

Электродиагностика, электростимуляция и импульсная низкочастотная электротерапия (экспериментальные, клинические и методические аспекты)./ Авторы: доктор медицинских наук В.Ю. Гуляев, кандидат физико-математических наук В.А. Матвеев, доктор медицинских наук И.Е. Оранский.

Предприятие "МАГНОН". Екатеринбург, 2004, с. 104.  
Уральская Государственная Медицинская Академия.

Редактор: Матвеев А.В.

В работе обобщены и систематизированы данные об электродиагностике и электростимуляции нервно-мышечного аппарата человека, полученные в научных исследованиях и в медицинской практике.

Представлены различные методы электродиагностических исследований, описывается современная аппаратура для электродиагностики и электростимуляции, которая даёт возможность проводить такие процедуры на совершенно новом уровне, получать высокоэффективные терапевтические результаты и продвинуться в научном понимании влияния электрического воздействия на нервно-мышечный аппарат человека.

Представлены современные методики проведения электродиагностики и электростимуляции, успешно применяемые на аппаратах "Магنون-СКИФ-200К", "Магنون-СКИФ-29Д", "Магنون-СКИФ-24", "Олимп-М", "Адаптон-ЭМИТ-Г.

Книга будет полезна для практикующих врачей физиотерапевтов, рефлексотерапевтов, невропатологов, преподавателей и студентов медицинских и биологических специальностей, сотрудников научно-исследовательских центров.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
ГЛАВА 1. ЭЛЕКТРОДИАГНОСТИКА .....	9
1.1. Нейрофизиологические основы электродиагностики и электростимуляции .....	9
1.2. Физиология и специфика мышечного сокращения .....	12
1.3. Методы электродиагностики .....	13
1.4. Аппаратура .....	21
1.5. Выбор оптимальных параметров для проведения электродиагностики .....	21
1.6. Техника проведения процедур электродиагностики .....	27
ГЛАВА 2. ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ .....	29
2.1. Выбор оптимальных параметров при проведении процедур электростимуляции .....	29
2.2. Механизм лечебного действия электростимуляции и терапевтические эффекты .....	32
2.3. Методика и техника проведения электростимуляции .....	33
2.4. Осложнения и побочные эффекты электростимуляции .....	39
2.5. Показания для электростимуляции .....	40
2.6. Противопоказания для электростимуляции .....	41
ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ КАБИНЕТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕДУР .....	41
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Карта исследования электровозбудимости методом ХЭД (Пример) .....	
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Оформление рецепта (формы № 44у) .....	
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Пример назначения рецепта .....	
ЛИТЕРАТУРА .....	

## ВВЕДЕНИЕ

Уже более чем 100 лет используют электрическую энергию в физиологических исследованиях биологических объектов. Электродиагностика является наиболее информативной для понимания физиологических процессов в организме человека, поскольку в её основе лежат механизмы обмена информацией, которые осуществляются электрическими импульсами.

Воздействуя на биологический объект импульсами электрического поля, характерными для живого организма, и меняя их параметры, мы моделируем ту или иную ситуацию для того, чтобы обеспечить достижение требуемого физиологического, а, следовательно, и терапевтического эффекта. Такое моделирование является эффективным, поскольку процессы электровозбуждения и распространения электромагнитных полей в биологических объектах хорошо описываются в рамках современной теории электромагнетизма, и, в частности, уравнениями Максвелла. Этот подход позволяет моделировать и проводить электродиагностику на высоком научно-техническом уровне с применением компьютерных технологий. В результате таких исследований возникают определённые параметры, характеризующие состояния биологического объекта. Полученные параметры являются объективными в том смысле, что они не зависят ни от внешних воздействий, ни от условий проведения эксперимента, хорошо описываются в рамках соответствующих физических моделей, подвергаются строгой математической обработке.

В данной работе мы обобщили и систематизировали данные об электродиагностике и электростимуляции НМА человека, полученные в научных исследованиях и в медицинской практике. Эти данные могут служить экспериментальной основой для понимания процессов электровозбудимости нервно-мышечного аппарата и могут быть использованы в разработке моделей и аппаратов компьютерной электродиагностики.

Для этих же целей мы представляем здесь различные методы электродиагностических исследований, проводим их сравнительный анализ, с целью выявления наиболее предпочтительного и эффективного при различных заболеваниях. Большое внимание мы уделяем проблеме хронаксиметрической электродиагностики (ХЭД), неоспоримые преимущества которой перед другими видами нейромиофизиологических исследований очевидны [В. Г. Лсногородский, 1985]. Последнее заключается в сравнительной простоте проведения ХЭД и большой точности полученных данных согласно выкладкам Л. Лапика.

Один из разделов книги посвящен современной аппаратуре для электродиагностики и электростимуляции, которая даёт возможность проведения таких процедур на совершенно новом уровне, а также не только получать высокоэффективные терапевтические результаты, но и продвинуться в научном понимании влияния электрического воздействия на НМА человека.

Кроме того, в книге представлены современные методики проведения электродиагностики и электростимуляции при различных заболеваниях,

предлагаемые известными специалистами в данной области, а также впервые полученные и успешно применяемые авторами на аппаратах серии "Магнот-СКИФ". Этот раздел будет особенно интересен для практикующих врачей-физиотерапевтов.

## ГЛАВА 1. ЭЛЕКТРОДИАГНОСТИКА

### 1.1 НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИАГНОСТИКИ И ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ

Электродиагностика - методы использования импульсных (прерывистых) электрических токов для определения характера повреждения живой возбудимой системы. В физиотерапии этими методами пользуются чаще всего для установления характера реакции перерождения (РП), которая наступает в поврежденном НМА (обычно - двигательных нервов и мышц).

Применение импульсных электрических токов для проведения электродиагностики и электростимуляции не случайно. Еще в конце XIX века физиологи Пфлюгер, Бреннер, Лапик, Ледюк, Павлов показали, что мышечное сокращение - это результат раздражения двигательных нервов. При определенной силе и прерывистом характере такого раздражения наступает ответная реакция в виде мышечного сокращения. Позднее, Чаговцом и Лазаревым были изучены электрохимические принципы раздражения и возбуждения НМА, приводящие к такому сокращению. Было установлено, что при "критическом накоплении" ионов Са, Na, Mg на полупроницаемых мембранах миоцитов ритмически возникают токи пробоя и проводимости (по принципу биологического конденсатора), что и приводит к мышечному сокращению. В настоящее время этот механизм изучен достаточно полно и будет описан нами в следующем разделе.

Раздражителем, который бы возбуждал НМА, может быть любой физический сильнодействующий фактор: быстрое повышение или понижение температуры, механический удар, резкое изменение акустического давления, электрический ток. Последний является более предпочтительным, так как при определённых его параметрах можно получить наиболее физиологичное мышечное сокращение [И.С. Беритов, 1959].

В конце XIX века физиолог Дюбуа-Реймон показал, что постепенно возрастающий гальванический (непрерывный) ток к возбуждению НМА не приведет, какой бы величины этот ток не достигал. Но если такой ток быстро включать (замыкать) или выключать (размыкать), т.е. преобразовать гальванический ток в прерывистый, импульсный, то при определенной его силе наступает мышечное сокращение. Сила тока, при которой наступает такое сокращение, называется реобазой. Описанное выше преобразование гальванического тока в импульсный ток прямоугольной формы представлено на рис. 1.

В современной физиотерапии кроме прямоугольной формы импульса для проведения электродиагностики и электростимуляции применяются и другие виды импульсных токов.

На рис. 2-4 представлены следующие формы тока: выпрямленный и переменный (однополярный и биполярный) треугольный электрический ток,

выпрямленный и переменный экспоненциальный ток, полусинусоидальный и синусоидальный электрический ток.

Кроме того, применяется также переменный прямоугольный ток (форма меандр), а для электростимуляции - различные смешанные формы: треугольно-экспоненциальный, прямоугольно-экспоненциальный, прямоугольно-треугольный и др.

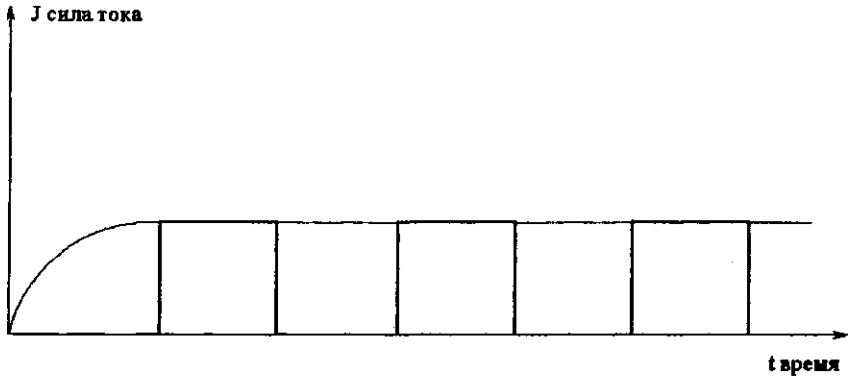


Рис. 1. Преобразование гальванического тока в импульсный ток прямоугольной формы.

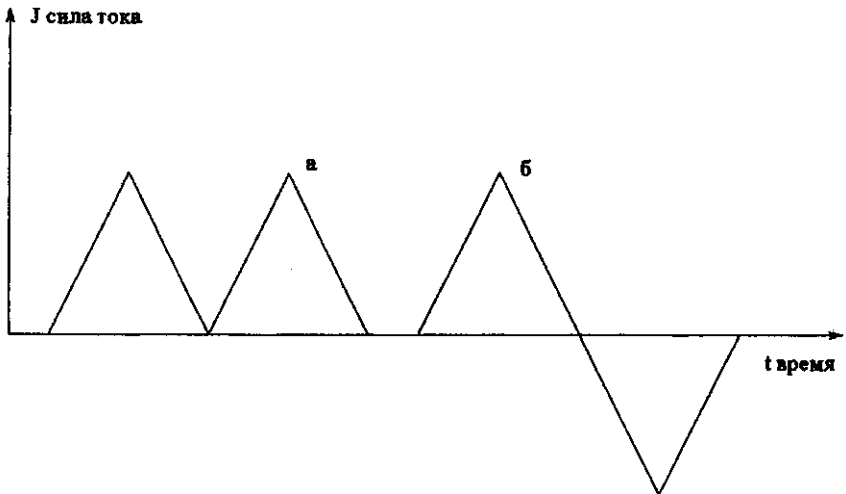


Рис. 2. Выпрямленный (а) и переменный (б) треугольный электрический ток (в литературе встречаются также другие названия этого тока: пилообразный, остроконечный, тетанизирующий).

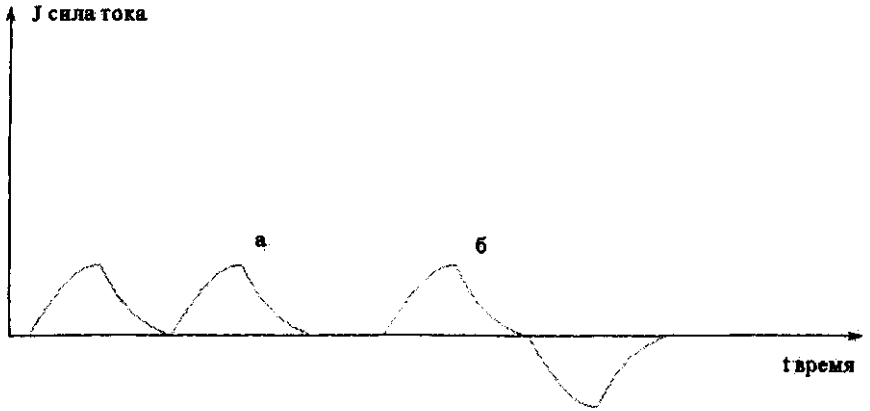


Рис. 3. Выпрямленный (а) и переменный (б) экспоненциальный ток (другое название этого тока - ток Лапика).

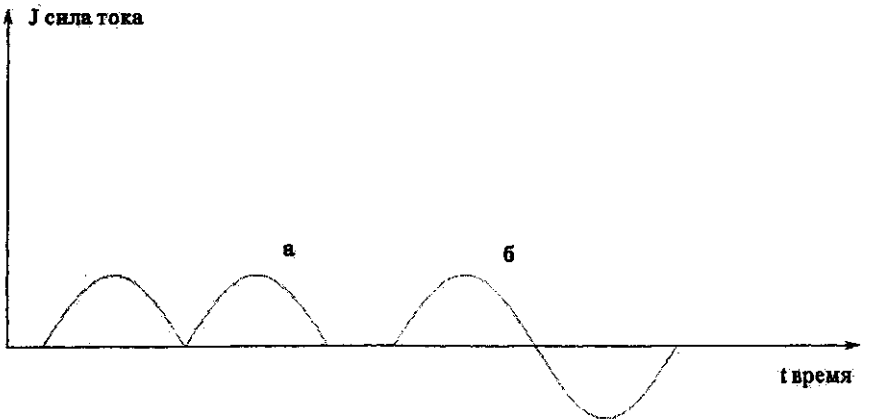


Рис. 4. Полусинусоидальный (а) и синусоидальный (б) электрический ток.

