

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И ТУРИЗМУ**

**СМОЛЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ
КУЛЬТУРЫ**

Допущено Государственным комитетом
Российской федерации по физической
культуре и туризму в качестве учебного
пособия для студентов высших учебных
заведений физической культуры

А. А. НИКОЛАЕВ

**ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ
В СПОРТЕ**

Учебное пособие для студентов и
преподавателей академий и институтов
физической культуры

СМОЛЕНСК 1999

УДК 796.431

Николаев А.А. Электростимуляция в спорте:
Учебное пособие для преподавателей и студентов высших учебных заведений
физической культуры. Смоленск: СГИФК. 1999. - 74 с.: ил.

Учебное пособие подготовлено в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению 521900 - "Физическая культура".

Пособие призвано помочь специалистам и студентам глубже разобраться в сложной проблеме применения электростимуляции двигательного аппарата в спортивной практике.

В пособии представлены различные взгляды на способы применения одного из эффективных и достаточно редко применяемого в спортивной практике метода управления функциональным состоянием спортсменов.

Учебное пособие включает физиологическую характеристику изменений в организме человека при проведении электростимуляции двигательного аппарата, а также практические рекомендации по применению этого метода в тренировочном процессе и предназначено для преподавателей и студентов высших учебных заведений физической культуры, тренеров и педагогов, работающих в области спорта.

Рисунков - 9, библиография – 24 названия.

Рецензенты: заведующий кафедрой физического воспитания СГМА
профессор **Костюченков Владимир Николаевич**;
доцент кафедры физиологии СГИФК, кандидат медицинских наук **Мильнер Евгений Григорьевич**.

Смоленский государственный институт
физической культуры, 1999

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Действие импульсного электрического тока на организм человека	6
2. Основные характеристики стимулирующих импульсов	12
2.1. Характер стимулирующих сигналов	12
2.2. Форма стимулирующих сигналов	14
2.3. Частотные характеристики стимулирующих сигналов	17
2.4. Величина по напряжению и току стимулирующих сигналов	21
3. Особенности проведения электростимуляции	24
3.1. Место расположения электродов	24
3.2. Длительность электростимуляционных воздействий	26
3.3. Режимы электростимуляционных воздействий	28
3.4. Условия электростимуляции	30
4. Некоторые особенности применения электростимуляции в спорте	33
4.1. Развитие скоростно-силовых качеств	34
4.2. Наращивание мышечной массы	43
4.3. Повышение силовой выносливости мышц	48
4.4. Совершенствование координационных возможностей	52
4.5. Ускорение восстановительных процессов	55
4.6. Предварительная подготовка мышц	58
4.7. Восстановление после травм	60
Меры безопасности при проведении электростимуляции двигательного аппарата	65
Заключение	66
Литература	69
Приложение	74

ВВЕДЕНИЕ

Основной тенденцией тренировки в современном спорте является постоянное повышение объемов и интенсивности тренировочных нагрузок. При этом в ряде видов спорта нагрузки достигли предельных величин. Дальнейший рост достижений в спорте возможен только при планомерном использовании нетрадиционных средств развития физических качеств и управления состоянием спортсменов.

Поискам подобных средств уделяется большое внимание, как в нашей стране, так и за рубежом. Одним из методов эффективного развития и совершенствования физических качеств, а так же управления состоянием спортсменов может стать электростимуляция нервно-мышечного аппарата. Сущность этого метода заключается в действии на двигательный аппарат человека импульсов электрического тока определенной частоты, формы и амплитуды.

Мышцы человека под влиянием действия подобных импульсов сокращаются и выполняют определенную работу, причем степень напряжения и продолжительность сокращений мышц зависят не от воли человека, а от характеристик импульсов электрического тока. Кроме влияния на мышцы электрический ток оказывает действие и на многочисленные рецепторы, что позволяет использовать электростимуляцию для управления функциональным состоянием спортсменов.

Область применения электростимуляции в наши дни различна. В качестве самостоятельной методики в медицинской практике - электродиагностика, электросон, электронаркоз и другие виды воздействия на центральную нервную систему, электрошоковая терапия, электростимуляция сердца, скелетной и гладкой мускулатуры, вегетативной нервной системы, костей, желез внутренней секреции и других органов.

Перспективность и эффективность применения этого метода в спорте, по мнению ряда исследователей (Г.Ф.Колесников, 1965,1977; Я.М.Коц,1969,1972; В.А.Хвилон,1969 и др.), не вызывает сомнений.

Однако, в настоящее время литературы по физиологическому обоснованию методики развития физических качеств и управления состоянием спортсменов с помощью электростимуляции очень мало, что, на наш взгляд, не позволяет получить должный эффект в росте спортивных достижений, лечение различных травм, а порой вызывает просто разочарование у специалистов и спортсменов. Кроме этого, недостаточное изучение всего комплекса изменений в организме спортсмена при электростимуляции находит свое отражение и в конструкции отдельных электростимуляторов, рекомендованных для применения в спорте.

Данное учебное пособие направлено на то, чтобы помочь преподавателям и студентам расширить рамки представлений о возможностях применения электростимуляции в области спорта, выйти за пределы традиционных представлений, используя новые подходы, помочь им разобраться в растущем потоке информации о новых методах тренировки.

В первой главе учебного пособия дается краткий исторический обзор основных этапов исследования влияния электростимуляции на организм человека и обзор исследований, посвященных физиологической характеристике изменений в организме при проведении электростимуляции двигательного аппарата. Во второй главе пособия приведены основные характеристики импульсов электрического тока, применяемых при электростимуляции двигательного аппарата. В третьей главе представлены особенности проведения электростимуляции двигательного аппарата. В следующей главе учебного пособия представлены практические рекомендации по применению электростимуляции двигательного аппарата в тренировочном процессе, основанные на данных литературных источников и собственных исследований. В заключение в пособии приведены меры безопасности при проведении электростимуляции двигательного аппарата у спортсменов и список основных работ, связанных с вопросами применения электростимуляции в спорте.

ГЛАВА I. ДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА.

Изучение особенностей влияния электрического тока на живые ткани началось еще в XVIII веке с классических опытов Л.Гальвани, А.Вольта и К.Маттеучи. Для дальнейшего развития знаний в этой области многое сделали Э. Дюбуа-Реймон, Э.Пфлюгер, Б.Ф.Вериге, Н.Е.Введенский, В. Ю. Чаговец, Л.А.Орбели и многие другие.

Еще в XIX веке помимо законов сокращения Э.Пфлюгера были сформулированы еще три закона, показавшие, что раздражающий электрический стимул должен обладать определенной силой, длительностью и формой.

В XX веке были сформированы представления о так называемых вызванных и произвольных сокращениях мышц. Сокращение мышцы, совершаемое по желанию человека, называют произвольным. Если же мышцы раздражать электрическими импульсами пороговой или надпороговой силы, то характер сокращения мышцы будет зависеть от параметров этих импульсов. Такая процедура называется электростимуляцией мышц, а сокращение мышц - вызванным, так как оно не зависит от желания человека и вызывается внешними раздражителями. Прибор, вырабатывающий необходимые для этой процедуры электрические импульсы, называется электростимулятором.

