишь дельта ритма. При выраженном бета-ритме, отмечалась его депрессия.

По усредненным показателям мощности усиление, синхронизация альфа-ритма при открытых глазах, происходило чаще - в 12 случаях из 17, в которых изменения мощности были выявлены ($p < 0,05$, критерий знаков). Прирост мощности альфа-ритма в среднем сравнительно с фоновыми показателями составил 29%. При этом направленность изменений мощности альфа-ритма при открытых и закрытых глазах под действием СКЭНАР-стимуляции в большинстве случаев сохранялась - 13 из 17 случаев, когда эти изменения

выявлялись ($p < 0,05$, критерий знаков). Сходной была и топография распределения альфа-активности (рис.12). Отметим существенно меньшие абсолютные значения показателей мощности альфа-ритма при открытых глазах.

Таким образом, можно заключить, что и при открытых глазах действие СКЭНАР стимуляции в большинстве случаев приводит к закономерному росту мощности, синхронизации альфа-ритма, но этот эффект выражен слабее, чем при закрытых глазах.

Последствие при открытых глазах наблюдалось в 17 случаях из 19 ($p < 0,01$, критерий знаков). При этом в 11 случаях отмечена синхронизация - повышение спектральной мощности альфа-ритма, в среднем на 22%, и в 6 случаях - его снижение. То есть, как и при закрытых глазах, при открытых глазах в последствии чаще наблюдался эффект синхронизации альфа-ритма (рис. 13), но выражен он был слабее.

Изменения дельта-ритма под действием СКЭНАР при открытых глазах также были сходны с теми при закрытых: 6 случаев повышения мощности дельта-ритма, 10 случаев - понижения. Преобладающий эффект - ослабление дельта-ритма. В последствии соотношение случаев роста и ослабления мощности дельта-ритма осталось без изменения. Итак, основной закономерностью действия СКЭНАР на ЭЭГ человека, которая обнаруживается уже в первые 30с, является сохраняющаяся и в последствии синхронизация альфа-ритма, иногда сопровождаемая синхронизацией дельта-ритма, но чаще - его десинхронизацией. Эта закономерность более отчетливо проявляется при закрытых глазах.

Анализ усредненных характеристик мощности альфа-ритма выявил также тенденцию к выравниванию под действием СКЭНАР-стимуляции доминирующих частот альфа-ритма для разных отведений (Пример на Табл.1.). У разных испытуемых доминирующие частоты могли не совпадать, были индивидуальны.

Табл.1.

Выравнивание значений доминирующих частот (ЗДЧ) в альфа диапазоне у испытуемого Д.С. под действием СКЭНАРа. 1 - ЗДЧ в фоне; 2 - ЗДЧ при СКЭНАР-стимуляции.

Имя	1	2
O2-A2	9.28	9.52
O1-A1	9.28	9.52
P4-A2	9.28	9.52
P3-A1	9.77	9.52
C4-A2	9.77	9.52
C3-A1	9.52	9.52
F4-A2	9.52	9.52
F3-A1	9.52	9.52
Fp2-A2	9.28	9.52
Fp1-A1	9.28	9.52
T6-A2	9.28	9.28
T5-A1	9.28	9.28
T4-A2	9.77	9.52
T3-A1	9.52	9.52
F8-A2	9.52	9.52
F7-A1	9.52	9.28

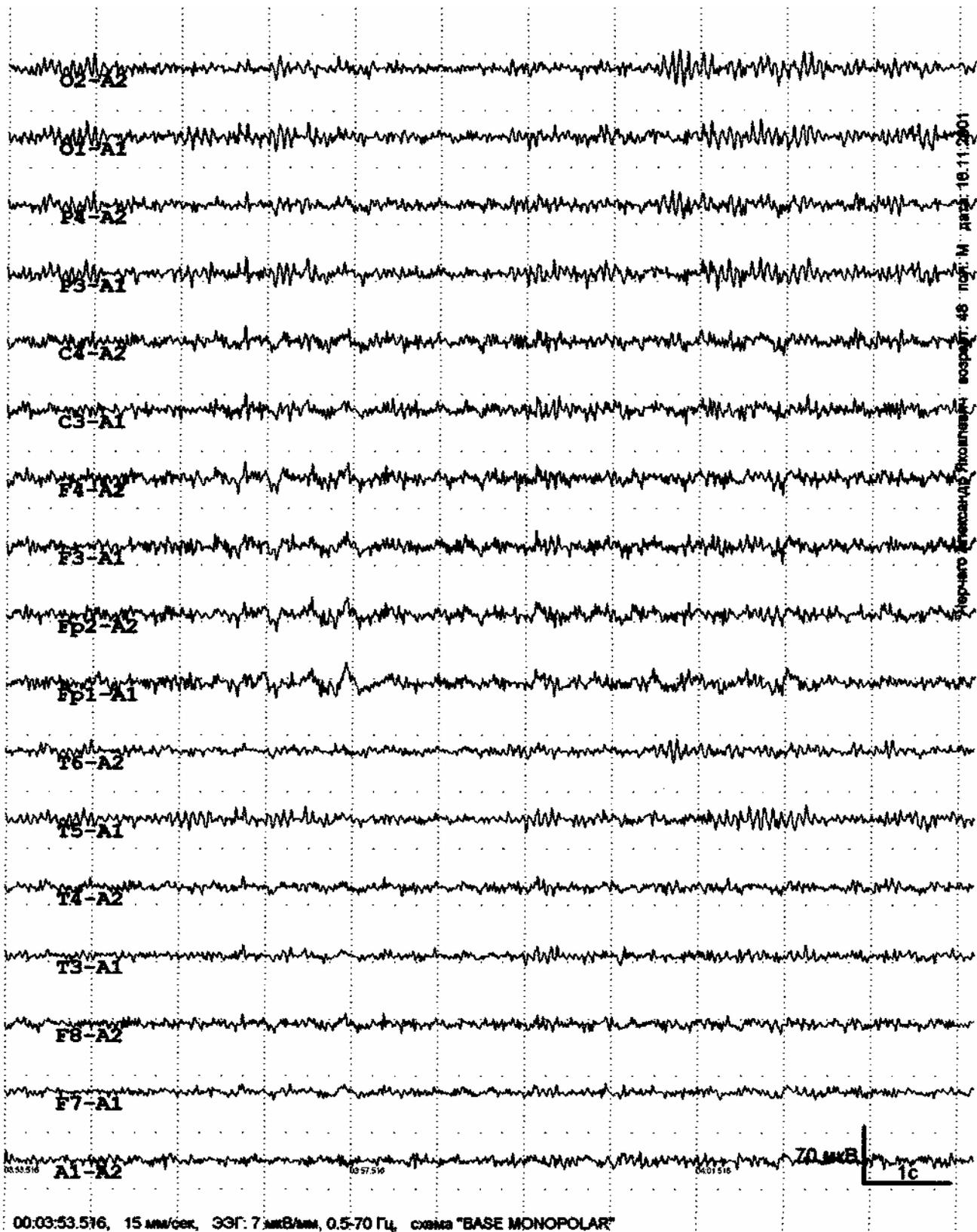
Анализ движения глаз по показателям ЭОГ показал, что, как правило, СКЭНАР-стимуляция угнетает вертикальную подвижность глаз. Это сохраняется и в последствии. Количественные оценки для сопоставления подвижности глаз мы получили путем спектрального анализа. Сравнительно с фоновыми показателями вертикальная подвижность глаз уменьшалась при действии СКЭНАР в среднем на 19% при закрытых глазах и оставалась без изменений при открытых глазах. В последствии подвижность глаз сравнительно с фоновой еще больше уменьшалась: на 35% - при закрытых глазах, и на 21% - при открытых. Это могло указывать на снижение тонуса ретикулярной формации под действием СКЭНАР-стимуляции, которое углублялось в последствии.