## 1.2 ФИЗИОЛОГИЯ И СПЕЦИФИКА МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ

Механизм сокращения-расслабления мышцы в настоящее время хорошо известен. Основу мышечной ткани составляют белковые структуры, прямо участвующие в механическом сокращении: актин и миозин. Миозиновые нити имеют поперечные мостики - головки, которые могут соединять миозиновую нить с соседними актиновыми нитями. При сокращении мышцы миозиновые головки прикрепляются к актиновой нити и подтягивают ее, создавая своеобразный "гребок", продвигающий актиновую нить. Затем головки миозина отделяются от актина, повторно прикрепляются и т. д. За счет таких ритмичных отделений и прикреплений актиновая нить подтягивается к миозину, подобно тому, как группа людей тянет веревку, перебирая ее руками. В результате наступает мышечное сокращение. При расслаблении мышцы миозиновые головки отделяются от актиновых нитей, и мышца возвращается в свое исходное состояние.

Описанный выше процесс мышечного сокращения требует определенного количества энергии. Непосредственным источником этой энергии служат молекулы АТФ. Во время сокращения мышцы АТФ расщепляется на АДФ и фосфат, высвобождая некоторое количество энергии  $Q$  ( $АТФ \rightarrow АДФ + \Phi + Q$ ). Такое расщепление может происходить при физиологическом ионном составе среды, т. е. в присутствии ионов  $Ca$ ,  $K$ ,  $Mg$ ,  $Na$ .

Как было сказано выше, мышечное сокращение осуществляется в присутствии внешнего раздражителя, воздействующего на двигательный нерв. При этом, в случае воздействия одиночным импульсом возникает молниеносное сокращение, а при использовании серии импульсов электрического тока на частотах 10-20 Гц появится тетаническое сокращение. Для непораженного НМА наиболее легко оно проявляется при раздражении двигательных точек треугольным током, но наиболее физиологичным оно будет при использовании экспоненциального тока (тока Лапика).

Однако, длительное течение тетанического сокращения не физиологично и даже вредно (накопление молочной кислоты в мышцах, прогрессирование гипотрофии вследствие трофических нарушений). Поэтому используется возбуждающее действие серий импульсов тока определенной частоты, чередующихся с паузой. Такие серии колебаний приводят к смещению внутри клеток миоцитов одноименно заряженных ионов в момент пиковых значений проходящих через НМА импульсов тока. С увеличением длительности серий повышается их возбуждающее действие, и в это возбуждение вовлекаются не только быстрореагирующие структуры (скелетные мышцы), но и медленно реагирующие (гладкая мускулатура). Это возбуждение, при достижении пороговых (реобазы), а тем более, надпороговых величин тока, приводит к ответной реакции - мышечному сокращению, визуально регистрируемому исследователем.



О тонкости и чёткости электродиагностики судят по тому методу, который был выбран врачом для проведения этой манипуляции. Следует особо подчеркнуть, что электродиагностические исследования - чисто врачебные процедуры, так как требуют от специалиста знаний не только физиотерапии, но и нейрофизиологии.

### 1.3 МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОДИГНОСТИКИ

#### 1.3.1 Классическая электродиагностика (КЭД).

Классическая электродиагностика в физиологии была разработана в конце XIX века, в медицине применялась в 20-30-х годах XX века, просуществовав в отдельных регионах нашей страны вплоть до 60-х годов. Классическую электродиагностику проводят для определения степени дегенерации НМА. Для проведения КЭД используется импульсный ток треугольной формы с частотой 100 Гц и длительностью импульса 2 мс, а также гальванический (непрерывный) ток.

Метод предполагал получать исследовательские данные по типу качественных параметров (качественная электродиагностика), таких как форма импульса и вид мышечного сокращения. Количественными параметрами служили установление реобазы и оптимальной силы тока для проведения последующей электростимуляции пораженного НМА. Понятно, что большой точностью этот электродиагностический метод не отличался. В частности, невозможно было четко установить вид РП, а можно было лишь констатировать наличие или отсутствие РП.

Классическую электродиагностику проводили на аппаратах "КЭД-5", "КЭД-5а". Прерывание тока чаще всего проводилось вручную, реже - при помощи метронома-прерывателя. Проведение на данных аппаратах электростимуляции после КЭД было весьма затруднительным ввиду отсутствия в аппаратуре автоматического ритмического модулятора (ручная стимуляция утомительна для медицинского персонала). Кроме того, не представлялось возможным проведение электродиагностики в динамике, т.к. в существующей тогда аппаратуре отсутствовала возможность смены параметров импульсного тока.

В настоящее время из всех приёмов КЭД используется лишь один, представляющий особую важность для оценки состояния электровозбудимости НМА. Таким исследованием является определение полярной формулы возбуждения - закон Пфлюгера-Бреннера. Эта формула была впервые получена двумя физиологами Пфлюгером и Бреннером при использовании импульсных низкочастотных воздействий. В полном виде формула выглядит следующим образом:

**К З О А З О А Р С Ж Р С**

При определенной силе прерывистого гальванического тока (большой длительности импульса прямоугольного тока), вызывающего надпороговое

сокращение здоровой мышцы, большая по силе ответная реакция будет наблюдаться при включении (замыкании) тока под катодом. Иными словами, катодзамыкательное сокращение больше анодзамыкательного сокращения, т.е.  $K3C > A3C$ .

Пфлюгер, впервые установивший это явление, трактовал его еще и другим образом. Первое пороговое, т.е. минимальное по силе сокращение мышцы появится при достижении реобазы под катодом. Для того чтобы такое же пороговое сокращение мышцы появилось под анодом, силу тока нужно увеличить. Позднее было установлено, что подобным закономерностям подчиняется НМА (скелетная мускулатура) при действии любой формы импульсного тока.

Правая часть полярной формулы была выведена опытным путем Бреннером при выключении (размыкании) гальванического тока большой величины. В этом случае, для здорового НМА характерным является обратная закономерность, т.е.  $APC > KPC$  анодразмыкательное сокращение больше катодразмыкательного сокращения.

Другими словами, максимальные и минимальные показатели электровозбудимости НМА происходят при действии отрицательной полярности. Для неповрежденного нервно-мышечного аппарата характерно проявление полярной формулы  $K3C \gg KPC$ . При поражениях НМА показатели формулы менялись.

### **1.3.2 Классическая расширенная электродиагностика.**

Чаще всего ее просто называют расширенной электродиагностикой (РЭД). Наибольшей популярностью она пользовалась в 60-х - 70-х годах XX века. Ее и сейчас практикуют в некоторых ФТО и ФТК.

Данный метод обладает большей точностью, чем КЭД, что связано с более расширенными параметрами, заложенными в аппаратуру для проведения РЭД (аппараты АСМ-2, АСМ-3). Для проведения РЭД использовались треугольный, экспоненциальный, прямоугольный, гальванический токи, частоты которых менялись в пределах 10-100 Гц, а длительности импульсов от 0,02 до 300-500 мс. В аппаратах, помимо ручных и ножных, имелись также автоматические ритмические модуляторы, позволяющие осуществлять более физиологическую электростимуляцию пораженного НМА.

Таким образом, достигалась более широкая качественная электродиагностика. Вид мышечного сокращения позволял судить, с определенной долей приближения, о виде РП НМА. Можно было установить, какая форма импульсного тока вызывает наиболее оптимальную ответную реакцию мышц.

Количественная электродиагностика сводилась к установлению оптимальных частот, длительности импульса, величины ритмической модуляции, времени утомления для последующего проведения наиболее физиологических электростимуляционных воздействий. Фиксировалась также полярная формула.

Впервые при помощи метода РЭД были выявлены и классифицированы такие ориентировочно существующие **виды поражения НМА:**

- количественно-качественные (или просто количественные) поражения НМА. При такой степени поражения наиболее часто восстановление электровозбудимости НМА происходит даже без электростимуляции;

- **частичная РП типа А**, при которой происходят начальные проявления денервации;

- **частичная РП типа Б**, характеризуется дальнейшим прогрессированием денервации;

- **полная РП**, на данной стадии происходит полная денервация двигательного нерва с большой выраженностью гипотрофии или атрофии пораженной мышцы;

- **отсутствие электровозбудимости**, т.е. отсутствие ответа на воздействие импульсов электрического тока любой формы. Возникает полная атрофия и гибель мышцы, которая заменяется жировой и соединительной тканью.

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика методов КЭД и РЭД.

Таким образом, метод РЭД позволяет получить существенно более точные электродиагностические данные, чем КЭД, и, следовательно, найти более физиологичные параметры импульсных низкочастотных токов для проведения последующей процедуры электростимуляции.

Однако и РЭД не отличается большой точностью по части определения типа РП. Действительно, весьма трудным для врача-исследователя является определение вида ответной реакции НМА, в частности, вида мышечного сокращения. Так, довольно сложно отделить молниеносное мышечное сокращение от живого, а вяловатое от вялого только путем визуального наблюдения. Поэтому сейчас в физиотерапии активно используется другой, очень точный метод электродиагностики, основанный на определении хронаксии, предложенный Лапиком еще в 20-х годах XX столетия.

Сравнительная характеристика методов КЭД и РЭД

Тип электродиагностики	КЭД	РЭД
<b>Параметры используемого тока</b>	Импульсный ток треугольной формы с частотой 100 Гц, длительностью импульса 2 мс, гальванический (непрерывный) ток.	Импульсный треугольный, экспоненциальный, прямоугольный, гальванический токи, изменение частоты в пределах 10 - 100 Гц, длительности импульсов 0,02 - 300-500 мс
<b>Качественные данные</b>	Отсутствие или наличие РПНМА	Определение вида РПНМА: РП типа А, РП типа Б. Определение оптимальной формы импульсного тока для электростимуляции.
<b>Количественные данные</b>	Определение реобазы и оптимальной силы тока для проведения последующей электростимуляции пораженного НМА.	Определение оптимальных частот, длительности импульса, величины ритмической модуляции, времени утомления для проведения наиболее физиологичной электростимуляции.

### 1.3.3. Хронаксиметрическая электродиагностика (ХЭД) или электродиагностика по кривой "сила-длительность".

Наиболее точным и эффективным методом электродиагностики является метод хронаксиметрической электродиагностики (ХЭД), который можно рассматривать и как усовершенствованный вариант РЭД. Основным преимуществом ХЭД перед другими видами нейромиофизиологических исследований является большая точность получаемых данных, в частности, о типах возникающей РП (о видах мышечных сокращений). В физиотерапии этот метод недавно стал завоевывать признание, уступая место лишь электронейромиографии - электродиагностики без выхода в широкую физиотерапевтическую практику.

Для проведения ХЭД используются самые разнообразные формы импульсов электрического тока - треугольная, экспоненциальная, полусинусоидальная, прямоугольная и другие с частотами до 10-16 кГц и длительностями импульса 0,01-0,02 - 500-1000 мс со скважностью 1-4 и ритмической модуля-

цией от 4 до 48 импульсов в минуту. При необходимости, можно применять также ручную модуляцию или сложномодулированные импульсные токи.

Основным моментом в проведении ХЭД является нахождение величины хронаксии. Электродиагностическое исследование проводится в несколько этапов.

**1-й этап. Определение реобазы** (пороговой силы тока, при которой наступает мышечное сокращение, так называемое пороговое мышечное сокращение).

Предварительно перед началом ХЭД проводятся манипуляции РЭД с целью определения оптимальных видов импульса (треугольный, экспоненциальный и т. д.) и длительности импульса тока для появления надпорогового сокращения исследуемой мышцы. На установленных в процессе РЭД оптимальных характеристиках тока определяется величина реобазы. Определение реобазы осуществляется на относительно больших длительностях импульса этого тока: не менее 50 мс.

**2-й этап. Построение кривой "сила (тока) - длительность (импульса тока)"  $I = I(\tau)$** . В качестве примера на рис. 5 приведена такая зависимость "сила - длительность" для НМА челюстно-лицевой области (ЧЛО). По оси абсцисс (ось X) откладываются в полулогарифмической шкале значения длительности импульса в мс. На оси должно быть отложено не менее 10-12 значений  $\tau$  для получения достоверной картины проводимого исследования. По оси ординат (ось Y) в обычной шкале проставляются значения величины выбранного импульсного тока (силы тока или напряжения). На графике на оси ординат проставляется значение реобазы, найденное на 1-м этапе (по Л. Лапику).