Большой вклад в развитие электростимуляции двигательного аппарата в нынешнем столетии внесли экспериментальные работы А.Н. Обросова, И.А. Абрикосова (1937), А.Н. Обросова, Н.М. Ливенцева (1953), Г.Ф. Колесникова с соавторами (1962-1977), В.Г. Ясногородского (1967), А.Т. Мишина с соавторами (1969), Л.С. Рахмилевича (1969) и других исследователей.

Большое количество исследований было направлено на изучение влияния электростимуляции на органы и системы человека. Еще в 1940 году Н.Е.Глушакова установила, что в не стимулированной мышце утомительная

работа вызвала значительный распад АТФ и накопление неорганического фосфора, а при такой же нагрузке в стимулированной мышце распад АТФ был менее выраженным.

А.М.Кашпур (1948) определил, что содержание гликогена в мышцах увеличивается после 3-5 дней электростимуляции; количественные изменения зависят от длительности курса и сеансов.

Скелетная мышца после электростимуляции повышает свою работоспособность, что находит свое отражение в увеличении аэробного потенциала, повышении интенсивности гликолиза и соответствующих механизмов ресинтеза АТФ. В исследованиях Ф.Э. Звягиной с соавторами (1951) с помощью электростимуляции экспериментально создавались различные режимы мышечных сокращений. В частности, выполнялись серии длительных (на протяжении 20-30 минут мышцы сокращались в ритме 60 сокращений в минуту) и скоростных сокращений (на протяжении 20-30 секунд мышцы сокращались в ритме 208 сокращений в минуту). В исследованиях отмечается, что изменения биохимических показателей зависят не только от функционального состояния мышц, но и от режима электростимуляции. Анаэробный гликолиз и ресинтез АТФ больше увеличивается при скоростных режимах сокращений, а окислительно-восстановительные при длительных. Однако повышение уровня креатинфосфата, гликогена и фосфоролитической активности наблюдалось также и при длительных нагрузках, а рост активности дегидраз, каталазы, увеличение содержания миоглобина и при выполнении серии скоростных сокращений.

Л.Новаковска (1962) отмечает, что после сеанса электростимуляции повышаются возбудимость и лабильность стимулируемой мышцы, повышаются также силовые и скоростно-силовые возможности стимулируемых мышц.

Г.Г.Андрианова (1967) определила, что за время 10- минутной электростимуляции кровотока мышцы увеличивается на 45%.

По данным биохимических исследований А.В.Паладина, Н.Я.Яковлева (1970) под влиянием электростимуляции увеличивается энергетический потенциал мышц и всего организма, возрастает активность ферментативных

систем. Это усиливает окислительные процессы и преобразования в мышцах гликогена, который становится более доступным ферментативным воздействиям. Предотвращается накопление молочной кислоты.

Колесников Г.Ф.(1977) отмечает, что вызываемые электрическими импульсами тетанические сокращения мышц и последующие расслабления усиливают в них крово и лимфообращение, способствуют доставке питательных веществ к мышце, обеспечивают выделение недоокисленных продуктов, способствуют накоплению в мышце ионов кальция, натрия и железа.

В исследованиях В.Ю. Давиденко (1972), Г.Ф. Колесникова (1977) отмечается, что при систематической электростимуляции отдельных групп мышц происходят благоприятные биохимические сдвиги в не тренируемых симметричных мышцах, а также сдвиги во всем организме, в частности в механизмах нервной и гуморальной регуляции. Электростимуляция приводит к увеличению энергетических резервов мышц, повышению функциональных свойств всего организма. Кроме того, в исследованиях установлено, что электростимуляция приводит к так называемой миофибрилярной гипертрофии мышц за счет увеличения синтеза белков и содержания РНК в мышце.

В.Ю. Давиденко (1972) отмечает также, что электростимуляционная тренировка, повышая силовые возможности мышц, не оказывает отрицательного влияния на сложившиеся двигательные стереотипы.

В ряде исследований (Б.Б.Егоров,1969; М.А.Черепашин, 1972; В.Ю. Давиденко,1972) отмечается повышение ортостатической устойчивости организма после проведения нескольких сеансов электростимуляции.

Кроме того, в многочисленных исследованиях отмечается, что электростимуляция оказывает влияние не только на стимулируемые мышцы, но и на весь организм и в первую очередь на ЦНС, на нейрогуморальные механизмы регуляции функций (Е.В.Лахно, Р.В.Чаговец,1953; Г.Ф.Колесников,1967, 1977; Н.Н.Яковлев,1970; В.Ю.Давиденко,1972 и др.). Особо в этих исследованиях подчеркивается, что импульсы электрического тока воздействуют не только на мышечные, но и на нервные структуры. В

первую очередь на многочисленные рецепторы, на приборы обратной афферентации. Тем самым вызываются разнообразные рефлекторные изменения в целостном организме.

В исследованиях Е.В.Лахно, Р.В.Чаговец (1953) впервые формируются представления о целесообразности применения электростимуляции для рефлекторного управления функциональным состоянием организма человека. Видимо, данное обстоятельство привело к тому, что Г.Ф.Колесников (1977) предлагает проводить электростимуляцию двигательного аппарата в трех режимах - подпороговый, пороговый и надпороговый. Причем, подпороговым он предлагает считать такой, при котором не вызывается сокращений стимулируемой мышцы, а только лишь возникает ощущение прохождения электрического тока через ткани тела. Иными словами, подобный режим служит исключительно для воздействия на многочисленные рецепторы и рефлекторного влияния на процессы, как в самой мышце, так и во всем организме.

В этих исследованиях отмечается влияние электростимуляции на железы внутренней секреции и на иммунную систему человека. Таким образом, отмечается, что электростимуляция приводит не только к возбуждению нервно-мышечных структур, но и влияет на трофические процессы в мышце и во всем организме, что обуславливает неспецифическое усиление основных функций целостного организма. Все отмеченное выше, объясняет положительный лечебный, профилактический и тренировочный эффект электростимуляции двигательного аппарата.

Г.Ф. Колесников (1967,1977) обращает внимание еще на одно важное обстоятельство - влияние импульсов электрического тока на вегетативные волокна, находящиеся в мышцах. Иными словами, при электростимуляции импульсы электрического тока имеют достаточно большую силу и, проходя через мышцу, оказывают возбуждающие действие не только на мышечные и рецепторные структуры данной мышцы, но и на вегетативные волокна, находящиеся в этой мышце.

Как известно, эти волокна относятся к симпатическому отделу вегетативной нервной системы и оказывают влияние на обменные процессы, протекающие в мышце. Согласно представлениям Г.Ф. Колесникова, частые электрические импульсы, необходимые для получения больших мышечных усилий, не соответствуют низкой лабильности вегетативных волокон и могут вызывать в них постепенное удлинение рефрактерных периодов и как следствие понижение амплитуды и частоты проводимых потенциалов действия.