Вышеизложенное не оставляет сомнений в наличии выраженного центрального эффекта действия СКЭНАР на мозг человека.

Соответственно, это должно было сопровождаться и, как установлено А.Я. Черчаго и Е.С. Понамаревой, - действительно сопровождается изменениями мозгового кровообращения. Здесь обнаружилось примечательное отличие СКЭНАР-стимуляции от действия ЧЕНС (чрезкожной электронейростимуляции): изменение кровообращения при ЧЕНС сразу же возвращалось к исходному уровню, тогда как при действии СКЭНАР - изменения

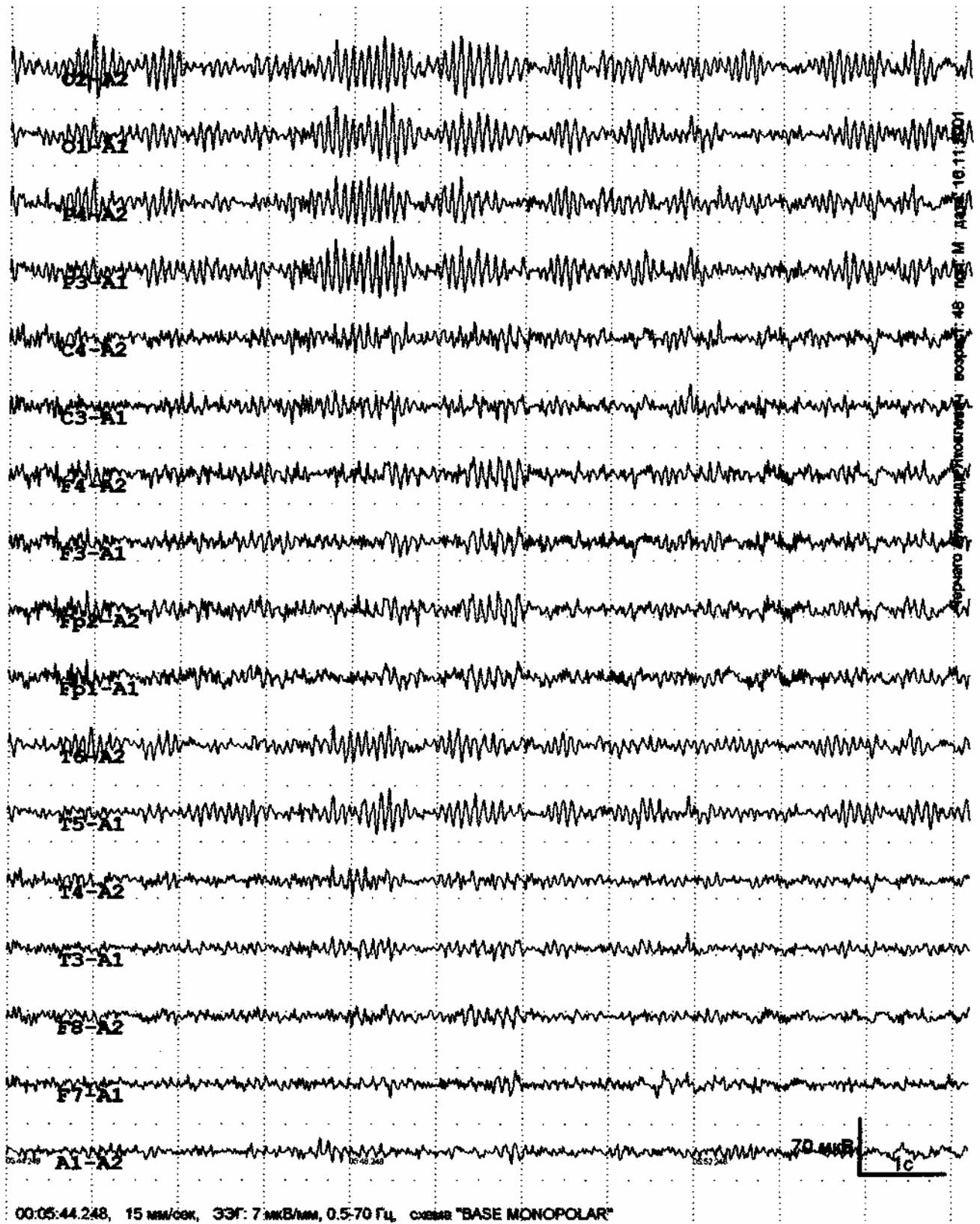
сохранялись и длительное время спустя. Мы имели возможность проанализировать последствие по записям, сделанным спустя около 20 мин. после прекращения действия СКЭНАР в положении «глаза закрытых»). Оказалось, что оно выявлялось в 17 случаях из 19 - практически каждый раз. При этом по большей части ($p < 0,05$) обнаруживалась синхронизация альфа-ритма - 12 случаев, а в 5 случаях - его десинхронизация. Изменение альфа-ритма сопровождалось в 13 случаях понижением мощности дельта-ритма, а в двух -ее увеличением,