Далее, не меняя реобазы, проводится постепенное уменьшение длительности импульса. Оказывается, что значение величины реобазы не меняется вплоть до некоторого значения длительности импульса. По мере дальнейшего уменьшения  $\tau$  для того, чтобы получить пороговое сокращение исследуемой мышцы, силу тока необходимо увеличивать. Наконец, при уменьшении длительности импульса до определенной величины никакая сила импульсного тока не вызовет ответной реакции, т. е. сокращения. Таким образом, построена кривая "сила-длительность", аналогичная представленным на рис. 5. Конкретный вид получаемой кривой зависит от степени поражения НМА, т.е. от типа РП (рис.5б, 5в, 5г).

На рис. 5 приведена кривая "сила-длительность" НМА ЧЛО: а) нормальная возбудимость НМА; б) количественные изменения НМА; в) РП типа А; г) РП типа Б; д) полная РП (по Л. Лапику).

**3-й этап. Нахождение величины хронаксии.** Хронаксия является решающим звеном в установлении степени РП НМА. По определению самого Лапика хронаксия - это время (в мс), соответствующее силе тока удвоенной реобазы для вызывания порогового сокращения исследуемой мышцы. На оси ординат (ось Y) графика "сила-длительность" отмечают величину силы тока, равную удвоенному значению реобазы, и проводят пунктирную линию, па-

параллельную оси абсцисс (ось X), до пересечения с полученной кривой. Значение длительности импульса на оси абсцисс (оси X), соответствующее полученной точке пересечения, и есть величина хронаксии (по Л. Лапику).

По величине хронаксии можно судить о степени поражения электровозбудимости нервно-мышечного аппарата исследуемой области тела. Проведенные нами исследования показали, что с увеличением степени поражения НМА величина хронаксии возрастает. Величина хронаксии до 1 мс характеризует исследуемый НМА как неповрежденный (интактный), величина хронаксии 1-5 мс соответствует количественным поражениям НМА, 5-10 мс - реакции перерождения (РП) типа А, 10-50 мс - РП типа Б, и более 50 мс - полная РП.

Дополнительную информацию о состоянии НМА исследуемой области дает вид кривой "сила-длительность". Левая, восходящая часть кривой характеризует электровозбудимость нерва, а правая - скелетной мышцы. При этом наличие различных видов изгибов или зазубрин на левой части кривой говорит о различных степенях денервации. Так, например, одна зазубрина - это РП типа А, две - РП типа Б, отсутствие левой части кривой - полная РП (при соответствующих значениях показателей хронаксии). Данные электродиагностических исследований в общем виде можно представить в таблице 2.

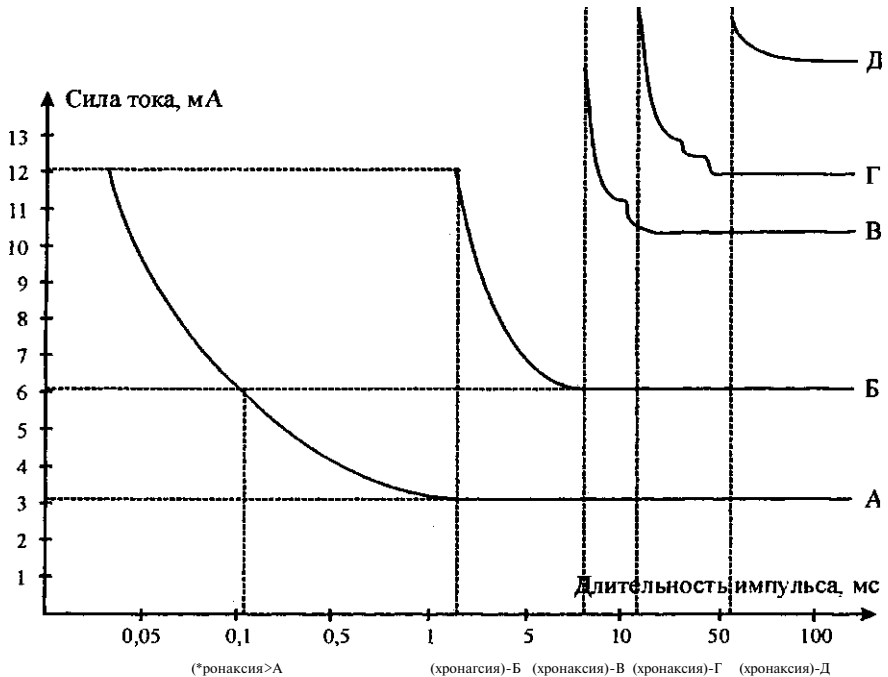


Рис. 5. Кривая "сила-длительность" интактного НМА ЧЛЮ а) нормальная возбудимость НМА; б) количественные изменения НМА; в) РП типа А; г) РП типа Б; д) полная РП.

#### **1.3.4 Оценочная электродиагностика.**

Была предложена нами в 1993-1998 годах. Ее использование является своеобразной альтернативой РЭД или ХЭД, хотя таковыми она не является. Это лишь вынужденная мера, связанная с отсутствием в большинстве ФТО и ФТК специальной аппаратуры для проведения РЭД или ХЭД. В данном случае, в качестве электрической физической энергии используются диадинамические токи (ДДТ), синусоидальные модулированные токи (СМТ), интерференционные токи (ИТ), и даже флуктуирующие токи (ФТ). В отдельных случаях может быть применен с прерывателем также гальванический ток от соответствующих источников и аппаратов. При проведении оценочной электродиагностики имеют значения параметры того фактора, который был выбран для указанной цели. Так, в случае ДДТ-электродиагностики ответные реакции со стороны НМА могут (или не могут, что зависит от степени РП) быть получены на частотах 50 или 100 Гц, соответствующих длительностям импульсов 20 или 10 мс.

При этом электродиагностические исследования проводятся на токах ДН или ОН с ручным их прерыванием. СМТ - электродиагностика является более предпочтительной, поскольку здесь можно оперировать большим диапазоном частот (30, 50, 70, 100, 150 или 10, 20, 30, 50, 80, 100 и 150 Гц), а также использовать глубины модуляции (0, 25, 50, 75, 100 и более 100), применяя I род работы с ручным прерыванием.

При использовании интерференционных токов в целях электродиагностики применяют частоты 1 - 200 Гц с ручной прерывистой модуляцией интерферирующего сигнала, подаваемого непрерывно.

## Оценка состояния электровозбудимости НМА

Тип РП	Ответная реакция <b>НМА</b> и показатели диагностики с учетом хронаксии	Полярная формула
Отсутствие РП <b>НМА</b>	Молниеносное сокращение мышцы в ответ на пороговую силу импульсного тока (реобазы) любой формы (треугольной, экспоненциальной, прямоугольной и т.д.). Хронаксия до 1 мс.	$K3C > A3C > APC > KPC$
Количественные изменения <b>НМА</b>	Живое сокращение мышц в ответ на пороговую или надпороговую силу любого импульсного тока. Хронаксия 1-5 мс.	$K3C > A3C > APC > ЖPC$
Частичная РП типа <b>А</b>	Вяловатые сокращения мышц. Часто отсутствие реакции на треугольный ток и снижение реакции на экспоненциальный ток. Повышение пороговой силы тока. Начало развития гальвано-тетенизирующей диссоциации. Хронаксия 5-10 мс.	$K3C < A3C = APC > ЖPC$
Частичная РП типа <b>Б</b>	Вялые сокращения мышцы. Значительное снижение или отсутствие реакции на экспоненциальный ток. Полная гальвано-тетенизирующая диссоциация. Хронаксия 10-50 мс.	$K3C < A3C < APC = KPC$
Полная РП <b>НМА</b>	Червеобразные сокращения мышцы в ответ на прямоугольный или прерывистый гальванический ток, подаваемый одиночными импульсами большой длительности. Сокращение - в течение всего времени действия импульса. Хронаксия более 50 мс.	$K3C < A3C < APC < KPC$
Утрата электровозбудимости	Ни нерв, ни мышца не отвечают ни на один из видов импульсного тока.	отсутствует

Электродиагностика флуктуирующими токами чаще всего оправдывает себя при исследовании поражений быстроподвижной скелетной мускулатуры (челюстно-лицевая область, кисти стопы, бицепс плеча). Здесь пользуются, в зависимости от поражения НМА, биполярными симметричными, би-



полярными асимметричными или монополярными токами с ручным прерыванием. При отсутствии любых генераторов импульсных низкочастотных токов, допустимо применять гальванический ток с ручным прерыванием от аппарата "Поток-1".

#### 1.4 АППАРАТУРА

Для проведения процедур электродиагностики используется отечественная аппаратура "ИСЭ-01", "УЭИ-01" (выпуск прекращен), "Нейропульс" (поставки из Болгарии прекращены), "Олимп-М"; аппараты-диадинамики "ДТ-50", "Тонус-2", "Тонус-2М"; аппараты СМТ "Амплипульс-4", "Амплипульс-5", "Амплипульс-6", "Амплипульс-7", "Стимул-1", "Эндотон" (Болгария), аппараты серии ТУР, RS-12, RS-21 (Германия), источники импульсных токов (ИТ) "Интердин1Д-97М" (Польша), генераторы флуктуирующих токов (ФТ) "АСБ-2-1", "ФС-100-4", "Эмит".

В настоящее время наиболее предпочтительными является отечественные аппараты электронейромиоимпульсации серии "Магنون-СКИФ" с возможностью автоматизированной электродиагностики (аппарат "Магنون-СКИФ-29Д"), компьютерной электродиагностики (аппарат "Магنون-СКИФ-200К") (г. Екатеринбург).

Все описанные выше виды и методы электродиагностики применены для скелетных мышечных образований. Что же касается гладкой мускулатуры, то ее электродиагностика осуществима лишь в острых опытах, проводимых на лабораторных животных, либо во время полостных хирургических вмешательств по специальным показаниям. В настоящее время проводится лишь косвенная электростимуляция таких мышц при различных поражениях желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), желчевыводящих путей, мочевого пузыря и т.п.

#### 1.5 ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИАГНОСТИКИ

В течение последних лет XIX-го и в XX-м столетии изучалась электровозбудимость НМА скелетной мускулатуры различных областей тела, а также челюстно-лицевой области. В процессе исследований были установлены некие общие закономерности и выявлены наиболее оптимальные параметры проведения электродиагностических исследований. Основные результаты мы приведём в данном параграфе для облегчения работы исследователя.

##### 1. Физиологичность импульсов низкочастотных токов.

На рисунке 6 схематически расположены импульсы тока разной формы по мере убывания физиологичности электрического воздействия. Установлено, что наиболее физиологичными формами являются треугольный и экспоненциальный ток. Промежуточное положение занимают импульсы полусину-

соидальной формы [В. Г. Ясногородский, 1987]. Самыми "грубыми" в физиологическом отношении оказываются прямоугольные импульсы или прерывистый гальванический ток.

Действительно, если рассмотреть на рисунке 6 каждую из форм импульсов тока, то оказывается, что наименьшей зоной стимулирующего действия обладает треугольный, а наибольшей - прямоугольный токи. Представленные данные согласуются с теорией электростимуляционных исследований Лапика.

Однако, согласно последним исследованиям, импульсный миологический сигнал имеет более сложную модулированную форму, которая большинством исследователей - физиотерапевтов мало изучена.

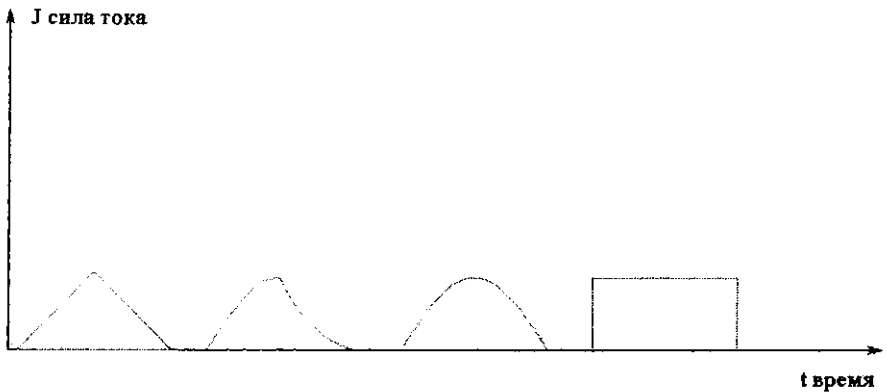


Рис. 6. Физиологичность импульсов низкочастотных токов.