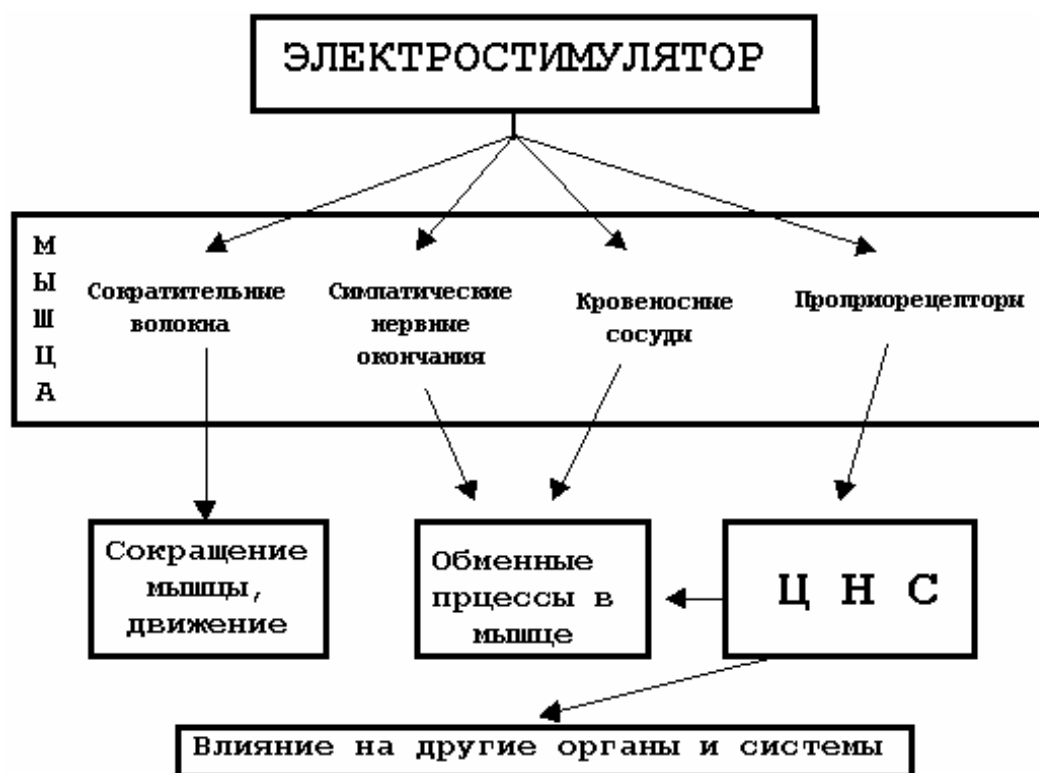


Рис. 1. Совокупность физиологических реакций при электростимуляции двигательного аппарата.

Трофические импульсы вегетативной нервной системы, которые в целостном организме поступают в мышцу непрерывно, могут быть в таком

случае блокированы, что негативно сказывается на протекании обменных процессов в данной мышце.

Если попытаться на основе анализа данных научных исследований представить весь комплекс изменений, происходящих в организме при проведении электростимуляции, то получится сложная схема. На рис. 1 в обобщенной форме представлена совокупность процессов, протекающих в мышце и в организме, при проведении электростимуляции двигательного аппарата.

Таким образом, анализ доступной литературы позволяет сделать следующие выводы:

- 1) Применение импульсного электрического тока для воздействия на живую ткань относится к числу классических физиологических методик;
- 2) Вызываемые электрическими импульсами сокращения мышц усиливают в них крово- и лимфообращение, способствуют доставке питательных веществ к мышце, обеспечивают выделение недоокисленных продуктов, благотворно влияют на обмен минералов в мышце, увеличивают запасы АТФ и активность ферментативных систем, повышают возбудимость стимулируемой мышцы.
- 3).Электростимуляция оказывает влияние не только на стимулируемые мышцы, но и через рецепторный аппарат на весь организм и в первую очередь на ЦНС, на нейро-гуморальные механизмы регуляции функций.
- 4).При электростимуляции импульсы электрического тока оказывают возбуждающее действие не только на мышечные и рецепторные структуры мышцы, но и на вегетативные волокна, что оказывает влияние на протекание обменных процессов в этой мышце.

ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОСТИМУЛИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ

Электрический ток, применяемый в электростимуляции для получения вызванных мышечных сокращений, характеризуется большим числом различных параметров. Множество этих параметров позволяет получить самые разнообразные варианты электростимуляции. Однако далеко не каждый возможный вариант электростимуляции обладает высокой эффективностью.

Поэтому значительная часть исследований в области электростимуляции двигательного аппарата была посвящена изучению основных характеристик электростимулирующих сигналов. Изучалась эффективность электростимуляции в зависимости от характера, формы, частотных характеристик, величины по напряжению и току стимулирующих сигналов.

2.1. Характер стимулирующих сигналов.

Для проведения электростимуляции можно применять два принципиально отличных друг от друга варианта электрических импульсов - видеоимпульсы и радиоимпульсы. Видеоимпульсы представляют собой изменяющийся по амплитуде постоянный ток, а радиоимпульсы - изменяющийся по амплитуде переменный ток высокой частоты (рис.2).

Первоначально в физиологических исследованиях и при проведении медицинских процедур использовались относительно простые электростимуляторы с применением видеоимпульсов. Однако в пятидесятые годы, благодаря работам Djourno (1949), Nemec (1949), М.В.Кедрова (1949), Г.Ф.Колесникова (1958), были сформированы представления о характере процессов, возникающих в месте соприкосновения электродов электростимулятора с кожей человека.

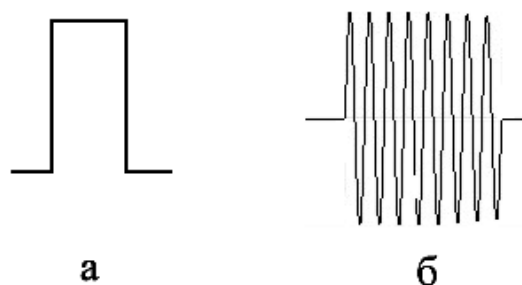


Рис.2. Варианты электрических импульсов, применяемых для проведения электростимуляции двигательного аппарата: а - видеоимпульсы, б - радиоимпульсы.

Согласно этим представлениям, кожа человека обладает значительным комплексным сопротивлением, особенно для постоянного тока. Данное обстоятельство приводит к тому, что проведение электростимуляции с использованием видеоимпульсов энергетически менее выгодно, т.е. требуется большая мощность стимулирующих импульсов. Кроме того, такой вариант электростимуляции приводит к возникновению болезненных ощущений, т. к. значительная часть энергии импульсов поглощается поверхностным слоем кожи, что приводит к раздражению многочисленных рецепторов.

Значительно меньшим сопротивлением кожа человека обладает для переменного тока высокой частоты, что позволяет уменьшить мощность стимулирующих сигналов и добиться практически полного отсутствия болезненных ощущений при проведении электростимуляции.