Таким образом, и в отставленном последствии сохранялись основные эффекты действия СКЭНАР-стимуляции - усиление, синхронизация альфа-ритма при более частом ослаблении дельта-ритма



первое отделение Ритмический, возраст: 48 лет, М. дата: 16.11.2001

Рис.9 А - Типичный отрезок фоновой ЭЭГ исп. А.Я.



страница №1

Рис.9 Б - Генерализованное усиление альфа-ритма при СКЭНАР-стимуляции у исп. А.Я.

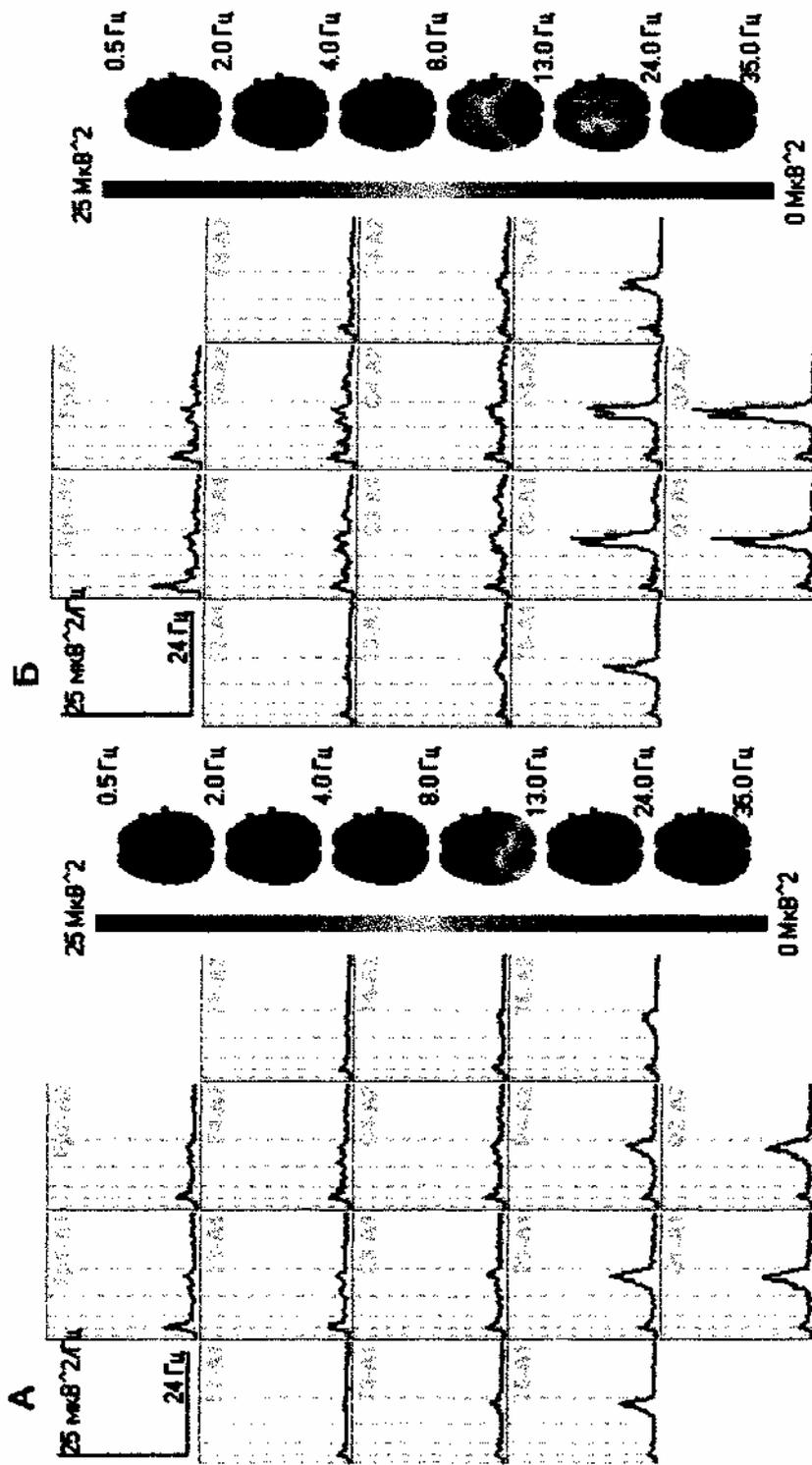


Рис. 10. Примеры спектров мощности и топограмм исп. А.Я. в исходном состоянии (А) и при начальном СКЭНАР-воздействии (Б).