## 2. Оптимальные параметры электрического тока для вызывания сократительной реакции непоражённых мышц.

Приведенные в этом разделе данные относятся к неповрежденным живым возбудимым системам, включая НМА. На приведенных ниже частотах импульсных токов можно получить адекватную физиологическую ответную реакцию сокращения без нарушения физиологических функций НМА.

Из электромиофизиологии известно, что оптимальные частоты, и, соответственно, длительности импульсов, для вызывания оптимальных сокращений скелетных мышц лежат в области 40-100 Гц. Конкретное значение частоты зависит от массы здорового НМА. Для гладкомышечных образований наиболее оптимальными частотами импульсных токов является область 0,5-30 Гц [В.Г. Ясногородский, 1983, 1987, 1992]. Что касается живых функциональных систем вообще, то этот диапазон простирается гораздо шире, и составляет приблизительно 0,5-10000 Гц [В.П. Казначеев с соавт., 1984].

По нашим данным, частоты импульсного тока для вызывания мышечного сокращения, превышающие 1000 Гц, являются чрезвычайными. Так, если при одной и той же пороговой силе тока (в мА) на частотах от 200 до 1000 Гц и выше происходит визуально выраженное мышечное сокращение, то речь идет о состоянии гипертонуса НМА и, в частности, скелетной мышцы. В этом случае детальные электродиагностические исследования не проводятся, а предпринимаются попытки к снижению мышечного гипертонуса: непрерывная подача тока высокой частоты, тепло, различные источники инфракрасного (теплого) излучения.

**3. Оптимальные параметры электрического тока для вызывания сократительной реакции при различных РП НМА.**

В случае наступления РП НМА, и по мере ее усиления, для получения заметной ответной реакции в виде мышечных сокращений значения частотных характеристик импульсных токов и длительности импульсов изменяются (см. таблицу 2). По мере увеличения РП, т.е. снижения электровозбудимости НМА, возрастает длительность импульса, а, значит, уменьшается частота импульсов электрического тока.

Так, в частности для мышц челюстно-лицевой, области они варьируются в пределах 200-10-1 Гц (0,01-10 мс), мелких скелетных мышц 150-1 Гц (0,02-50 мс), крупных скелетных мышц - 100-40-1 Гц или одиночные импульсы (0,05-500 мс). Нам впервые удалось показать, что при качественно-количественных изменениях электровозбудимости НМА челюстно-лицевой области длительности импульсов достигают 0,8 мс (верхняя граница нормы), при РП типа А 0,6-1,0 мс, при РП типа Б 5-10 мс, при полной РП 10-20 мс. Эти исследования имеют особое значение для косметологии.

При этом изменяется и форма импульсов электрического тока. В некоторых случаях, при наступлении полной РП, ответная реакция может наступить лишь на одиночных сокращениях прямоугольного или даже гальванического прерывистого тока. Эти токи, действуя по принципу удара молотком, могут вызвать ответную реакцию мышцы чаще всего в виде червеобразного сокращения. В любом случае, электродиагностические исследования начинаются с самых физиологичных треугольных или экспоненциальных импульсов электрического тока. Лишь при отрицательной ответной реакции изучение электровозбудимости осуществляют на прямоугольных импульсах или с использованием гальванического тока.

Не всегда справедливы замечания в отношении того, что с уменьшением болевых ощущений у больных с полной РП необходимо всегда увеличивать амплитудное значение тока для вызывания ответной реакции, т.е. сокращения. Как показывает опыт, выпадение чувствительной сферы не всегда полностью совпадает с выключением двигательных функций. Установлено, что при постоянном увеличении интенсивности импульсного тока в чувствительных афферентных системах срабатывают процессы адаптации, а по нашим данным и аккомодации, т.е. приспособительной реакции НМА.

Одновременно повышается пороговая сила тока и уменьшается время наступления утомления НМА. Последнее необходимо четко фиксировать, т.к. последующая электростимуляция через утомление НМА недопустима [И.С. Беритов, 1959]. Для скелетной мускулатуры, по наблюдениям большинства авторов, форма импульса приобретает значение относительно возбуждающего действия лишь при продолжительности импульсов, превышающей 3-5 мс.

С увеличением тяжести поражения НМА возрастает соотношение времени подачи импульсов (посылки) и паузы. Так, для непораженного НМА это соотношение составляет 1:1 - 1:1,5 (скважность 1,5-2), при количественных изменениях 1:1,5 - 1:2 (скважность 2), при РП типа А 1:2 - 1:3 (скважность 3-4), при РП типа Б - 1:3 - 1:4 (скважность 4), при полной РП 1:5 и выше (скважность 4-5 и выше). Эти соотношения должны определяться функциональным состоянием мышцы. Чем больше отдыхает мышца, тем более выраженное ответное сокращение она производит при прохождении импульсов тока. Параметры импульсного тока подбираются индивидуально в каждом случае. Частота и длительность должны быть такими, чтобы сокращение носило наиболее выраженный (оптимальный) характер и было как можно более полным для данной степени РП: выраженное живое, вяловатое, вялое или червеобразное.

#### **4. Величина хронаксии для различных степеней поражения НМА.**

Нами были проведены исследования по определению величины хронаксии для различных РП НМА. Для непораженного НМА ЧЛО хронаксия составляет 0,1-0,6 мс, для мелкой скелетной мускулатуры 0,7-0,9 мс, крупных скелетных мышц 0,2-1 мс. По данным И.С. Беритова и Бургиньона хронаксия человеческих мышц равна 0,1 - 0,7 мс, а нервов - 0,06- 0,15 мс.

Хронаксию мышц может изменить введение АТФ, даже в небольших концентрациях ( $1,0 \times 10^{-7}$  г). В этом случае происходит повышение возбудимости, укорочение амплитуды сокращения и его скорости. Увеличение хронаксии имеет место при введении непосредственно в кровоток ионов магния или при простом охлаждении организма. При этом по данным Дворкина и Флоркина [1956] величина хронаксии нервов увеличивается до 0,96-1,7 мс.

С увеличением степени поражения электровозбудимости НМА исследуемой области тела величина хронаксии возрастает, достигая значений 1-5 мс при количественных поражениях НМА, 5-10 мс при РП типа А, 10-50 мс при РП типа Б, и более 50 мс при полной РП. (Таблица 1).

#### **5. Экспресс-метод ХЭД.**

Как показывает опыт, более информативными и точными являются данные, полученные в процессе ХЭД. В этом случае используются методологические приемы по построению кривой "сила - длительность" и определению хронаксии в каждом конкретном случае. По этим показателям можно четко установить степень РП НМА (если она имеет место). Построение калибровочной кривой занимает определенное время и удлиняет постановку

диагноза, особенно, если заключение о состоянии электровозбудимости НМА необходимо получить быстро. В таких случаях пользуются так называемым экспресс-методом ХЭД.

В этом случае выбор оптимальных параметров электродиагностики в системе ХЭД проводится в два этапа.

**1-й этап:** обычное нахождение реобазы пораженного НМА с соответствующей регистрацией ее величины.

**2-й этап:** определение хронаксии.

Найденная реобазы (в мА) удваивается, на источнике - нейромиоимпульсаторе (например, "Магنون-СКИФ") устанавливается заведомо минимальная длительность импульса тока (0,01-0,05 мс), при которой ответная реакция получена быть не может на любых значениях силы тока. Далее, не изменяя значений удвоенной реобазы, постепенно увеличивается длительность импульса. Та ее величина, при которой наступит первое пороговое сокращение, и будет величиной хронаксии.

**Пример:** реобазы исследуемой мышцы при длительности импульсов экспоненциального тока 50 мс составила 8 мА. Удвоив ее, получаем величину 16 мА. При минимальной длительности импульса в 0,02 мс ответной реакции при силе тока 16 мА получить не удалось. Постепенно увеличиваем длительность импульса тока, не меняя его силу. Первая ответная реакция появляется при длительности импульса 8 мс. Итак, величина хронаксии в этом случае составляет 8 мс. По величине хронаксии можно диагностировать поражение исследуемого НМА - РП типа А.

## **6. Рекомендации по выбору оптимальных параметров электродиагностики.**

Выбор оптимальных параметров для электродиагностики как врачебной процедуры для многих физиотерапевтов является трудной задачей. Ее проведение без соответствующего навыка, приходящего с опытом, весьма затруднительно. Так, например, даже простое дрожание руки исследователя, приводящее к незначительному смещению кожи области исследования пациента, создает ложное представление о реакции сокращения. В этих случаях добиваются отчетливых сокращений от любого вида тока, а выбор средних оптимальных параметров сначала можно проводить, исходя из результатов исследований М.И. Антроповой и Н.Ф. Соколовой [1981]. Данные представлены в таблице 3.

Подбор параметров для электродиагностики поперечно-полосатых мышц у больных с вялыми парезами и параличами в зависимости от состояния электровозбудимости

<b>Состояние электровозбудимости</b>	Средние оптимальные параметры импульсных токов от различных источников		
	Электронейромиоимпульсаторы "УЭИ-1", "Нейропульс", "Магنون-СКИФ".	Источники ДДТ "Тонус-1", "Тонус-2", "ДТ-50" и т.п.	Источники СМТ "Амплипульс-4", "Амплипульс-5".
Количественные изменения	Ток треугольный, экспоненциальный или прямоугольный, частота 100 Гц, длительность импульса 1 мс.	ДН или ОН при непрерывной подаче с ручным прерыванием.	Режим переменный, 1 род работы, частота 100 Гц, глубина модуляции 50-100%.
Частичная РП типа А	Ток экспоненциальный или прямоугольный, редко треугольный. Частота 50-70 Гц, скважность 2-3 при длительности импульса 5-10 мс.	ДН или, чаще, ОН, при непрерывной подаче и ручном прерывании.	Режим переменный, 1 род работы, частота модуляции 50-80 Гц, глубина модуляции 75-100%.
Частичная РП типа Б	Ток экспоненциальный (10-30 Гц) или прямоугольный (30-50 Гц), длительность импульса 50-100 мс, скважность 3-4.	ОН при непрерывной подаче и ручном прерывании.	Режим выпрямленный, 1 род работы. Частота модуляции 30-50 Гц, глубина модуляции 100%.
Полная РП	Ток прямоугольный частотой 1-10 Гц, либо одиночные импульсы длительностью 100-300 мс, либо прерывание гальванического тока.	ОН при непрерывной подаче и ручном прерывании	Режим выпрямленный, 1 род работы. Частота модуляции 10-30 Гц, глубина модуляции более 100%.

Особого отношения требует к себе лицевая мускулатура. Электродиагностику НМА ЧЛО следует проводить с большой осторожностью, учитывая возможность возникновения или провоцирования электрическим током контрактуры (следствие неврита лицевого нерва). Поэтому данную манипуляцию осуществляют не ранее 4-х недель после окончания неврологических проявлений этого заболевания.

## 1.6 ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕДУР ЭЛЕКТРОДИАГНОСТИКИ

Для проведения электродиагностики необходимо иметь активный и пассивный электроды и аппарат для электростимуляции. При выполнении процедуры необходимо обеспечить удобное положение больного сидя, стоя или лёжа, при котором достигается полное расслабление мышц исследуемой области. При необходимости, особенно в холодное время года, исследуемый участок прогревается, например, при помощи ламп Инфраруж, Соллюкс или других источников - грелка, парафин, озокерит - по показаниям, одеяло лечебное медицинское и т.п. В противном случае, могут быть получены неточные данные и, кроме того, прогретая мышца сокращается легче и с большей амплитудой (принцип физиотерапевтической сенсбилизации или синергизма).

Расположение врача, больного и источника тока должно быть таким, чтобы исследователь мог в правой руке держать диагностический точечный поисковый электрод с кнопчным прерывателем, а левой - регулировать параметры тока. Аппарат устанавливается так, чтобы врач мог одновременно наблюдать за исследуемыми мышцами и показаниями прибора. Обычно активный электрод представляет собой рабочую поверхность малых размеров (диаметром 1 -1,5 см), вмонтированную в ручной держатель с кнопчным прерывателем. В случае использования постоянного импульсного тока активный электрод соединяется с отрицательной полярностью нейромиимпульсатора или другого источника электрической энергии (ДДТ, СМТ, ФТ, ГТ). Поверхность электрода оборачивается ватно-марлевой обхватывающей прокладкой, смоченной водопроводной, минеральной водой или теплым физиологическим раствором. Прокладку отжимают, во избежание возникновения больших площадей поверхности кожи, обладающих наименьшим активным сопротивлением и создающих возможности для нежелательного ветвления силовых линий электрического тока, минуя участки активных зон повреждения исследуемого НМА. Условно индифферентный (пассивный) электрод, обычно прямоугольной формы, с соответствующими размерами гидрофильной прокладки (10-20-400 см<sup>2</sup>), в случаях различных поражений электровозбудимости НМА располагается по-разному, что связано с различными методиками электродиагностики. При выпрямленном импульсном токе он соединяется с положительной полярностью источника тока.