Л.С.Рахмилевич (1975) отмечает следующие особенности этих сигналов:

- 1) специфический механизм возбуждения, связанный с появлением деполяризации у обоих электродов;
- 2) асинхронное возбуждение волокон, что приближает сокращение мышц, вызванное электростимуляцией, к естественным;

- 3) меньшее ветвление в тканях электрического тока, что позволяет оказывать воздействие преимущественно на мышцы, а не на рецепторы;
- 4) медленное развитие аккомодации мышц.

В настоящее время, подавляющее большинство электростимуляторов, применяемых для воздействия на двигательный аппарат спортсменов, основаны на амплитудной модуляции переменного тока высокой частоты, т.е. вырабатывает радиоимпульсы различной формы, частоты и амплитуды. Подобные токи получили название синусоидальные модулированные по амплитуде. Эффективность применения электростимуляторов подобного типа при решении комплекса задач, стоящих перед спортсменами не вызывает сомнений.

Иногда для электростимуляционной тренировки мышц используются также так называемые интерференционные токи повышенных частот. С этой целью применяют для их получения синусоидальные сигналы двух разных частот, например 3900 и 4000 или 4000 и 4100 гц. В глубине тканей образуются импульсы токов с частотой, равной разности подводимых сигналов, т.е. 100 гц.

2.2. Форма стимулирующих сигналов.

Для электростимуляции двигательного аппарата применяются импульсы различной формы. Первоначально в электростимуляции применялись импульсы прямоугольной формы, однако исследования показали большую эффективность импульсов других форм. Ottner(1946) утверждал, что энергетически более выгодными являются импульсы с экспоненциально нарастающей формой. Bernar(1961) применил полусинусоидальные токи и получил положительные результаты при мышечной электростимуляции.

Г.Ф.Колесников, В.И.Кий, А.А.Павленко(1963), исследуя воздействие синусоидальных и прямоугольных сигналов для заполнения трапециевидных, колоколообразных и остро конечных импульсов, пришли к заключению, что оптимальными сигналами, при которых мышцы сокращались почти

безболезненно были остроконечные импульсы, заполненные синусоидальным или прямоугольным сигналом.

Crochetiere (1967) исследовал синусоидальные колебания, прямоугольные, экспоненциальные импульсы. При использовании двух последних он не отметил заметных отличий в сокращении мышц.

Наиболее полные исследования зависимости эффективности электростимуляции от формы стимулирующих импульсов были проведены отечественными физиологами под руководством Г.Ф.Колесникова. В данных исследованиях оценивалась эффективность электростимуляции двигательного аппарата электрическими импульсами различной формы. Формы электрических импульсов, исследуемые Г.Ф. Колесниковым, представлены на рис. 3.

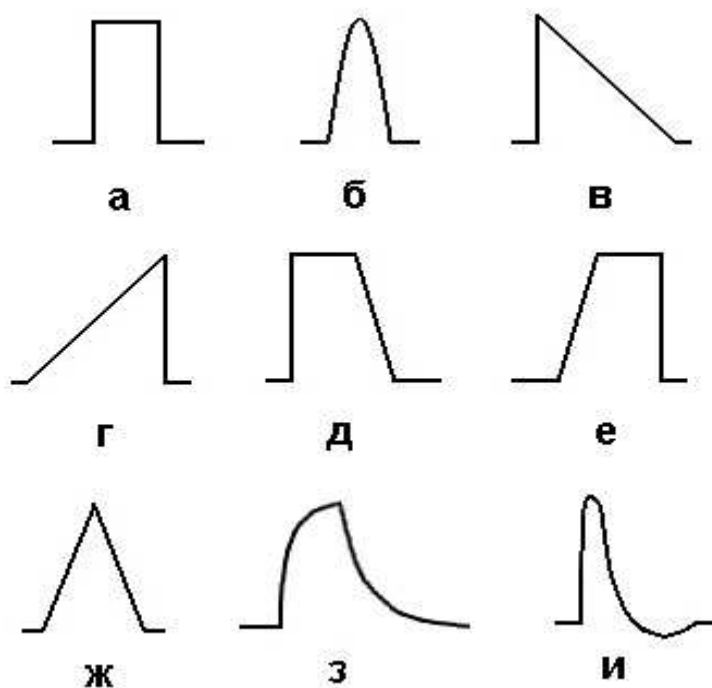


Рис.3. Формы электрических импульсов, применяемых для электростимуляции двигательного аппарата: а – прямоугольная, б – синусоидальная, в, г – треугольная, д, е – трапецевидная, ж – остроконечная, з – экспоненциальная, и – моделирующая импульс, возникающий в перехватах Ранвье.

В этих исследованиях были сформированы представления, что оптимальная электростимуляция возможна только в том случае, когда частота следования и форма стимулирующих сигналов соответствует физиологическим свойствам нервно-мышечных структур.

Более того, с целью оптимизации формы стимулирующих импульсов Г. Ф. Колесниковым с сотрудниками изучались кроме названных выше следующие:

- 1). Случайные импульсы с шумовым спектром. В этом случае для моделирования стимулирующих импульсов применялся генератор шума, поэтому форма импульсов и их частота носили случайный характер. Электростимуляция такими токами вызывала значительные мышечные сокращения и не приводила к быстрой адаптации мышцы к процедуре. Аналогичные данные были получены также Л.Р.Рубиным (1964) и Ю.Н.Огурцовым (1971).
- 2). Импульсы, моделирующие процессы возбуждения в тканях. В данном случае стимулирующие импульсы соответствовали форме тока, генерируемого в перехватах Ранвье двигательных нервов. Электростимуляция такими токами характеризуется полным отсутствием болезненных ощущений, наименьшими энергозатратами и позволяет вовлекать в сократительный процесс практически все волокна стимулируемой мышцы. По форме эти импульсы похожи на экспоненциальные.
- 3). Биотоки сокращающихся мышц. В данном случае в качестве стимулирующих импульсов использовались биотоки сокращающихся мышц другого человека, или самого испытуемого, но записанные ранее на магнитофон. Исследования показали высокую эффективность такого варианта электростимуляции, а сама процедура была названа Г.Ф.Колесниковым биоэлектростимуляцией.

В ходе подобных исследований было убедительно доказано, что приближение параметров стимулирующих сигналов к физиологическим сводит

к минимуму явления дискомфорта и требует меньших величин тока для получения полного сокращения стимулируемых мышц.

2.3. Частотные характеристики стимулирующих сигналов.

Для проведения электростимуляции двигательного аппарата применяются электрические импульсы различной частоты. Причем, при использовании синусоидальных модулированных по амплитуде токов (радиоимпульсы) следует учитывать две частоты - несущую и частоту модуляции.