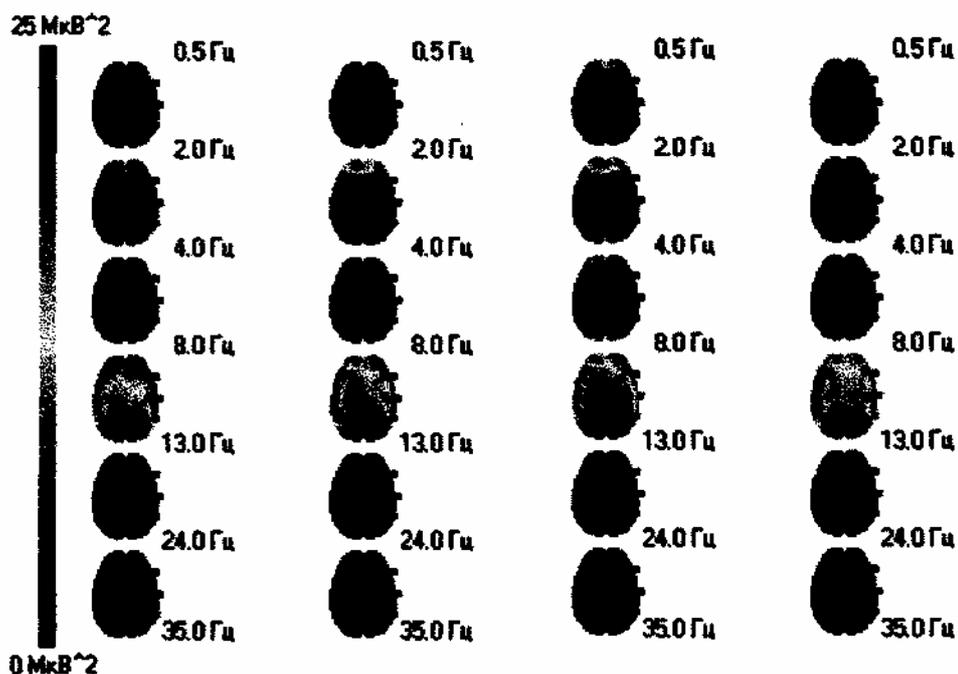


Рис 11. Примеры топограмм мощности ритмов ЭЭГ в диапазоне 0.5- 35 Гц при пролонгированном СКЭНАР-воздействии исп. Д.С. I - фоновое состояние, II-IV - в ряду последовательных записей во время СКЭНАР-стимуляции.

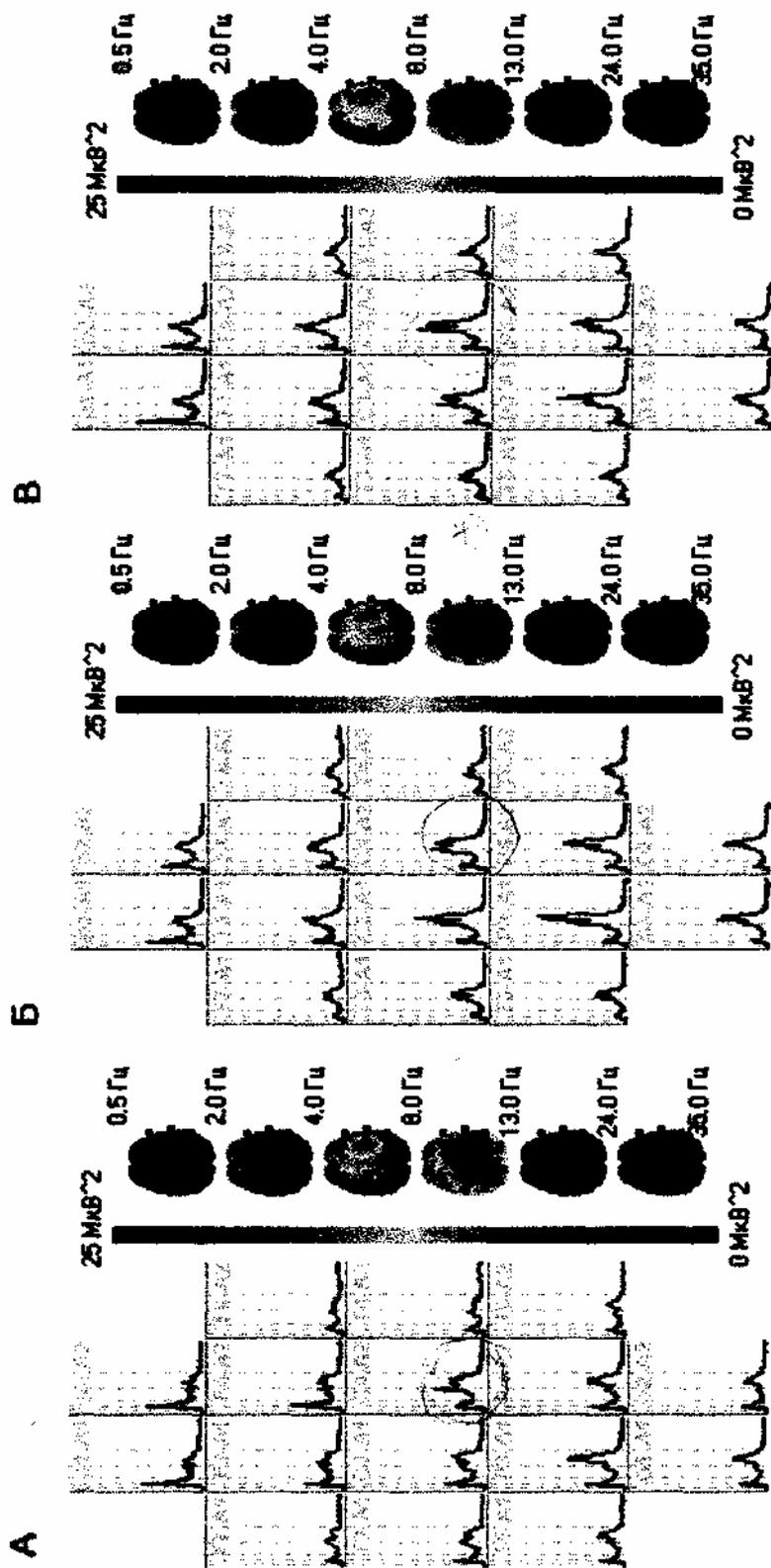


Рис.13 Примеры спектров мощности и топограмм исп. М.М. А – в исходном состоянии, Б – при стимуляции, В – в последствии.