В соответствии с поражением НМА существуют две основные методики проведения электродиагностики, в зависимости от степени выраженности РП. Их основное отличие - расположение электродов на теле.

**Первая методика** - униполярная или монополярная. Активный электрод малых размеров (при выпрямленном импульсном токе - катод) располагается на двигательной точке нерва или исследуемой мышцы. Пассивный электрод, соответствующей площади, помещается на коже проекции соответствующего сегмента спинного мозга. В данном случае исследуется состояние

НМА в целом, поэтому эта методика действенная лишь при незначительных поражениях НМА (количественные изменения, начальные проявления РП типа А). В случаях более значительных повреждений НМА используют вторую методику.

Вторая методика - биполярная. Активный электрод малых размеров, с кнопочным, ручным прерывателем, помещается на двигательной точке исследуемой мышцы. В случае применения выпрямленного импульсного тока он соединяется с катодом электронейроимпульсатора или другого источника электрического тока. Пассивный (чаще прямоугольный) электрод меньшей площади ( $10-25-30 \text{ см}^2$ ) фиксируется либо на кожной проекции сухожилия исследуемой мышцы, либо поперечно активному электроду. Такая методика применяется при РП типа Б или полной РП НМА. Один из вариантов биполярной методики - расположение двух электродов прямоугольной, или реже круглой формы площадью  $25-100 \text{ см}^2$  поперечно или продольно на область кожной проекции брюшка исследуемой мышцы. Чаще всего такой вариант применим при количественных поражениях НМА у детей с ДЦП или у лиц после длительной иммобилизации конечности.

После закрепления пассивного электрода нетугим бинтованием, мешочком с песком или собственной тяжестью тела пациента, активный электрод плотно фиксируется рукой врача на проекции двигательной точки. После включения аппарата, ручкой потенциометра плавно выводится ток при постоянном периодическом нажатии кнопки ручного прерывателя. Исследование начинают на треугольном выпрямленном или треугольном переменном токе. При отсутствии ответной реакции сокращения даже на одиночные большой длительности импульсы переменного треугольного тока переходят на исследования выпрямленным треугольным током. При отрицательной реакции подобные исследования продолжают на экспоненциальном токе, а в случае отсутствия сокращения переходят на прямоугольный ток, и, в крайнем случае, - на прерывистый гальванический. Если ответная реакция в виде мышечного сокращения достигнута, то добиваются его средних амплитудных значений и переходят к уточнению оптимальных частоты и длительности импульса. Далее, в зависимости от вида выбранной диагностики (КЭД, РЭД или ХЭД), фиксируют реобазу, время утомления, хронаксию и полярную формулу. В конце исследования, при необходимости, строят кривую "сила - длительность" и делают заключение о степени поражения НМА. Данные электродиагностики заносят в специальные карты или бланки, один из вариантов которых приводится в Приложении 1.

Таким образом, самым важным аспектом в проводимой электродиагностике является выявление оптимальных параметров электрического тока для осуществления последующей электростимуляции.



## ГЛАВА 2. ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ

Электростимуляция - применение электрического, чаще импульсного тока с профилактической или лечебной целью для возбуждения или усиления деятельности НМА определенных органов или систем. К ним относится скелетная и гладкая мускулатура.

Цель электростимуляции - получение оптимального физиологического эффекта (мышечного сокращения) при наименьших побочных явлениях. Для электростимуляции чаще используются виды токов, которые были определены как оптимальные в процессе предварительной электродиагностики (треугольный, экспоненциальный, полусинусоидальный или синусоидальный, прямоугольный, прерывистый гальванический, ДДТ, СМТ, ФТ, ИГ и др.), а также аппаратура, которой пользовались в процессе проведения РЭД или ХЭД.

### 2.1. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОЦЕДУР ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ

Как правило, электростимуляцию начинают с использования оптимальных параметров электрического тока, установленных во время предшествующей РЭД, ХЭД или оценочной электродиагностики. Исключение составляет лишь применение авторских методик и косвенная электростимуляция гладкой мускулатуры внутренних органов (мочевого и желчного пузыря, желудка, кишечника). В ряде случаев без электродиагностики стимулируют (косвенно) мускулатуру бронхов и межреберные мышцы с целью усиления отхаркивающего эффекта, а также диафрагмы с целью углубления акта дыхания. Во всех этих случаях НМА как таковой не страдает, и поэтому могут быть применены параметры импульсного тока, наиболее характерные для этих образований (50-70 Гц). Здесь наиболее физиологичной оказывается экспоненциальная форма импульса длительностей 1-5-10 мс. Аналогичным образом поступают при стимуляции мышечной стенки вен (20-30-50 Гц) или артерий (30-50 Гц), пользуясь при этом дополнительными сегментарными воздействиями и сложномодулированными импульсами электрического тока.

В процессе проведения электростимуляции, в зависимости от типа РП, каждые 5-10 процедур осуществляют контрольную электродиагностику для уточнения параметров дальнейшей электростимуляции. В настоящее время, к сожалению, большинство даже опытных физиотерапевтов не владеют техникой ни РЭД, ни ХЭД, ни оценочной электродиагностики. В этих случаях часто приходится пользоваться услугами более грамотных специалистов, а выбор оптимальных параметров проводить по уже заданным методикам. В таблице 4 приведены параметры проведения электростимуляционных процедур поперечно-полосатых мышц у больных с вялыми парезами и параличами с

Таблица 4

Выбор параметров для электростимуляции поперечно-полосатых мышц у больных с вялыми парезами и параличами в зависимости от состояния электровозбудимости

Состояние электро-возбудимости	Методика проведения процедуры	Наиболее часто применяемая аппаратура		
		Электронейроимпульсаторы "УЭИ-1", "Нейропульс-", "Магнот-СКИФ"	Источники ДДТ "Тонус-1", "Тонус-2", "ДТ-50" и т.п.	Источники СМТ "Амплипульс-^", "Амплипульс-5" <sup>М</sup> .
<b>Количественные изменения</b>	Стимуляция с двигательной точки нерва (методика монополярная). Процедуры проводятся ежедневно, в среднем по 5-10 мин. на поле. Количество процедур на курс в среднем 8-10. Для мышц лица - ручная модуляция, 15-20 сокращений каждой мышцы в течение процедуры.	Ток импульсный любой формы, лучше треугольный или экспоненциальный, частота 100 Гц, длительность импульса 1 мс, частота ритмической модуляции 23-27/мин, скважность 2.	ОР, ДВ или ДН при ручной модуляции для мышц лица.	Режим 1, род работы 11, частота модуляции 100 Гц, глубина модуляции 100%, длительность посылки 1-1,5 с. Для мышц лица режим 1, род работы 1, ручная модуляция, глубина модуляции 50-75%.
<b>Частичная РП типа А</b>	Та же, что при количественных изменениях, но, в среднем, по 5-7 минут на поле, процедуры проводятся ежедневно, в среднем 12-15 процедур на курс. Для мышц лица - то же, но по 10-15 сокращений каждой мышцы в течение процедуры.	Ток треугольной или чаще экспоненциальной формы, частота 50-70 Гц, ритмическая модуляция 12-23 /мин, скважность 2-3.	ДВ или ОВ, для мышц лица ДН или ОН - ручное прерывание.	Режим и род работы - те же, частота модуляции - 50-70-80 Гц, глубина модуляции 100%, длительность посылки 2-3 с. Для мимических мышц режим 1, род работы 1, ручная модуляция, глубина модуляции - 75%.
<b>Частичная РП типа Б</b>	Стимуляция с мышц, методика биполярная, в среднем по 3-5 мин. на поле, процедуры проводятся ежедневно, в среднем 15-25 процедур на курс. Для мышц лица - ручная модуляция, по 5-10 сокращений каждой мышцы в течение процедуры.	Ток экспоненциальный, чаще прямоугольный, частота 10-30 Гц, длительность импульса 50-100 мс. Ритмическая модуляция 4-11/ мин.	Те же параметры, но они не всегда эффективны.	Режим работы П, род работы 2, частота модуляции 30-50 Гц, глубина модуляции - 100% или > 100%, длительность посылки 4 - 6 с. Для мимических мышц - ручная модуляция на 11 режиме и 1 роде работы, глубина модуляции 100%.
<b>Полная РП</b>	Тот же режим, но, в среднем, по 1-3 минуты на поле, процедуры проводятся ежедневно, в среднем 25-30 процедур на курс.	Ток прямоугольный, частота 1-5 Гц, длительность импульса 100-300 мс, ритмическая модуляция 4/мин, скважность 4 или ручная модуляция - 2/мин, либо гальванический ток с частотой ручной модуляции 1-4/мин.	ДДТ не эффективны.	Режим П, 2 род работы, частота модуляции 10-30 Гц, глубина модуляции 100% -перемодуляция, длительность посылки 4-6 сек. Для мышц лица режим 11,1 род работы, глубина модуляции 100%, > 100%, ручная модуляция.
<b>Отсутствие электро-возбудимости</b>	ЭЛЕОГРОСТИМУЛЯЦИЯ НЕ ПРОВОДИТСЯ			

помощью различной аппаратуры [М.И. Антропова, Н.Ф. Соколова, 1981], в т.ч. аппаратов серии "Магнон-СКИФ".

При выборе оптимальных параметров электростимуляции, равно как и электродиагностики, следует учитывать некоторые особенности. Для того чтобы получить оптимальные параметры электрических токов при проведении электродиагностических исследований РЭД и ХЭД, а, следовательно, осуществить оптимальную электростимуляцию НМА, необходимо, чтобы после начала поражения НМА прошло не менее 7-14 суток. Напомним, что начало поражения НМА характеризуется резко выраженным воспалительным процессом, частичной или даже полной перерезкой двигательного нерва, синдромом длительного раздавливания и т.п. Если не учитывать это условие, то при использовании нефизиологичных параметров импульсного тока любой формы (явно завышенные частоты и нефизиологично малые длительности импульсов при низких значениях реобазы) появляются резкие мышечные сокращения, часто сопровождающиеся выраженной болевой реакцией. При этом невозможно получить правильное представление ни о состоянии электровозбудимости исследуемого НМА, ни о характере физиологичности ответной реакции. Данная реакция носит у физиологов условное обозначение "реакции переживающего нерва" и полностью исчезает при поражениях рядовой скелетной мускулатуры лишь через 7-14 суток.

Особое внимание, как и при электродиагностике, следует уделить стимуляции мимических мышц (НМА ЧЛО в целом) при их парезе или параличе вследствие неврита лицевого нерва. По мнению В.Г. Ясногородского [1985, 1987], М.И. Антроповой, Н.Ф. Соколовой [1981], это заболевание само по себе нередко оставляет, в качестве осложнения, контрактуру мимических мышц, обезображивающую лицо. К воздействию на нежные, лишенные нормальной трофики, мышцы такими манипуляциями как массаж, сильное тепло и другие контактные процедуры, включая импульсную низкочастотную терапию, предъявляют повышенные требования. Неадекватное проведение таких процедур может еще в большей степени нарушить трофику мимических мышц и привести к замещению мышечных волокон соединительной тканью - к полной атрофии. Учитывая это, некоторые врачи вообще отказываются от электростимуляции.

Такая позиция представляется неверной. Указанные выше авторы неоднократно наблюдали такие случаи пареза мимических мышц, когда длительного лечения какими-либо другими факторами было явно недостаточно для достижения саногенетических сдвигов. Подобные явления возникали и в наших исследованиях на детях после первичной или реконструированной пластики губ и мягкого неба при врожденной челюстно-лицевой патологии (ВЧЛП). Однако применение в таких случаях нескольких стимуляций часто оказывалось толчком к значительному сдвигу в клинической картине заболевания, в частности, уменьшению асимметрии лица.

Таким образом, все наблюдения свидетельствуют о том, что электростимуляцию при парезе мимических мышц проводить нужно, но с учетом

существующих противопоказаний и с большой осторожностью. Здесь только не следует спешить с электростимуляцией, так же как и с другими методами контактной физиотерапии. В этом случае об электростимуляции, как и об электродиагностике, следует думать только по прошествии четырех недель с начала заболевания, когда завершится воспалительный процесс и будет видно, как идет восстановление функции мышц. В некоторых случаях при легком течении заболевания в течение этого срока наступает полное или близкое к нему восстановление функции мышц ЧЛО и внешнего вида лица. Если восстановление осуществляется успешно, применять электростимуляцию не нужно. Если по прошествии четырех недель динамики нет или она незначительна, следует провести РЭД или ХЭД с обязательным определением полярной формулы и хронаксии. При этом нужно очень тщательно, обязательно используя консультации невропатолога, выявлять признаки развивающейся контрактуры НМА ЧЛО. Прежде всего, это касается появления содружественных сокращений или возникновения резко повышенной электровозбудимости. В этих случаях электростимуляцию прекращают.