Под несущей (основной) частотой подразумевается частота переменного тока, поступающего на стимулируемый объект. От величины несущей частоты, в основном, зависит величина сопротивления на участке электрод - кожа и болезненность процедуры. В ходе многочисленных исследований (Г.Ф.Колесников, 1963, 1977; Г.Г Андрианова, 1967; Л.С. Рахмилевич, 1975 и др.) было установлено, что наиболее выгодными для электростимуляции двигательного аппарата являются синусоидальные токи частотой от 2000 до 10000 герц.

От частоты следования импульсов зависит величина и направленность физиологического эффекта электростимуляции. Изучению эффекта электростимуляции от частоты следования радиоимпульсов или видеоимпульсов было посвящено большое количество исследований.

А.П. Новиков, Н.А. Соловьев (1964) обнаружили, что частота следований импульсов 50 -200 Гц является оптимальной и влияет на двигательные и чувствительные нервы. Возможно избирательное воздействие различными частотами на двигательные, чувствительные и вегетативные нервы. Оптимальная частота для возбуждения симпатических нервов 1 - 10 Гц, парасимпатических 25 - 100 Гц. Электрические импульсы частотой 100 Гц угнетает деятельность симпатического отдела, а 80 - 250 Гц болевые ощущения.

А. Николова (1975) использовала в электростимуляции мышц ток с основной частотой 5.5 кГц с регулируемой модуляцией 1–100 гц. В ходе исследований было установлено, что импульсный ток частотой 25-30 гц оказывает возбуждающее действие на двигательные нервы и вызывает тетанические сокращения скелетной мускулатуры. Импульсный ток частотой 50-100 гц вызывает спазм скелетных мышц. Импульсный ток частотой 1-10 гц вызывает "мышечную гимнастику", которая оказывает на мышцы тонизирующее влияние и может быть использована в борьбе с контрактурами.

Общеизвестно, что скелетные мышцы могут сокращаться в форме одиночных и тетанических сокращений. Одиночное сокращение характеризуется тем, что мышца после каждого сокращения успевает полностью расслабиться. Такая форма сокращений не позволяет проявить значительных усилий, но способствует существенному повышению кровотока и обменных процессов в мышце.

Тетаническое сокращение связано с суммированием отдельных одиночных сокращений таким образом, что мышца успевает частично расслабиться (зубчатый тетанус), либо фаза расслабления отсутствует совсем (гладкий тетанус). При тетаническом сокращении мышца достигает большего усилия. Однако такое сокращение более утомительно, затрудняет кровоток через сосуды мышцы, приводит к усилению анаэробных процессов энергообеспечения и накоплению многочисленных продуктов распада.

Важнейшим фактором, определяющим форму сокращений мышц, является частота раздражений. Одиночные сокращения мышц возможны только лишь при маленькой частоте раздражений. При высокой частоте раздражений мышца сокращается тетанически.

Имеется ряд исследований, посвященных определению частот электрических раздражений различных мышц человека при которых возникают тетанические сокращения. В частности, В. Г.Панов (1979) установил, что для двуглавой мышцы плеча частота раздражений, при которой возникает зубчатый тетанус равна 8,4 гц (при крайних вариантах у отдельных испытуемых 5-12 гц), а гладкий при частоте – 14,6 гц (12-20 гц).

Данные, полученные нами, существенно превышают эти величины. Гладкий тетанус двуглавой мышцы плеча у 18 испытуемых возникал в относительно широком диапазоне - от 22 до 39 Гц. В среднем частота электростимуляции, при которой возникало гладкое тетаническое сокращение, составила 31,71 гц. Причина различий, видимо, заключается в том, что использованная нами измерительная установка обладала исключительно низкой инерционностью, что позволяло регистрировать малейшие колебания усилия, развиваемого двуглавой мышцей плеча.

Частота раздражений мышцы определяет еще одну важнейшую характеристику - усилие, развиваемое при сокращениях. Максимальное усилие мышца может проявить только лишь при одной конкретной частоте раздражений. Такая частота раздражений называется оптимальной (оптимум частоты раздражений). В.Г.Панов(1979) установил, что для двуглавой мышцы плеча оптимальной является частота 17,0 герц (при крайних вариантах 10-70 гц). По нашим данным оптимальной для двуглавой мышцы плеча является частота 43,72 гц (при крайних вариантах 24 - 53).

Кроме того, удалось определить усилия, развиваемые двуглавой мышцей плеча, при изменении частоты электростимуляции с 20 до 60 герц. Анализ динамики усилий при разных частотах электростимуляции позволил выделить, по меньшей мере, два типа ответных реакций. Первый тип характеризуется тем, что мышца развивает практически одинаковое усилие при изменении частоты стимуляции с 20 до 60 гц. Для второго типа линия, характеризующая зависимость усилий от частоты раздражений имеет два или три подъема.

Необходимо отметить, что в наших исследованиях не обнаружено зависимости между типами ответных реакций двуглавой мышцы и возрастом

испытуемых, а также их тренированностью. Видимо, тип реагирования зависит от композиции мышц и определен генетически.

Известно, что все мышечные волокна, входящие в состав любой мышцы, по своим физиологическим свойствам разделяются на медленные и быстрые. Кроме того, среди быстрых мышечных волокон выделяется два подтипа. Имеются также несколько переходных типов. Таким образом, композиция двуглавой мышцы наблюдаемых нами испытуемых, существенно отличалась друг от друга. Видимо, данное обстоятельство определило тип реагирования двуглавой мышцы испытуемых на изменение частоты электростимуляции.

Можно предположить, что у испытуемых, отнесенных к первому типу реагирования, имеет место относительно равномерное (в процентном отношении) распределение в двуглавой мышце правого плеча различных по свойствам типов мышечных волокон. Поэтому при раздражении электрическим током с разной частотой двуглавая мышца проявляет примерно одинаковое усилие.

У испытуемых, отнесенных ко второму типу реагирования, имеет место неравномерное распределение различных типов мышечных волокон. Данное обстоятельство приводит к тому, что при раздражении электрическим током с разной частотой мышца проявляет различные усилия.

Для мышц тела человека оптимум частоты раздражений различен (Б.Салтин, 1976; Э.Ларсен, 1978; Я.М.Коц, 1982). Изменяется оптимум частоты раздражений и при изменении состояния организма (тренированность, время суток, предшествующая нагрузка и т.д.). Иными словами, применение электростимуляции мышц с изменяющейся частотой позволяет составить представление об их функциональном состоянии и косвенно судить об их композиции.

Интересные данные приводятся в исследовании М.В.Кирзон, М.А.Мановцевой (1972). В них отмечается, что накопление АТФ в мышцах животных во время тетанических сокращений зависит от частоты раздражения: при равном числе стимулов раздражение с частотой 20 гц вызывает снижение содержания АТФ по сравнению с покоем, при больших частотах - 40, 80, 100 гц

содержание АТФ превышает исходное. Причем, наибольшее количество АТФ было обнаружено после стимуляции с частотой 80 гц.