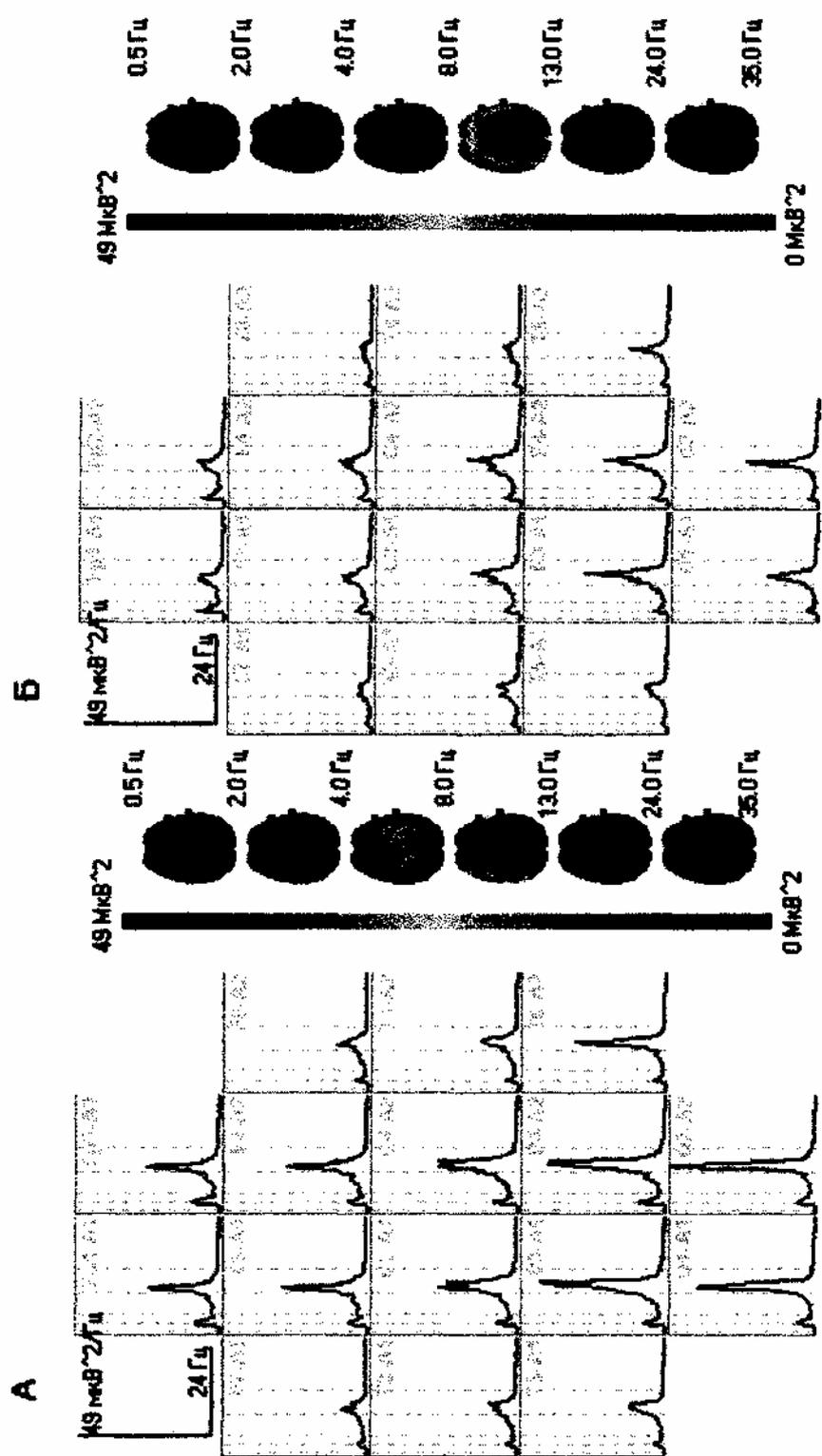


Рис. 12. Примеры спектров мощности и топограмм исп. М.М. при СКЭНАР-стимуляции.

А – глаза закрыты, Б – глаза открыты.

Общее обсуждение полученных результатов, перспективы исследований и рекомендации по оптимизации проведения СКЭНАР-стимуляции

В опытах на животных, проведенных на первом этапе исследований, мы показали [1,5], что центральным эффектом пролонгированной СКЭНАР-стимуляции является генерализованная синхронизация альфаподобных колебаний, лучше выраженная в затылочных областях коры, что может отражать активность переднего, парасимпатического гипоталамуса. Мы предположили, что такая же картина будет при действии СКЭНАР наблюдаться и у человека, и попытались связать ее с механизмом лечебного действия СКЭНАР [1,5,6].

Результаты работ второго этапа подтвердили наши предположения в том, что и у человека основным начальным и преобладающим эффектом пролонгированной СКЭНАР-стимуляции является генерализованная синхронизация альфа-ритма, лучше выраженная в затылочных областях. Последнее, по аналогии с данными для животных, также можно связать с активностью парасимпатических отделов гипоталамуса.

Первый вопрос, который требует обсуждения - как при пролонгированном СКЭНАР-воздействии складывается состояние генерализованной синхронизации альфа-активности, если одиночные стимулы вызывают коротколатентные первичные ответы, не сопровождающиеся ритмическими послеразрядами. Второй - почему в отличие от одиночной при пролонгированной ритмической СКЭНАР-стимуляции не удается выявить закономерно доминирующего очага активности в зоне проекции раздражителя. Наконец третий вопрос - какое отношение к оздоровительному механизму действия СКЭНАР может иметь наблюдаемая картина генерализованной синхронизации альфа-активности коры мозга.