## **2.2 МЕХАНИЗМ ЛЕЧЕБНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ**

Электрические, особенно, импульсные токи, вызывая двигательное возбуждение и сокращение мышц, одновременно рефлекторно усиливают кровоснабжение и весь комплекс обменно-трофических процессов, направленных на энергетическое обеспечение работающих мышц. Одновременно повышается активность регулирующих систем, в том числе клеток коры головного мозга (терапевтическая доминанта вибрации в коре). Наряду с улучшением кровообращения стимулируемых мышц активизируются пластические процессы, синтез нуклеиновых кислот, в том числе РНК [З.А. Соколова, 1977], а в месте воздействия продуцируются биоактивные гистаминоподобные соединения, поддерживающие расширение микрососудистого русла и трофику НМА. Сокращение мышц, вызываемое импульсным электрическим током, активизирует кровообращение и обменно-трофические процессы. Такие явления наблюдаются даже при полном перерыве проводимости по двигательному нерву, хотя в значительно меньшей степени. При этом тормозится развитие атрофии и склеротических процессов в мышце.

В случае частичной РП электростимуляция ускоряет восстановление функционального состояния заторможенных двигательных волокон и нормализует функциональное состояние нерва. Усиливается артериальное, венозное кровообращение и лимфоток, предупреждая тем самым застой крови в глубоких сосудах и образование тромбов в них. При послеоперационных парезах кишечника, например, гладкой мускулатуры, применение импульсных токов даже при накожном наложении электродов или с использованием полостных воздействий с помощью зонда, или ректального электрода ускоряет восстановление деятельности системы пищеварения. Электростимуляция

способствует улучшению ослабленной функции сфинктеров толстой кишки, мочеточников, мочевого, желчного пузыря, желудка и других органов, в функционировании которых принимает участие гладкомышечная ткань.

Ведутся поиски оптимальных режимов электростимуляции при повышенной массе тела, для повышения спортивной работоспособности и предупреждения отрицательных последствий гипокинезии (электрोगимнастика мышц). Установлено, что снижение РНК в мышцах при их стимуляции приводит к усилению функции коры надпочечников, повышению уровня кортикостерона в различных тканях, активизирует процессы тканевого дыхания, усиливает пониженные при гипокинезии анаболические процессы [З.А. Соколова, 1980].

Зарубежные авторы в ряде своих работ указывают на возможность использования импульсных токов для стимуляции спастичных мышц. Однако, по нашим данным, в этом случае импульсные токи применяются не с целью стимуляции как таковой, а для создания парабриоза, приводящего к расслаблению. Достижимый в этом случае эффект объясняется тем, что при прохождении электрического тока возбуждается сухожильный аппарат Гольджи и афферентная проприоцептивная импульсация, исходящая из него, вызывает тормозной эффект в отношении спастичной мускулатуры.

Проводится стимуляция спастичных мышц и при ДЦП. Г.Е. Багель [1984] предприняла успешную попытку электростимуляции СМТ при спастических, смешанных и периферических параличах и парезах, которая привела к улучшению церебрального кровообращения и биоэлектрической активности мозга, и к улучшению взаимодействия между облегчающими и тормозными супраспинальными системами.

В бывшем НИИ курортологии и физиотерапии г. Свердловска С.А. Серовым и Р.Г. Образцовой [1984] при исследовании постинсультных парезов было показано, что электростимуляция СМТ снижает возбудимость спинальных двигательных центров путем активации вставочных тормозных нейронов спинного мозга и снижения чувствительности проприорецепторов мышц.

### **2.3. МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ**

Как и при проведении электродиагностики, при электростимуляционных манипуляциях, особенно в зимнее время и при наличии частичной, а тем более полной РП, желательно перед началом процедуры прогреть стимулируемую мышцу. Во всех случаях применения выпрямленных или переменных токов обязательно использование гидрофильных прокладок.

При электростимуляции воздействие электрическим током может проводиться как непосредственно на мышцу, так и через ее двигательный нерв. Другими словами, как и в случае электродиагностики, при осуществлении электростимуляции пользуются двумя основными методиками: монополярной и биполярной. Все зависит от того, какая из этих методик оказалась наи-

более эффективной и физиологичной при проведении предварительной электродиагностики.

Первая методика - униполярная (монополярная).

Активный электрод малых размеров и чаще круглой формы с диаметром гидрофильной прокладки 1-2 см помещается на кожной проекции двигательной точки нерва или мышцы (в редких случаях на кожной проекции ее брюшка). Чаще всего такой электрод является пластинчатым, не имеет прерывателя и крепится к коже нетугим бинтованием или липкой лентой (лейкопластырем). В некоторых случаях, например, при электростимуляции НМА ЧЛО, он снабжается кнопочным прерывателем с ручным держателем, т.е. является тем же самым электродом, который используется для электродиагностики. Обычно, в случаях применения импульсного выпрямленного или прерывистого гальванического тока такой электрод соединяется с катодом прибора, на котором проводится электростимуляция и (или) электродиагностика.

Индифферентный электрод, с площадью гидрофильной прокладки 25-100-200 см<sup>2</sup>, фиксируется на коже проекции сегментарных уровней С<sup>2</sup>-Th<sup>12</sup>-L<sup>3</sup>-S<sup>2</sup>, в зависимости от области стимуляции НМА: ЧЛО, верхние, нижние конечности, гладкая мускулатура внутренних органов, межреберные мышцы, диафрагма и т.д. Этот электрод соединяется с анодом источника тока.

Разновидность данной методики: один пластинчатый электрод соответствующей площади располагается на кожной проекции необходимой рефлексогенной зоны, а другой - активный раздвоенный, меньшей площади фиксируется на симметричных кожных проекциях двигательной точки нервов или на брюшках стимулируемых мышц. Такая методика часто применяется у детей при ДЦП или у пациентов после длительной иммобилизации конечностей, вынужденной гипокинезии, при врожденной гипотрофии мышц, у спортсменов с целью повышения мышечной массы или силы мышц.

Вторая методика - биполярная (двухполюсная). Активный электрод малых или средних размеров, в зависимости от задач, например, стимуляция пораженной мышцы при РП типа А, Б или при полных РП НМА, помещается на коже проекции двигательной точки мышцы или ее брюшке. Чаще всего он соединяется с катодом. Другой электрод\* больших размеров, накладывается на кожу проекции сухожилия стимулируемой мышцы или поперечно (поперечно-диагонально) активному электроду. Этот электрод соединяется с анодом.

В последние годы для активации реиннервационных процессов двигательных нервов нами была предложена еще одна методика наложения электродов. Активный электрод фиксируется на коже проекции поражения или культы двигательного нерва, а пассивный - на коже соответствующего сегмента спинного мозга. Такая процедура применяется при невозможности осуществления монополярной методики, т.е. при наступлении денервации пораженной мышцы (поздние сроки развития РП типа А, Б или при полной РП).

В ряде случаев приходится пользоваться двумя этапами электростимуляции. При количественных поражениях НМА и начальной стадии РП типа А используется так называемая активная электростимуляция. В более поздние сроки развития поражения при РП типа Б или полной РП сначала применяется пассивная электростимуляция.

Первый этап - пассивная электростимуляция. Проводится в случаях отсутствия произвольных сокращений пораженной мышцы, чаще при полной ее денервации. Используется электрический ток с выбранными в процессе электродиагностики оптимальными формой импульса и другими параметрами (частота или одиночные импульсы, их длительность, реобазис, хронаксия, время утомления, оптимальная сила тока для вызывания слабых, а позднее - средних по силе сокращений мышц). На данном электростимуляционном этапе периодически, через 5-10 процедур электростимуляции, проводится контрольная электродиагностика. Такая процедура необходима для уточнения перечисленных выше параметров тока и возможности изменения вида электрического тока в сторону физиологичности (прерывистый гальванический, прямоугольный, синусоидальный или полусинусоидальный, экспоненциальный, треугольный). Контролируется также состояние полярной формулы Пфлюгера - Бреннера. При появлении первоначальных признаков активного сокращения пораженной мышцы (когда волевые усилия больного заставляют сократить эту мышцу) проводится еще одна контрольная электродиагностика и начинается проведение процедур второго этапа электростимуляции.

Второй этап - активная электростимуляция. Суть ее заключается в том, что во время действия электрического тока с выбранными в процессе электродиагностики оптимальными параметрами больной активно пытается максимально сократить пораженную мышцу, как бы "помогая" току. Этот этап является своеобразным сочетанием действия импульсных токов и ЛФК, что значительно ускоряет восстановительные процессы в пораженном НМА.

Электростимуляция прекращается при появлении значительных по силе произвольных живых, а еще лучше - молниеносных сокращений бывшей пораженной мышцы. В этом случае, при проведении контрольной электродиагностики с монополярным способом расположения электродов, молниеносные сокращения должны происходить в ответ на минимально возможную длительность импульсов треугольного или экспоненциального тока оптимальной частоты. При сравнении с симметричным здоровым НМА не должно быть значительных расхождений в регистрируемых параметрах электрического тока. Отличия могут заключаться лишь в неполном восстановлении левой и, реже, средней части полярной формулы Пфлюгера-Бреннера. В некоторых случаях, особенно когда поражения НМА были значительными, полное восстановление полярной формулы происходит в течение 2-5 лет.

Процедуры электростимуляции начинаются с использования минимальных сил тока, при которых появляются небольшие надпороговые сокращения пораженной мышцы. При этом нужно стараться производить наиболее физиологичные тетанические сокращения мышц, чередующиеся с паузами.

При стимуляции небольших или средних по размерам скелетных мышц, денервированных или иннервируемых частично, зачастую наиболее адекватной является экспоненциальная форма импульсов, для крупных скелетных мышц - прямоугольная.

Чем более поражен НМА., тем больше должна отдыхать мышца. В этом случае можно получить более выраженное ответное сокращение при прохождении импульсов тока. Когда мышца чрезвычайно ослаблена и ее кровоснабжение недостаточно, проводимая электростимуляция не должна вызывать утомления этой мышцы, чтобы не приводить к накоплению молочной кислоты. Дело в том, что потребность в кислороде и питательных веществах не должна превышать реально существующие возможности кровоснабжения пораженной мышцы. В противном случае возможны парадоксальные реакции со спазмом сосудов и ухудшением состояния мышц, которое может выразиться в прогрессировании гипотрофии. Поэтому электростимуляция мышцы через утомление недопустима! При ее появлении ток немедленно отключается.

Примерное соотношение посылок серий импульсов или одиночного импульса и паузы может быть следующим:

для здоровой мышцы 1:1 - 1: 1,5, при количественных изменениях НМА 1:1,5-1:2;

при частичной реакции перерождения типа А 1:2 - 1:3;

при частичной реакции перерождения типа Б 1:3 - 1:5;

при полной РП выше 1:5.

Наименьшая длительность импульсов тока, при которой возможно получение тетанического сокращения стимулируемой мышцы, определяется в процессе электродиагностики. Однако в некоторых случаях даже самые длинные частотные импульсы более 40-50 мс, способные в норме вызывать тетаническое сокращение, могут все же не вызвать реакции пораженной мышцы. В этом случае как вынужденную меру следует применять более короткие одиночные импульсы для вызывания отдельных подергиваний мышцы. Если и эта мера не дает эффекта, то используются одиночные более длинные импульсы, или даже прерывистый гальванический ток, которые вызывают червеобразное сокращение мышцы, в какой-то степени предупреждая ее полную атрофию.

Интенсивность используемого при электростимуляции тока также определяется состоянием мышцы. При очень ослабленной мышце (РП типа Б или полная РП) не нужно добиваться ее отчетливых сокращений. Они должны быть легкими. Однако, по мере укрепления мышцы и адаптации НМА к электрическому воздействию, сила тока должна быть достаточной (сначала средней, а далее - выраженной безболезненной) для вызывания отчетливых явных сокращений, т.к. токи малой интенсивности не обеспечивают заметного успеха. Использование же тока реобазы вообще не дает никаких положительных сдвигов.

Важной особенностью проведения электростимуляции при выражен-



ной РП является то обстоятельство, что на области кожной проекции двигательной точки стимулируемой мышцы в качестве активного электрода должен находиться катод. Только такое расположение электродов может обеспечить более быстрое и физиологичное восстановление электровозбудимости пораженного НМА.