В работах Г.Ф.Колесникова (1963, 1977), В. Ю. Давиденко (1972) указывается еще на один аспект применения электростимуляции - адаптацию двигательного аппарата к определенной частоте следования стимулов. Данные авторы рекомендуют проводить сеансы электростимуляции с изменением частоты стимуляции в небольших пределах. По их мнению, подобное изменение частоты электростимуляции значительно снижает выраженность адаптации мышц к процедуре и повышает развивающий эффект.

Таким образом, частота электростимуляции (частота следования радио- или видеоимпульсов) определяет характер сокращений мышц, оказывает влияние на вегетативные волокна, которые управляют трофическими процессами в мышцах, и рефлекторно через многочисленные рецепторы на ЦНС. Приведенные выше данные позволяют критически подойти к стремлению конструкторов разрабатывать электростимуляторы с фиксированной частотой (чаще всего 50 гц). Использование подобных электростимуляторов, на наш взгляд, существенно снижает возможности электростимуляционной тренировки.

2.4. Величина по напряжению и току стимулирующих сигналов.

Как уже отмечалось выше, Г.Ф.Колесников (1963, 1977) предложил различать электростимуляцию двигательного аппарата на подпороговую (преимущественно направленную на рецепторное воздействие), пороговую (при которой начинают сокращаться стимулируемые мышцы) и надпороговую. Во всех случаях сила (а соответственно и напряжение) тока электростимуляции зависит от плотности его на единицу площади электродов, величине сопротивления на участке электрод-кожа, возбудимости тех мышц, которые подвергаются стимуляции и индивидуальных особенностей тела человека.

Обобщая сведения, имеющиеся в литературе, с результатами наших исследований следует отметить, что в большинстве случаев мышцы при

чрезкожной электростимуляции (электроды располагаются на поверхности кожи) начинают сокращаться при величине напряжения импульсов 15-20 V (величина тока при этом достигает 20-30 mA). Вообще в отдельных случаях диапазон амплитуд импульсов электростимуляции бывает весьма широким и может достигать 200 V (Г.Ф.Колесников,1963,1977; Г.Г Андрианова,1967; Л.С.Рахмилевич, 1975 и др.).

Необходимо также отметить, что зависимость характера ответных реакций мышцы от амплитуды стимулирующего сигнала не подчиняется линейным законам. При повышении амплитуды сигнала сила сокращения мышц сначала растет, затем начинает уменьшаться, а при превышении определенной величины мышца вообще перестает сокращаться (Г.Ф.Колесников, 1963,1977).

Следовательно, величина по напряжению и току стимулирующих сигналов может быть разнообразной и зависит от задач электростимуляции, площади электродов, величине сопротивления на участке электрод-кожа, возбудимости мышц и индивидуальных особенностей тела человека.

Таким образом, обобщая изложенное выше можно сделать следующие выводы:

1. Импульсный электрический ток, применяемый в электростимуляции, обладает большим числом разнообразных характеристик (частота, форма и длительность импульса, характер тока, используемый для стимуляции, соотношение периодов стимуляции и пауз и т.д.), что обуславливает великое множество вариантов проведения электростимуляции двигательного аппарата;
2. Для проведения электростимуляции можно применять изменяющийся по амплитуде постоянный ток (видеоимпульсы) и изменяющийся по амплитуде переменный ток высокой частоты (радиоимпульсы). Применение модулированных по амплитуде токов высокой частоты позволяет существенно уменьшить мощность стимулирующих сигналов и добиться практически полного отсутствия болезненных ощущений при проведении электростимуляции;

3. Для электростимуляции нервно - мышечного аппарата применяются сигналы различной формы, оптимальной следует признать ту, которая соответствует физиологическим свойствам возбудимых структур;
4. Из числа основных характеристик электрического тока, используемого для стимуляции двигательного аппарата, видимо, наиболее важным следует считать частоту следования электрических импульсов. Именно данный параметр определяет основной физиологический эффект электростимуляции;
5. Величина по напряжению и току стимулирующих сигналов может быть разнообразной и зависит от задач электростимуляции, площади электродов, величине сопротивления на участке электрод-кожа, возбудимости мышц и индивидуальных особенностей тела человека.

ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Как уже отмечалось выше, значительная часть исследований в области электростимуляции двигательного аппарата была посвящена изучению основных характеристик электростимулирующих сигналов. Кроме этого изучались варианты проведения электростимуляции с различным расположением электродов, с использованием различных режимов стимуляции и продолжительности электростимуляционных воздействий.

3.1. Место расположения электродов.

В ходе многочисленных исследований сложились представления о различных вариантах проведения электростимуляции двигательного аппарата. В частности, электроды при проведении электростимуляции могут располагаться на поверхности кожи и вживляться под кожу. При чрезкожной электростимуляции (электроды на поверхности кожи) требуется значительно большая мощность сигнала, могут возникать болезненные ощущения из-за раздражения рецепторов кожи. Однако такой вариант электростимуляции намного проще и удобен, так как не нарушаются кожные покровы, и поэтому в спортивной практике ему отдается предпочтение.

Кроме того, существуют два способа электростимуляции мышц: прямой и непрямой. При прямой стимуляции электроды накладываются на кожу над стимулируемой мышцей. Прямая электростимуляция может осуществляться в зоне так называемой "двигательной точки" и вне этой зоны. Прямая стимуляция обеспечивает избирательное воздействие прежде всего на поверхностно расположенные мышечные волокна. С увеличением величины тока стимуляции в сокращение включаются и более глубоко расположенные мышечные волокна. На коже над каждой мышцей имеется зона повышенной чувствительности ("двигательная точка"). Электростимуляция мышцы в зоне

"двигательной точки" вызывает сокращение практически всей мышцы и требует значительно меньшего тока, чем электростимуляция мышцы вне этой зоны.

При не прямой электростимуляции электроды накладываются в области поверхностно расположенного двигательного нерва. В этом случае сокращение мышцы вызывается непрямо, а через иннервирующий их нерв. Непрямая стимуляция вызывает сокращение всех мышц, иннервируемых данным нервом. Кроме того, при не прямой электростимуляции в процесс работы вовлекается еще один важный компонент двигательного аппарата - синапс или нервно-мышечная передача (место перехода возбуждения с нервного волокна на мышечное). Для не прямой электростимуляции требуется меньший ток, чем при прямой.

Топография (расположение) "двигательных точек" и мест поверхностно расположенных двигательных нервов представлена в приложении.

В качестве материала для электродов используются пластины из свинца, графита, нержавеющей стали, токопроводящих полимеров и резины. Основными требованиями к материалу для электродов являются хорошая электропроводимость, устойчивость к коррозии и гибкость.

Размеры электродов зависят от задач и варианта электростимуляции, от размеров стимулируемой мышцы. При прямой электростимуляции в зоне "двигательной точки", а так же в месте поверхностно расположенного двигательного нерва необходим электрод небольших размеров квадратной или круглой формы площадью 1 – 2 квадратных сантиметра. Вторым электрод в этом случае может быть больших размеров и произвольной формы. Очень часто при прямой электростимуляции применяют электроды в виде полосы шириной 2 – 3 см различной длины (до 15 см), достаточной для охвата поперечника стимулируемой мышцы.