Возникновение фокусов первичных ответов, как известно, связано с активацией быстропроводящих волокон лемнисковой системы, в основном А₃, следующих без перерыва к переключательным ядрам таламуса, от которых сигналы поступают к коре мозга [12,13]. Отсутствие фокусов активности в зонах проекции раздражителя при пролонгированной стимуляции означает, что это проведение блокируется (во всяком случае - по большей части). Одну из причин этого можно усмотреть в механизме возвратного торможения, активирующегося при высокочастотном непрерывном разряде афферентных волокон в связи с пролонгированной стимуляцией. Этот механизм действует и на уровне таламуса, и на уровне коры мозга [12,23]. Другая причина может лежать в угнетении активирующей ретикулярной формации мозга (РФ). В своем недавнем обзоре М. Стериате, один из крупнейших авторитетов в вопросах происхождения синхронизированной активности мозга отмечал [24], что синхронизация начинается с угнетения активирующих структур РФ и генерализуется при синхронизации активности отдельных локусов таламокортикальных взаимодействий. В опытах на животных о снижении уровня активирующего действия РФ при СКЭНАР-стимуляции свидетельствует появление в ней веретенообразной активности. Косвенным свидетельством угнетения активирующей РФ у человека является отмеченный нами факт уменьшения вертикальной подвижности глаз, поскольку в ней располагаются центры, управляющие такими движениями f 121. Одним из факторов синхронизации активности таламокортикальных и кортикоталамических локусов взаимодействия может служить активация входов с широкими рецептивными полями. Свидетельства большей активации таких волокон мы привели при сравнении амплитуд первичных ответов в зонах S-I, S-II. Существенно, что кроме быстрых лемнисковых входов СКЭНАР активирует и входы экстралемнисковой системы. На это указывает наличие вызванных потенциалов в РФ; наличие вторичных ответов на одиночную СКЭНАР-стимуляцию, с иной топографией, чем для первичных ответов; свидетельства активации медленных А₈ волокон. Согласно теории ворот [12,13] на уровне спинного мозга коллатерали быстрых волокон лемнисковой системы тормозят активность в

экстралемнисковых путях, включая С- и А5-волокна. Последнее может быть, как и в случае с акупунктурой [25], одним из факторов обезболивания при СКЭНАР-терапии.

Отмеченное торможение экстраалемнисковых путей, которые, как известно [12,13,25], прямо или косвенно связаны с РФ, при пролонгированной СКЭНАР-стимуляции должно иметь следствием угнетение активирующей РФ. Это в свою очередь, как показал М. Стериате [24], угнетает активность передаточных таламокортикальных клеток и одновременно растормаживает тормозящие их нейроны, В результате ограничивается приток сигналов, поступающих в кору мозга извне не только по соматическим, но и другим внешним входам. Такое общее ослабление притока внешних сигналов к коре облегчает синхронизацию ее активности. При этом, как показано М. Стериате [24], кора мозга продолжает обмениваться с другими структурами мозга внутренними сигналами. Ослабление притока внешних сигналов в свою очередь ведет к ослаблению кортико-ретикулярных сигналов, рассматриваемых как важнейший фактор поддержания деятельности активирующих структур РФ [26], что еще больше угнетает эти структуры. Судя по характеру последствия пролонгированной СКЭНАР-стимуляции, такое состояние может, ослабевая и усиливаясь, длиться достаточно долго.

Еще одним фактором синхронизации альфа-ритма как это известно [27] является усиление деятельности неспецифических, синхронизирующих ядер таламуса, реципрочно связанных с активирующей РФ.

Механизм возникновения генерализованного гиперсинхронного альфа-ритма у людей изучался на модели первой фазы инсулиновой гипогликемии [27]. Было показано, что гиперсинхронизация определяется угнетением активирующей РФ и усилением деятельности неспецифических ядер таламуса - в согласии с обсуждавшимся выше действием СКЭНАР. Было показано, также, что гиперсинхронизация альфа-ритма определяется угнетением заднего гипоталамуса при росте активности переднего гипоталамуса и усилении парасимпатических влияний в вегетативной сфере. - Это тоже в согласии с нашими данными [1,5] и заключениями для синхронизирующего действия СКЭНАР. Относительно внешних проявлений отмечено падение уровня бодрствования, сонливость. То же наблюдали и мы при действии СКЭНАР-стимуляции, сопровождающейся генерализованной синхронизацией альфа-ритма.

Итак, можно заключить, что генерализованная синхронизация альфа-ритма, вызываемая пролонгированной СКЭНАР-стимуляцией отражает ограничение притока внешних сигналов к коре мозга при сохранении возможности обмена коры внутренними сигналами с другими структурами мозга [24], и характеризуется активацией парасимпатического гипоталамуса.

Синхронизации альфа-ритма при СКЭНАР-стимуляции может сопутствовать синхронизация дельта-ритма. При этом можно ожидать еще большего отключения коры от внешних сигналов [27,28]. Однако значительно чаще под действием СКЭНАР стимуляции дельта-ритм ослабевает, особенно в последствии. Хотя механизмы возникновения альфа- и дельта-ритма различаются [24,29], эти механизмы при корково-таламо-кортикальных взаимодействиях имеют общее звено - тормозные клетки ретикулярного ядра таламуса. Этим видимо объясняется возможность как однонаправленных, так и противоположно направленных изменений альфа и дельта-ритма.

Какое отношение вышесказанное имеет к механизму оздоровительного действия СКЭНАР? Известно [16], что висцеральные и внешние сигналы, поступающие к коре, конкурируют. Соответственно ослабление внешних сигналов может освободить пути для висцеральных входов. Действительно было показано, что стимуляция внутренних органов не вызывает ответов коры в бодром состоянии, характеризующемся десинхронизированной активностью, но они появляются при синхронизированной активности мозга во сне [30,31]. Мы полагаем, что при СКЭНАР-стимуляции во время генерализованной синхронизации, сопровождаемой ослаблением притока внешних сигналов к коре, она становится более доступной для поступления сигналов от внутренних органов. Это позволяет выработку в

коре ответных, корректирующих сигналов к гипоталамусу и исполнительным частям вегетативной нервной системы. Такая центральная регуляция обеспечивает эффективный режим самовосстановления организма.

Проверка высказанного предположения может дать решающий шаг для представления о роли центральных механизмов в оздоровительном действии СКЭНАР. В общих чертах проясняется методика проведения опытов на животных, позволяющих выяснить вопрос об облегчении притока висцеральных сигналов к коре мозга при действии СКЭНАР. Видимо это одно из необходимых направлений последующих работ.

В свете изложенного, чем выше уровень генерализованной синхронизации активности коры, тем эффективнее СКЭНАР-процедура. И это представление находит свое косвенное подтверждение в практике СКЭНАР-терапии [32], когда отмечается, что эффективное действие СКЭНАР связано с сонливостью. Полученные результаты показали, что при закрытых глазах действие СКЭНАР приводит к более выраженной синхронизации активности коры. В том же направлении должно действовать и проведение процедур в положении лежа, а не сидя или стоя. Поэтому представляется, что процедуры, осуществляемые при закрытых глазах и условиях максимального расслабления будут более оптимальным режимом СКЭНАР-терапии. Такая рекомендация, как будто, не грешит против принципа «не навреди».