Стимуляцию мышц, как и электродиагностику, нужно проводить из растянутого исходного состояния мышц, чтобы под влиянием тока они имели возможность более полно сокращаться. Больному лучше находиться в лежачем положении. При исследовании и стимуляции мимической мускулатуры и мелких мышц рук больного можно располагать сидя. Удобное положение должно быть обеспечено и для медперсонала, проводящего электростимуляцию, во избежание излишнего напряжения их мышц. Неудобное положение может привести к напряжению и усталости руки исследователя. В этом случае ее произвольные движения могут передаваться через электрод к области исследования или стимуляции и создать впечатление двигательной реакции.

При стимулировании мышцы с нарушенной иннервацией первоначально тело или конечность располагаются таким образом, чтобы облегчить сокращение мышцы, например, с помощью подтягивания стопы, голени, бедра резиновым бинтом с учетом тяжести самой конечности и степени РП НМА. По мере увеличения объема движений и силы мышцы следует вводить дополнительную нагрузку в виде преодоления тяжести, сопротивления пружины или резины. В таких условиях, помимо участия волевых усилий больного, обязательно проведение специальных упражнений ЛГ и ЛФК, массаж во время и после процедур электростимуляции, рефлексотерапии и другой физиотерапии, т. к. только комплексное лечение обеспечивает наиболее полное восстановление электровозбудимости НМА.

Установлено, что процедуры электростимуляции небольшой продолжительности эффективнее, чем продолжительные в отношении развития атрофии. Их нужно проводить 3-4 раза в день. Первоначальное время воздействия 1-3 минуты, в зависимости от степени РП. В дальнейшем, по мере укрепления мышцы и возрастания ее массы и силы, время увеличивается до 10-минутных воздействий на каждую мышцу. Длительность паузы (отдыха) первоначально в 8-10 раз превышает время подачи тока. В дальнейшем, по мере восстановления электровозбудимости время отдыха сокращается и в конечном итоге становится лишь в 1,2-2 раза больше времени подачи тока. При поражении нескольких мышц общее максимальное время электростимуляционных процедур не должно превышать 30-40 минут. Длительность электростимуляции крупной скелетной окрепшей мышцы может быть доведена до 15-20 минут с небольшими 2-3-минутными перерывами в процессе процедуры.

Количество процедур на курс электростимуляции также зависит от степени нарушения электровозбудимости. Так, при количественных поражениях НМА на курс лечения обычно назначают 8-10 ежедневных процедур по 3-4 раза в день, процедуры проводятся ежедневно. В случае необходимости

повторный курс электростимуляции может быть проведен через 30 дней. При РП типа А максимальное количество процедур на курс лечения достигает 15-20. Повторные стимулирования назначают не позднее чем через 14-15 дней, во избежание восстановления первоначального состояния нарушения электровозбудимости. При РП типа Б количество процедур на курс лечения не менее 20-25, иногда 30, повторный курс через 7-10 дней. Наконец, в случаях полной РП, максимальное число ежедневных процедур на курс доводится до 30-40, а перерыв между курсами не должен превышать 7 дней. Количество таких курсов до полной реиннервации зависит от степени РП и может достигать 2-20-30, а иногда и выше, т.к., например, процессы реиннервации крупных двигательных нервов весьма длительны по времени.

Электростимуляция лицевой мускулатуры требует большой осторожности, т.к. иногда даже при начальной электродиагностике может быть спровоцирована контрактура мимических мышц. Иногда такое состояние вызывается и на первых процедурах неправильно проводимой электростимуляции. Поэтому первоначально она проводится на силах тока, равных реобазе. При этом первые процедуры проводят один раз в неделю по 1-2 пороговых сокращения каждой пораженной группы мышц лица. В дальнейшем, по мере укрепления мышц, переходят на стимуляцию 2-3 раза в неделю, а затем и ежедневно, постепенно наращивая силу тока до средних значений и проводя контрольную электродиагностику. По мере дальнейшего укрепления мимической мускулатуры растет число ежедневных сокращений - до 15-20 сокращений каждой группы мышц в течение процедуры. Лишь убедившись в полном отсутствии опасности возобновления контрактуры и для завершения полного восстановления НМА можно использовать двухлопастной или трехлопастной электрод - полумаску Бергонье. В остальных случаях всегда пользуются ручной модуляцией при помощи ручного электрода с кнопочным прерывателем. Такую электростимуляцию должен проводить только врач.

Электростимуляцию гладкой мускулатуры внутренних органов чаще проводят путем косвенного воздействия импульсным током через кожную поверхность. Несколько реже, хотя такой способ и более эффективен, применяют полостные методики с погружением электродов в полые органы (желудок, пищевод, прямую и сигмовидную кишку). Наиболее оптимальными здесь признаны импульсы токов экспоненциальной формы с длительностью 100-500 мс и частотой 0,5-30 Гц. Хорошо в этом отношении зарекомендовали себя СМТ, а также предложенные нами средненизкочастотные сложномодулированные токи от аппарата "Олимп-М". Время воздействия на каждое поле составляет, в среднем, 8-20 минут, но общее время не должно превышать 40 минут. Количество процедур определяется восстановлением перистальтики и составляет, в среднем, 8-15, реже 20 процедур.

## **2.4. ОСЛОЖНЕНИЯ И ПОБОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ ЭЛЕКТРО-СТИМУЛЯЦИИ**

### **1. Перерастяжение и разрыв стимулируемой мышцы.**

Данное осложнение является наиболее тяжелым, т.к. влечет за собой еще и возникновение гематомы, большой кровопотери, и дальнейшее прогрессирование денервации. Разрыв чаще всего возникает при подаче больших сверхпороговых величин импульсного тока, особенно в тех случаях, когда, вследствие полной утраты проприоцептивной чувствительности, больной не чувствует боли при больших значениях тока. Нередко перерастяжение и разрыв мышцы возникают в тех случаях, когда электростимуляцию пытаются проводить при наступившем утомлении пораженной мышцы.

### **2. Утомление пораженной мышцы.**

Утомление пораженной мышцы наступает тем быстрее, чем выраженнее нарушение электровозбудимости НМА. При полной утрате чувствительности или у детей младших возрастных групп об утомлении можно судить по резкому падению амплитуды сокращений. Происходит большое накопление недоокисленных продуктов и молочной кислоты в мышце. В этом случае стимуляция немедленно прекращается, т.к. дальнейшее увеличение амплитуды тока, особенно при наиболее грубых формах импульса, приводит к перерастяжению или разрыву мышцы.

### **3. Появление содружественных реакций сокращения.**

Если при вызывании сокращения одной мышцы начинают вместе с ней сокращаться другие мышцы, такие сокращения называются содружественными. Например, при сокращении сгибателя большого пальца кисти сгибается мизинец той же кисти, при сокращении круговой мышцы рта, вместе с ней сокращается другая (круговая мышца глаза и т.д.). Разновидностью таких явлений может быть сокращение симметрично расположенных пораженных мышц. Например, при сокращении мышц левого надплечья, сокращаются мышцы правого и т.п. Электростимуляция в таких случаях, как правило, противопоказана, либо проводится после тщательной ХЭД, курса предварительной рефлексотерапии, лечения умеренным теплом, ультразвуком, гидрокортисон-фонофорезом, УВЧ, СВЧ, КВЧ и т.д.

### **4. Контрактура лицевой мускулатуры.**

Данное явление чаще всего имеет место как осложнение неврита лицевого нерва, хотя иногда провоцируется и импульсным электрическим током. Из-за возникающего пареза или паралича круговых мышц глаз веки или одно веко не смыкаются (лагофтальм - заячий глаз), лицо перетянато в здоровую сторону, угол рта опущен, пища застревает между щекой и десной. Парез и паралич век приводит к нарушению циркуляции слезы, раздражение глаза

стимулирует избыточную ее секрецию и, в результате, слеза постоянно стекает по щеке. Отек лицевого нерва приводит к утрате вкуса на передних 2/3 языка на стороне поражения. Еще большее поражение выключает и волокна, идущие к мышце, напрягающей стремечко, что обуславливает обострение слуха на той же стороне (гиперакузия). Наконец, если отек охватывает коленчатый узел, выключаются волокна, контролирующие слезную железу, что приводит к прекращению слезоотделения (синдром "сухого глаза", чреватый возникновением кератита из-за лагофтальма).

В этих случаях прибегают к следующим физиотерапевтическим методам: тепло, СВЧ, УВЧ-индуктотермия, а после 2-3 недель процесса - ультразвук, ультрафонофорез гидрокортизона, умеренная ЛФК, можно попробовать провести легкую недлительную процедуру массажа и лейкопластырную повязку, препятствующую перерастяжению паретичных и парализованных мышц. Возможна умеренная рефлексотерапия. Остальные, в том числе стимуляционные, мероприятия следует начинать применять не ранее 4-х недель по окончании процесса и ликвидации признаков контрактуры. При явлениях контрактуры других скелетных мышц использование низкочастотной импульсной электротерапии не противопоказано (см. ниже "Примеры назначений").

#### **5. Резкое повышение электровозбудимости, выраженные произвольные сокращения мышц.**

Такие эффекты могут быть врожденными или приобретенными (ДЦП, последствия полиомиелита, энцефалита и т.п.) или возникать как проявления осложнений ревматизма (малая хорея), эпилепсии, менингита и т.д. В этих случаях, наряду с симптоматическим лечением, проводят физиотерапию, направленную на снижение гиперкинеза, контрактуры и на стимуляцию ослабленных мышц.

### **2.5. ПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ**

1. Профилактика и лечение пораженного НМА при ВЧЛП, невритах лицевого нерва, нейропатиях и невралгиях.
2. ДЦП с пирамидными и экстрапирамидными расстройствами.
3. Последствия полиомиелита и энцефалита.
4. Нарушения иннервации, вызывающие нарушения электровозбудимости скелетных мышц и расстройства двигательных функций при периферических парезах и параличах различного генеза областей тела.
5. Профилактика и лечение атрофии мышц в результате гипокинезии.
6. Профилактика и лечение флеботромбозов. Нарушения периферического артериального и венозного кровотока, лимфотока.
7. Заболевания органов дыхания, сопровождающиеся ослаблением НМА межреберных мышц, диафрагмы, бронхов, передней брюшной стенки (ослабление функции дыхания и снижение отхаркивающего эффекта).

8. Нарушения двигательной функции гладкой мускулатуры внутренних органов (энурезы, энкопрезы, атонический колит, гастрит, дискинезии желчевыводящих путей по гипотонически-гипокинетическому типу).

9. Гипогалактия (снижение тонуса мышечной стенки млечных ходов железы).

10. Нарушения жирового обмена и избыточная масса тела.

11. Лоханочно-мочеточниковые и пузырно-мочеточниковые рефлексии и мочекаменная болезнь без осложнения и врожденных дисплазий мочевыводящих путей.

12. Ослабление родовой деятельности. Хронический атонический про- статит.

13. Ослабление запирающей функции сфинктеров желчного пузыря, Одди, прямой кишки.

14. Ослабления репаративного остеогенеза.

## **2.6. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ**

1. Непереносимость электрического тока: аллергические реакции, появление болевых ощущений на подпороговых и пороговых величинах тока.

2. Отказ пациента от процедуры.

3. Склонность к кровоточивости и кровотечению.

4. Острые воспалительные процессы, сопровождающиеся гнойным воспалением, гипертермией, интоксикацией.

5. Эпилептический статус.

6. Контрактура лицевой мускулатуры, содружественные сокращения мышц.

7. Желчно- и почечнокаменная болезнь, мочекаменная болезнь, осложненная острым пиелонефритом, большими размерами конкремента и врожденной дисплазией мочевыводящих путей.

8. Новообразования.

9. Беременность (до начала родовой деятельности).

## **ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ КАБИНЕТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕДУР**

Для проведения процедур электродиагностики и электростимуляции желательно иметь отдельный кабинет, изолированный от других ФТК, а также от источников различных помех по сети (кабинетов функциональной диагностики).

Такой кабинет должен подсоединяться к источнику сетевой промышленной электрической энергии через отдельный групповой щит с глухозаземленной нейтралью. В кабинете должна быть обеспечена защита от посторонних шумов. Для этого устанавливается входная дверь-тамбур, стены обива-

ются звукоизолирующим материалом. Возможно также обеспечение специальными светящимися или выносными табло с надписью "Тихо, идет исследование". Кабинет должен быть хорошо освещен, это касается как естественного, так и искусственного освещения. Освещение должно быть прямым. Площадь окон должна обеспечивать достаточное для исследователя освещение нужных участков тела. Температура в кабинете должна создавать комфортные ощущения у пациента и не вызывать охлаждение тела (не менее +23 и не более +25°C). Площадь помещения должна составлять не менее 8 м<sup>2</sup> на одну кушетку. Если в кабинете находится одна лечебная кушетка, то его площадь должна быть не менее 12 м<sup>2</sup>. Помещение оборудуется естественной или приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей влажность воздуха не более 60%. Половое покрытие в кабинетах электродиагностики и электростимуляции ничем не отличается от такового в других ФТК: дерево, можно покрыть его неэлектризующимся синтетическим материалом. Устанавливаются также защитные деревянные кожухи труб канализации, отопления, водоснабжения. При организации кабинной системы в помещении материал штор должен быть выполнен из неэлектризующейся ткани или других неэлектризующихся твердых конструкций (пластмасс, дерева, пенопласта и т.п.). Для лучшего обеспечения электробезопасности рекомендуется потолочное крепление перегородок кабин.