При прямой электростимуляции в зоне "двигательной точки", а также в месте поверхностно расположенного двигательного нерва электрод меньших размеров необходимо располагать непосредственно в данной зоне. Место расположения второго электрода может быть различным. Он может находиться

рядом или находится вдали, над другой мышцей. При электростимуляции мышц лица и шеи этот электрод может находиться на туловище в области позвоночника.

При прямой электростимуляции вне зоны "двигательной точки" расположение электродов зависит от того, какие мышцы или ее части предстоит стимулировать. Подбирая место расположения электродов можно избирательно тренировать самые разнообразные участки любой мышцы. Принято считать (Г.Ф.Колесников 1963,1977; Я.М.Коц 1967;С.П.Кузнецов; 1975), что поперечное расположение электродов (электроды расположены поперек хода мышечных волокон) энергетически более выгодно чем продольное, кроме этого при поперечном расположении электродов вовлекается в сократительный процесс большее число волокон.

3.2. Длительность электростимуляционных воздействий.

При проведении электростимуляции двигательного аппарата необходимо учитывать большое число временных параметров. Это прежде всего длительность стимулирующего импульса, во время которого на мышцу действует электрический ток. Г.Ф.Колесников (1963, 1977) отмечает, что в зависимости от формы тока продолжительность одного стимулирующего импульса может быть от 0,8 мс до 1,5 мс.

Согласно нашим наблюдениям продолжительность стимулирующего импульса менее 1 мс недостаточна для полного охватывания возбуждением всех мышечных волокон. С другой стороны, увеличение продолжительности импульса более 3 мс невыгодно энергетически и не оправдано физиологически. Видимо, наиболее рациональным следует считать продолжительность отдельного импульса от 2 мс до 3 мс.

При проведении электростимуляции двигательного аппарата большое значение имеют длительность периода напряжения и длительность периода расслабления мышц.

Уже в исследованиях Ф.Э.Звягиной с соавторами (1951) отмечалась зависимость продолжительности периодов напряжения и расслабления мышц от задач, поставленных перед электростимуляционной тренировкой. В частности при выполнении скоростных сокращений на мышцы подавались частые и короткие по продолжительности разражения (периоды напряжения и расслабления составляли 0,2 с). При выполнении длительных напряжений на мышцы подавались более редкие, но более продолжительные разражения (периоды напряжения и расслабления составляли 1 с). В исследованиях отмечается, что изменения биохимических показателей в мышцах зависят от режима электростимуляции. Анаэробный гликолиз и ресинтез АТФ больше увеличивается при скоростных режимах сокращений, а окислительно-восстановительные при длительных.

По данным Коц Я.М. (1967, 1972), В.А. Хвилон (1974), при проведении электростимуляции длительность периода напряжения может колебаться от 2,5 с до 10 с, а длительность периода расслабления мышц от 2,5 с до 50 с в зависимости от поставленных задач.

Интересные данные приводятся в исследовании М.В.Кирзон, М.А.Мановцевой (1972). В них отмечается, что накопление АТФ в мышцах животных во время тетанических сокращений зависит от продолжительности тетанического сокращения: при продолжительности тетанического сокращения 2 и 4 с не наблюдается достоверного изменения содержания АТФ, при продолжительности сокращения 6 с происходит его значительное увеличение, а при длительных тетанических сокращениях (10, 20 и 30 с) содержание АТФ снижается ниже исходного уровня. Далее в этих исследованиях отмечается, что повышенный уровень АТФ в мышцах отмечается через 2 и 5 с после окончания тетанического сокращения, а через 10 с он возвращается к уровню покоя.

При проведении электростимуляции двигательного аппарата важное значение имеет продолжительность самой процедуры и продолжительность курса электростимуляционной тренировки.

Bernar (1961) указывает, что продолжительность сеанса электростимуляции должна составлять 2-4 мин., а курс 5-6 сеансов.

По данным Steibach (1961), Gillert (1962), В.Г.Ясногородского (1967) и др. длительность сеанса электростимуляции может колебаться от 1 до 18 минут, а количество тренировок от 5 до 15.

Исследования М.С.Савченко (1963) показали, что воздействие в течение 18 мин отрицательного влияния не оказывает, но и не дает преимущество перед более короткими в 6-12 мин.

Yabe (1967) считает, что 10-14 сеансов электростимуляции является оптимальным по количеству для развития силы мышц.

По данным Я.М.Коц (1967), С.П.Кузнецова (1975), Ю.А. Коряк (1975) наибольший темп прироста мышечной силы наблюдается в течение 10-12 сеансов, а далее он замедляется.

Н.Muller-Stephann (1971) отмечает, что электростимуляция должна проводится по меньшей мере 3 раза в неделю, так как эффективность ее при этом выше, чем при 2-х разовой.

В.Ю.Давыденко (1972) рекомендует проводить для мышц ног 12-15 сеансов, так как именно в этот период происходят наибольшие сдвиги.

Э.В.Пурвин и В.А.Смолянов (1995) отмечают, что наибольший прирост силовых качеств у тренирующихся легкоатлетов различной квалификации наблюдается за первые 10 сеансов электростимуляционной тренировки. Начиная с 11 сеанса, а у отдельных спортсменов с 8 сеанса, темпы прироста изучаемых показателей значительно замедляются.

3.3. Режимы электростимуляционных воздействий.

Как уже отмечалось выше, электрический ток, проходя через стимулируемую мышцу, вызывает возбуждение не только мышечных волокон, но и нервных окончаний, как двигательных, так и вегетативных. Так как мышечные волокна и двигательные нервные окончания способны возбуждаться с высокой частотой, а вегетативные - с низкой, практически невозможно выбрать единую частоту электрической стимуляции, которая бы способствовала одновременно получению выраженной сократительной реакции

мышц и активизации вегетативных процессов в данных мышцах. Для того, чтобы разрешить это противоречие, на наш взгляд, при электростимуляции двигательного аппарата целесообразно использовать два различных режима, которые условно можно назвать: режим - "Сила" и режим - "Массаж".

В режиме, названном "Сила", необходимо стимулировать мышцы таким образом, чтобы получить значительные по величине напряжения. В этом режиме электростимулятор вырабатывает импульсы с частотой близкой к оптимальной для скелетных мышц человека и при достаточной силе тока способствует проявлению максимального мышечного напряжения (большего, чем при произвольном усилии).

Как показали многочисленные исследования (Б.Салтин, 1976; Э.Ларсен, 1979; Я.М.Коц, 1981 и др.), композиция мышц тела любого человека неодинакова и оптимум частоты раздражений также различен. Иногда, даже расположенные рядом и выполняющие схожие функции мышцы, существенно отличаются друг от друга в этом отношении. Поэтому, для оптимизации процесса электростимуляции в режиме "Сила" при действии на различные мышцы целесообразно изменять частоту стимуляции в некоторых пределах (от 25 до 50 гц).