Еще одна рекомендация в свете результатов, полученных уже на первом этапе работ в опытах на животных [1], может заключаться в создании экспериментального образца СКЭНАР, позволяющего короткие - «просечки» в ритмической стимуляции с регулируемой частотой в диапазоне альфа-ритма, чем можно значительно усилить синхронизирующий эффект.

В свете проведенных исследований понятно, что адрес воздействия и получение синхронизирующего эффекта могут быть разделены. Это открывает возможность проверки эффективности применения двух электродного СКЭНАР-воздействия - по рекомендованной зоне воздействия и с другой зоны, - например с черепа, - для получения более сильной синхронизации.

В плане синхронизирующего эффекта СКЭНАР отличается от акупунктуры. Хотя при акупунктуре также отмечается этап синхронизации активности, она возникает лишь как вторая фаза, как «отдача», на начальное десинхронизирующее действие и сравнительно слабо выражена в последствии [33]. При акупунктуре фаза синхронизации активности характеризуется синхронизацией не только альфа, но и бета-ритма, тогда как при СКЭНАР-стимуляции у человека синхронизация альфа-ритма характеризует уже начальный эффект, при этом бета-ритм подавляется. При действии чрезкожной электронейростимуляции (ЧЭНС), как показал А.Я. Черчаго, последствие не выражено. Наоборот, для СКЭНАР характерно длительное хорошо выраженное последствие. Может возникнуть вопрос - не является ли электросон [34] более эффективной оздоровительной процедурой, чем действие СКЭНАР? - На него следует ответить - нет, поскольку СКЭНАР не только создает условия для реакции коры на висцеральные сигналы, что имеет место и во сне, но при правильном выборе зоны воздействия указывает адрес патологических изменений. На представлении о ведущей роли адреса) воздействия, по сути, базируется вся рефлексология.

Чтобы понять роль адреса воздействия, необходимы специальные сопоставительные исследования, проводимые при СКЭНАР-стимуляции индифферентных и рекомендованных при той или иной патологии зон, адрес которых надежно устанавливает аппарат РИСТА. Эффективность действия акупунктуры и некоторых форм электролечения связывают с образованием в коре мозга очагов доминирующего возбуждения [25,34,35]. При действии СКЭНАР на животных и относительно здоровых людей мы не обнаружили достаточных свидетельств образования таких очагов. Этот вопрос, однако, требует дальнейшего изучения - также при сравнении эффектов СКЭНАР-стимуляции с рекомендованных точек воздействия и с относительно индифферентных зон. Такое исследование на животных и на людях, нам представляется совершенно необходимым даже не столько в связи с вопросом о

доминантных очагах, сколько для понимания динамики лечебного СКЭНАР-воздействия и поиска путей его оптимизации.

В заключение остановимся еще на одном моменте. Есть основания [7] ожидать усиления периферического эффекта СКЭНАР при усилении активации С-волокон. С этой целью, учитывая недавние достижения методики стимуляции С-волокон человека [36] можно создать специальный тип щеточного электрода, обеспечивающего углубление заостренных штифтов на 0,3 мм в кожу.

Резюме

Проведен запланированный объем экспериментов (по объему несколько превышен) на животных и испытаний на людях.

В опытах на животных подтверждены прежние данные о том, что основным центральным эффектом пролонгированной СКЭНАР-стимуляции является синхронизация альфаподобной активности мозга, сохраняющаяся и в последствии.

Анализ первичных ответов на одиночные СКЭНАР раздражения подтвердил, что мозг получает информацию о месте приложения, «адресе» СКЭНАР-воздействия.

Показано, что в фокусах проекций зоны стимуляции в областях S-T, S-IT эффект пролонгированной СКЭНАР-стимуляции проявляется в принципе сходно с тем на периферии и состоит в синхронизации альфаподобных колебаний активности. Таким образом, при СКЭНАР стимуляции происходит генерализованное изменение функционального состояния мозга. Образования доминантных очагов в зонах проекции места стимуляции не выявлено.

Проведен анализ состава афферентных волокон, активируемых СКЭНАР-стимуляцией. Получены свидетельства большей активации кожных волокон группы А-Э, среди них - большей активации волокон с широкими рецептивными полями; активации волокон группы А-б. Вопрос об активации волокон С-группы требует дальнейших исследований.

Полученные сведения о составе афферентных волокон, активируемых СКЭНАР позволили дать предположительную интерпретацию эффекту синхронизации активности, наблюдаемому при пролонгированной СКЭНАР-стимуляции.

В исследованиях на человеке показан выраженный центральный эффект воздействия СКЭНАР на ЭЭГ, который проявляется сразу же после начала СКЭНАР-стимуляции. Он, сходно с тем у животных, по преимуществу состоит в генерализованной синхронизации альфа-активности и характеризуется выравниванием доминирующей частоты альфа-ритма в разных областях мозга. У человека усиление, синхронизация альфа-ритма может сопровождаться синхронизацией дельта-ритма, но чаще - его десинхронизацией.

Показано, что эффект действия СКЭНАР сохраняется в последствии, в том числе, и отставленном на 20 мин. Есть основания предполагать еще более длительное последствие.

Показано, что эффект СКЭНАР-стимуляции лучше выражен при закрытых глазах, чем при открытых. С учетом этого и продемонстрированных в предыдущем отчете возможностей усиления синхронизирующего эффекта СКЭНАР-стимуляции даны.

Сходство центральных эффектов СКЭНАР-стимуляции у человека и животных подтверждает, что исследования на них полезны, как модель. Намечены пути дальнейших исследований - на человеке и животных, в том числе, для решающей проверки гипотезы о механизме лечебного действия аппарата СКЭНАР.