Размеры лечебной кушетки в кабинете и ее внешний вид напоминают массажные, имеют специальные приспособления для изменения высоты и для укрепления конечностей с отведением их в сторону для удобства исследования или стимуляции. Кушетка устанавливается перпендикулярно окну, обеспечивая максимальное освещение тела пациента. Подобным образом монтируются и кресла для сидячих процедур электродиагностики и электростимуляции, обеспечивая максимальную освещенность лица, надплечий, рук и передней поверхности грудной клетки исследуемого. Такие кресла желательно снабдить подголовником.

Врачу-исследователю или медицинскому персоналу, проводящему электростимуляцию, обеспечивается удобное сидячее (кресло) или стоячее (оптимальная высота кушетки) положение для проведения диагностической и лечебной процедуры. Врач во время процедуры располагается таким образом, чтобы в одной руке можно было удерживать электрод-прерыватель (ручная модуляция) или зафиксировать его лентой, лейкопластырем, а другой - регулировать и устанавливать оптимальные параметры тока. При этом он одновременно должен следить за сокращающимися мышцами (в т.ч. за наступлением утомления!) и шкалой прибора, отражающей параметры подаваемого электрического тока. Недопустимо к проведению процедур электродиагностики и электростимуляции НМА ЧЛО привлекать средний медицинский персонал или врачей, слабо знакомых с приемами и методами этих манипуляций. Во время проведения процедур пациент пользуется собственными спальными принадлежностями, принося их с собой или же храня их на время лечения в кабинете, для чего устанавливается специальный шкаф с ячейками.

Кабинет электродиагностики и электростимуляции обязательно обеспечивается согревающими устройствами типа ламп Инфраруж или Соллюкс. Возможно применение парафина, озокерита, различных видов грелок, тепловых ванночек, нагретых глины, парафина и т.п. В последнее время получили признание отражатели, выполненные из специальной фольги, входящей в состав специального лечебного медицинского одеяла (ОЛМ-1).

В практической физиотерапии, чаще всего для электродиагностических и электростимуляционных мероприятий приходится пользоваться обычным ФТК, в котором проводятся и другие виды физиопроцедур. В этом случае, по согласованию с администрацией ЛПУ, устанавливается определенное время, в течение рабочего дня, для осуществления таких манипуляций. В этот период времени все другие процедуры, связанные с электрической энергией в данном ФТК, должны быть прекращены.

Организация кабинета для проведения электродиагностики и электростимуляции может быть совмещена с созданием помещения рефлексотерапии, так как довольно большое количество двигательных точек нервов и мышц анатомически и физиологически совпадают с биологически активными точками. В этом случае при специальной подготовке описанные манипуляции может проводить один и тот же врач-специалист (как физио-, так и рефлексотерапевт).

В случае совпадения топографии биологически активных и двигательных точек, при наличии небольших степеней нарушения электровозбудимости НМА, в кабинетах электродиагностики, электростимуляции и электро-рефлексотерапии могут быть использованы аппараты типа "ЭМИТ", "Аксон-2", "Рефлекс", "Рефи", "Рофэс", "Олимп-М" или более простые типы: "Адаптон Поиск", "Эледиа", "Рампа", "Скэнар", "Луч-1", "Чэнс" и т.п. Обязательными являются наличие приборов СМТ (аппараты "Олимп-М", "Амплипульс"), и ДДТ ("Тонус-2", "Тонус-2м"), ГТ ("Поток-1"). Хорошо зарекомендовали себя генераторы "УЭИ-1", "Нейропульс", "ИСЭ-01". Наилучшими вариантами являются аппараты последнего поколения серии "Магنون-СКИФ", "ЭМИТ", "Олимп-М". Не исключено применение и зарубежных, например, немецких конструкций (типа "ТУР", "RS-21"), но они сложны в эксплуатации, дороги, а трактовка полученных результатов, зачастую, не попадает под аналы классической физиологии (физиологических ответных реакций НМА человека и высших животных). Подобными особенностями обладает аппаратура Бельгии, Австрии, Финляндии и других зарубежных фирм, серьезно не занимающихся вопросами изучения НМА.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Пример

Карта исследования электровозбудимости методом ХЭД

Ф.И.О. больного \_\_\_\_\_

Возраст \_\_\_\_\_ Дата проведения электродиагностики \_\_\_\_\_

Диагноз направляющего учреждения \_\_\_\_\_

Наименование нерва или мышцы	Вид использованного тока, его оптимальные параметры				Величина хронаксии
	Частота	Длительность импульса	Реобазис	Полярная формула	

Применение \_\_\_\_\_

Заключение \_\_\_\_\_



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Оформление рецепта (формы № 44у)

1. В текстовой части рецепта указывается Ф.И.О. больного, возраст, диагноз, в т.ч. полученный в результате РЭД или ХЭД.

2. Далее указывается вид электростимуляции (СКИФ-стимуляция, СМТ, ЭМИТ-стимуляция, флукуоризация, интерференц-электростимуляция, ДДТ, Нейропульс-стимуляция и т.п.) или аппаратура, от которой она проводится ("Магنون-СКИФ", "Эмит-Г", "Олимп-М", "Стимул-1", "Эндотон", "Миотон" и др.).

3. Фиксируется методика проведения электростимуляции (монополярная, биполярная, рефлекторно-сегментарная, смешанная).

4. Далее обозначается стимулируемый НМА и область воздействия (при необходимости - количество полей). Указываются параметры воздействия: вид тока, частота, длительность импульса, длительность посылок-пауз или скважность, величина частотной модуляции, глубина модуляции, время проведения процедуры. В последнюю очередь указывается очередность проведения процедур и их число на курс лечения.

5. На клише обозначается место наложение активного и пассивного электродов с указанием их площади и зоны воздействия (С, Th, L, S), отмечается также порядковый номер поля.

## Пример назначения рецепта

Ф.И.О., возраст: Иванов И.И., 27 лет.

Диагноз: хронический холецистохолангит в фазе затухающего обострения, ДЖВП по гипотонически-гипокинетическому типу.

Назначение: электростимуляция желчного пузыря, методика поперечная (рис. 32).

Параметры от аппаратов серии "Магنون-СКИФ". Ток экспоненциальный или синусоидальный биполярный, частота 1-20 Гц, частота заполнения 1-2 кГц, длительность импульса 5-10-20 мс, длительность посылок 4-5 с, пауз 5-8 с, диапазон модуляции 20-30 Гц. Сила тока - от умеренных до выраженных сокращений мышц области правого подреберья, процедуры проводятся ежедневно, количество на курс 7-15.

Параметры от аппарата "Эмит-1". Ток переменный или выпрямленный, АМ 4-20 Гц, режим ИГ 1-4 с, остальные параметры те же.

Параметры от аппарата "Олимп-М". Ток переменный или выпрямленный, частота 10-20 Гц, частота заполнения 1 кГц, АМ 0,1-0,2 Гц, остальные параметры те же.

Параметры от аппарата "АМПЛИПУЛЬС". Режим переменный, 2 род работы, частота модуляции 10-30 Гц, глубина модуляции 75-100%-перемодуляция, длительность посылок токов в периоде - 4-6 с.

Параметры от ДДТ. ДВ - 1-2 минуты, ОВ - 5-10-15 минут, остальные параметры те же.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антропова М.И., Соколова Н.Ф. Электростимуляция при вялых парезах и параличах. - Вопросы курортологии, 1981, № 1, с. 71-74.
2. Багель Г.Е. Электростимуляция синусоидальными модулированными токами в комплексном лечении больных с заболеваниями спинного мозга со спастическими и смешанными парезами. - Вопросы курортологии, 1979. №2, с. 32-36.
3. Беритов И.С. Общая физиология мышечной и нервной системы. -М.: Медгиз, 1959, 600 с.
4. Гурленя А.Н., Багель Г.Е. Физиотерапия и курортология нервных болезней. - Минск, Высшая школа, 1989, 400с.
5. Гусев Е.И. Наследственные болезни метаболизма с поражением нервной системы. - Болезни нервной системы: рук-во под ред. Н.И. Яхно, Д.Р. Штульмана, П.В. Мельничука. - М.: Медицина, 1995, т. 2, с. 250-279.
6. Ильина Н.А., Штульман Д.Р. Нервно-мышечные заболевания. - Болезни нервной системы: рук-во под ред. Н.И. Яхно, Д.Р. Штульмана, П.В. Мельничука. - М.: Медицина, 1995, т. 1, с. 565-642.
7. Казначеев В.П., Утямышев Р.И. Предисловие. Биологическое действие электромагнитных полей: «Электромагнитные поля в биосфере». - М.: Наука, 1984, т. 2, с. 3-4.
8. Карачевцева Т.В. Детские заболевания. - Справочник по физиотерапии. - М., 1992, с. 445-510.
9. Лазарев П. Исследования по ионной теории возбуждения. Ч. 1. -Изд-во Московского научного института, 1916.
10. Латманизова Д.В. Лекции по физиологии нервной системы. -М.: Высшая школа, 1968, 312 с.
11. Мажейко Л.И. Вертеброневрологические аспекты поражений кранио-вертебральной области у детей (клиника и диагностика). Автореф. дисс. канд. мед. Наук - Пермь, 1997, 24 с.
12. Семенова К.А. и др. Сочетанное использование искусственной локальной гипотермии и СМТ-терапии в комплексном восстановительном лечении детей с церебральными параличами. - Тез. докл. IX Все-союзн. съезда физиотерапевтов и курортологов (г. Ташкент, 4-6 октября 1989 г.), - М., 1989, г. 2, с. 15-16
13. Соколова З.А. Действие синусоидальных модулированных токов на нуклеиновый обмен в скелетных мышцах и состояние дезоксирибонуклеопротеида нейронов головного мозга при физической нагрузке (экспериментальное исследование).- Вопросы курортологии, 1980, № 4, с. 7-10.
14. Серов С.А., Образцова Р.Г. К механизму лечебного действия электростимуляции синусоидальными модулированными токами у больных с постинсультными парезами. Физические факторы в лечении и медицинской реабилитации больных различными заболеваниями. -М., 1984, с. 60-62.

15. Чаговец В.Ю. Очерк электрических явлений на живых тканях с точки зрения новейших физико-химических теорий. - Вып.2 СПб 1903.
16. Шухова Е.В., Агранович О.В. Курортное лечение и реабилитация детей с последствием закрытой травмы черепа. - IX Всесоюзный съезд физиотерапевтов и курортологов, г. Ташкент, 4-6 октября 1989г., Тез. докл. - М., 1989, т. 2, с. 128.
17. Ясногородский В.Г. Электротерапия. -М.: Медицина, 1987, 240 с.
18. Bourguignon G. La chronaxie cher rhomme. - Paris, 1926.
19. Du Bois-Raymond E. Untersuch ub. thierische Eftkrizitat. - Bd.17 - Berlin, 1849,296s.
20. Lapique L. Beitrag zur Analise der summarisch Konstant. Ann. Physiol. -Bd.L, 1925, s. 132-138
21. Pfluger E. Physiologie des Electrotonus. Arch. Pathol. Anal, 1858 № 3, s.437
22. Матвеев В. А., Гуляев В. Ю., Оранский И. Е., Матвеев А. В. Клинические исследования электровозбудимости кожных и болевых рецепторов. - В сб. статей Международного конгресса "Курортология. Физиотерапия. Восстановительная медицина XXI века». Пермь, 2000, с. 191-192.
23. Матвеев В. А., Гуляев В. Ю., Оранский И. Е., Матвеев А. В. Электродиагностика кожных рецепторов как вид физиотерапевтических воздействий. - Тезисы доклада на VII Международном форуме «новые технологии восстановительной медицины и курортологии (физиотерапия, реабилитация, восстановительная медицина)». Анталия, 2000.
24. Матвеев В. А., Гуляев В. Ю., Оранский И. Е., Матвеев А. В. Электродиагностика ноцицептивной системы как вид физиотерапевтических воздействий.
25. Гехт Б.М., Касаткина Л.Ф., Самойлов М.И., Санадзе А.Г. Электромиография в диагностике нервно-мышечных заболеваний.