Список литературы

1. Исследование (на животных и человеке) механизмов действия СКЭНАР-терапии, поиск оптимальных режимов и местоположения электродов" Отчет о НИР этап 2000- 2001 гг.
2. Гринберг Я.З. Концепция электротерапии. // В сб.: СКЭНАР-терапия, СКЭНАР-экспертиза. Таганрог. 1999, В. 5. С. 6-13.
3. Гринберг Я.З. Пептидный континуум: общность традиционного и ортодоксального лечения//В сб.: СКЭНАР-терапия, СКЭНАР-экспертиза. Таганрог. 2000, В. 6. С.7-13.
4. Чебкасов С.А. Стратегия здоровья. Система опережающего самовосстановления биоструктур. Проблема активации парасимпатической вегетативной системы. Валеология, 2000. К» 1. С. 80.
5. Чебкасов С. А., Берешполова Ю. И. Центральный эффект СКЭНАР-воздействия: самовосстановление организма через активацию переднего гипоталамуса. В сб.: СКЭНАР-терапия, СКЭНАР-экспертиза. Таганрог, 2001, выл 7. с. 54-62.
6. Чебкасов С.А., Берешполова Ю.И. Возможное функциональное значение генерализованной синхронизованной активности. Тез. конф. «Организация и пластичность коры больших полушарий головного мозга». Москва, 2001. с 99.
7. Гринберг Я.З. Эффективность СКЭНАР-терапии. Физиологические аспекты. // В сб.:СКЭНАР-терапия, СКЭНАР-экспертиза. Таганрог. 1998 Вып. 4. С. 8.
8. Zeigler HLP. Cortical sensory and motor areas of the guinea pig. // Arch. Ital, BioL, 1964. V.162,fasc. 4.P. 587.
9. Tindal J.S. The fbrebrain of the guinea pig in stereotaxic coordinates. // 1 Contr. Neurol., 1965. V. 124. N2. P. 259.
10. .Коган А.Б. Электрофизиология. М: Высшая школа, 1969,368 с.
11. Общая и частная физиология нервной системы. Руководство по физиологии. - Л.:Наука, 1969. 555 с.
12. Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessel T.M. Principles of neuronal science. Third edition. - Norwalk: Appleton and Lange, 1991,1135 p.
13. Сомьен Д. Кодирование сенсорной информации в нервной системе млекопитающих. - М.:Мир, 1975,415с.
14. Маунткасл В. Некоторые функциональные свойства соматической афферентной системы.// Теория связи в сенсорных системах. - М.: Мир. 1964. С. 185-213
15. Бреже М. Электрическая активность нервной системы. - М.: Мир, 1979,263 с.
16. Костюк П.Г., Преображенский Н.Н. Механизмы интеграции висцеральных и соматических афферентных сигналов. - Л.: Наука, 1975. 223 с.
17. Коган А.Б., Щитов С.Й. Техника физиологического эксперимента. - М.: Высшая школа, 1967,795 с.
18. Yoshida K., Jovanovic K., Stein R.B. Intrafascicular electrodes for stimulation and recording from mudpuppy spinal roots. J. Neurosci. Met. 2000, N. 96, pp. 47-55.
19. Falinower S., Wilier J.C., Junin J.L., LeBars D. A Ofiber reflex modulated by heterotopi noxious stimuli in the rat. J Neurophysiol 1994, N. 72, pp. 194-213.
20. Strimbu-Gozariu M., Guirimand F., Wilier J.C., LeBars D. A sensitive test for studying the effect of opioids on C-fibre reflex elicited by a wide range of stimulus intensities in the rat. Eur. J. Pharmacol, 1993, N 237, pp 197-205.
21. Kalliomaki J., Luo X.L., Y« Y.B., Schouenborg J. Intrathecally applied morphine inhibits nociceptive C fiber input to the primary somatosensory cortex (SI) of the rat. J. Pain, 1998, N. 77, pp. 323-329.
22. Magerl W., Ali Z, Ellrich J., Meyer R.A., Treede R.D. C- and A delta-fiber components of heat-evoked cerebral potentials in healthy human subjects. J. Pain, 1999, Vol. 82, N. 2, pp. 127-137.

23. Серков Ф.Н. Корковое торможение. -Киев: Наук, думка, 1986,248 с.
24. Steriade M. Corticothalamic resonance, states of vigilance and mentation. Neuroscience, 2000, Vol. 101, N 2, pp. 243-276.
25. Игнатов Ю.Д., Качан А.Т., Васильев Ю.Н. Акупунктурная анальгезия. Л. 1990. 256 с.
26. Кратин Ю.Г., Сотниченко Т.С. Неспецифические системы мозга. Л. Наука. 1987. 159 с.
27. Гнездинский В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. Таганрог. Из-во ТРТУ. 2000. 640 с.
28. Кирой В.Н. Электроэнцефалография. Ростов-на-Дону 1998. 239 с.
29. Lopes da Silva F.H. Neural mechanisms underlying brain waves: from neural membranes to networks. EEG and ClinNeurophysiol.,1991. Vol. 79, pp. 81-93.
30. Pigarev I.N., Nothdurft H.C., Kastner S. Evidence for asynchronous development of sleep in cortical areas. J.Neuroreport, 1997, Vol. 8, N. 11, pp. 2557-2560.
31. Пигарев И.Н. Роль состояния сна в управлении процессами висцеральной регуляции. Тез конф. «Сон - окно в мир бодрствования». Москва, 2001. с 61.
32. Осинский В.Г. Некоторые наблюдения СКЭНАР-терапевта. // В сб.: СКЭНАР-терапия, СКЭНАР-экспертиза. Таганрог. 1999, Вып. 5. С. 100.
33. Вогралик В.Г., Вогралик М.В. Пунктурная рефлексотерапия: Чжэнь-цзю. - Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1988, 355 с.
34. Пономаренко Г.Н. Электромагнитотерапия и светолечение. - СПб.: Мир и Семья-95, 1995,250 с.
35. Айвазов В., Кринчийн Р., Айвазов Н. Основы субординантной рефлексотерапии. - Махачкала: Юпитер, 1999. 327 с.
36. Nilsson HJ., Schouenborg J. Differential inhibitory effect on human nociceptive skin senses induced by local stimulation of thin cutaneous fibers, J.Pain, 1999, V. 80, N. 1-2, pp. 103-112.