В ходе исследований установлено, что к числу мышц, имеющих большое содержание медленных волокон, относятся: плечевая, полусухожильная и полуперепончатая мышцы бедра, средняя ягодичная, камбаловидная, широчайшая спины, малая круглая и большая круглая мышцы спины, трапецевидная, выпрямитель позвоночного столба, портняжная, подвздошная, нежная, гребешковая и длинная приводящая бедра, передняя большеберцовая, длинная малоберцовая, наружные косые мышцы живота и некоторые другие. При развитии скоростно-силовых качеств данных мышц используя электростимуляцию целесообразно выбирать частоту раздражений в пределах 25 - 35 гц.

К числу мышц, имеющих большое содержание быстрых волокон, относятся: мышцы лица и шеи, мышцы предплечья и кисти, прямая мышца живота, дельтовидная, трехглавая плеча, прямая мышца бедра и некоторые

другие. Для указанных мышц при развитии скоростно-силовых качеств целесообразно выбирать частоту раздражений в пределах 40 - 50 герц.

При использовании электростимуляции для развития силовой выносливости частоту стимуляции следует уменьшить на 10 -15 гц.

В режиме, названном "Массаж", электростимулятор вырабатывает импульсы с низкой частотой (2 - 5 гц), что вызывает одиночные сокращения скелетных мышц и не может использоваться для развития силы и работоспособности мышц.

Однако такой режим стимуляции мышц вызывает усиление обменных процессов и кровотока в них. По данным реографических исследований, проведенных нами в 1982-1985 годах, в сравнении с ручным массажем низкочастотная электростимуляция обеспечивает более значительное усиление кровотока в самих мышцах и окружающих их тканях. В тоже время, нами установлено, что при электростимуляции, длительные и сильные сокращения мышцы в режиме "Сила" затрудняют ее кровоснабжение.

Исходя из изложенного выше считаем, что для наилучшего развития функциональных возможностей мышц методом электростимуляции целесообразно чередовать в одном сеансе режимы "Сила" и "Массаж".

3.4. Условия электростимуляции.

Обобщение данных литературных источников и собственных наблюдений позволяет выделить ряд основных условий при проведении электростимуляции двигательного аппарата:

1). Электростимуляция большинства мышц осуществляется обычно в положении сидя, но некоторые крупные мышцы туловища целесообразнее стимулировать в положении лежа.

2). Чтобы предотвратить движение в суставах в связи с вызванными сокращениями мышц конечностей, необходима жесткая фиксация соответствующих частей тела. Таким образом, сокращение стимулируемых

мышц целесообразно проводить в условиях, близких к изометрическим (без изменения длины мышц).

3). Электростимуляцию мышц необходимо проводить в положении, при котором соответствующий сустав находится примерно в средней части своего движения. Иными словами, мышца должна быть не слишком растянута и не слишком сокращена. Одновременно стимулируется одна мышца или ее часть при прямой стимуляции и мышечная группа - при не прямой. Двухканальные электростимуляторы позволяют одновременно стимулировать мышцы на обеих конечностях.

4). Не рекомендуется накладывать электроды одновременно над мышцами антагонистами. Однако, в отдельных случаях такое расположение электродов допустимо. Это случаи, когда нет необходимости получать значительные мышечные сокращения и следует простимулировать возможно большее число мышц в короткий период времени. К примеру, использование электростимуляции при разминке и восстановлении функций двигательного аппарата после травм, связанных с нарушением деятельности центральной нервной системы.

5). Стимулируемая мышца или мышечная группа перед сеансом электростимуляции должна быть предварительно подготовлены к работе, что обеспечивается: во-первых, выполнением обычных разминочных упражнений, во-вторых, трех- или четырехкратной предварительной подачей на стимулируемую мышцу тока с целью нахождения необходимой величины вызванного напряжения и индивидуальной переносимости процедуры.

Таким образом, обобщая изложенное выше можно сделать следующие выводы:

1. Существуют два способа электростимуляции мышц: прямой и не прямой. При прямой стимуляции электроды накладываются на кожу над стимулируемой мышцей. При не прямой электростимуляции электроды накладываются в области поверхностно расположенного двигательного нерва. В этом случае сокращение мышцы вызывается непрямо, а через иннервирующий их нерв.

2. При прямой электростимуляции целесообразно применять поперечное расположение электродов, что энергетически более выгодно, чем продольное и вовлекает в сократительный процесс большее число волокон.
3. При проведении электростимуляции двигательного аппарата наиболее рациональным следует считать продолжительность отдельного импульса от 2 мс до 3 мс. Длительность периодов напряжения и длительность периода расслабления мышц зависит от задач, стоящих перед электростимуляционной тренировкой.
4. Для наилучшего развития функциональных возможностей мышц методом электростимуляции целесообразно чередовать в одном сеансе режимы "Сила" и "Массаж".

ГЛАВА 4. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ В СПОРТЕ

Основная задача данного пособия заключается в том, чтобы сформировать у студентов и специалистов в некоторых видах спорта представления о возможностях электростимуляции двигательного аппарата, сообщить им ряд сведений по практическому использованию электростимуляции в тренировочном процессе. Учитывая, что вопросы практического применения электростимуляции в тренировочном процессе в учебно-методической литературе освещены недостаточно, считаем уместным представить обобщенные данные, представленные как в литературных источниках, так и в результатах собственных исследований.

Обобщая имеющиеся в этой области сведения можно отметить, что электростимуляция нервно-мышечного аппарата в практике спорта может быть применена для:

- 1) Развития скоростно-силовых качеств;
- 2) Нарастивания массы мышцы или ее отдельной части;
- 3) Повышения силовой выносливости мышц;
- 4) Поддержания работоспособности двигательного аппарата в период вынужденного бездействия, вызванного травмой, длительными переездами, неблагоприятной погодой и т.д.;
- 5) Совершенствования координационных возможностей спортсменов;
- 6) Ускорения хода восстановительных процессов после напряженной физической работы (восстановительный "электромассаж");
- 7) Предварительной подготовки двигательного аппарата перед выполнением физической работы ("электроразминка");
- 8) Восстановления функций двигательного аппарата после травм и заболеваний нервно-мышечного аппарата.

4.1. Применение электростимуляции для развития скоростно-силовых качеств.

В спортивной практике также была предпринята попытка изучить влияние импульсного электрического тока на функциональное состояние двигательного аппарата. Учитывая важность данных исследований, считаем необходимым более подробно остановиться на их результатах.

В наибольшей степени влияние электростимуляционной тренировки на развитие мышечной силы у спортсменов изучены в исследованиях Я.М. Коц (1970,1972) и В.А. Хвилон (1974).

Всего в их экспериментах принимало участие 185 спортсменов. У всех испытуемых на протяжении электростимуляционной тренировки происходило постепенное увеличение максимальной произвольной силы стимулируемых мышц. После 9 тренировочных дней прирост составил 30 % к исходным показателям при этом, после одинакового числа тренировок величина прироста силы сгибателя плеча примерно одинакова при каждодневной тренировке и при тренировке через день. После 19 дней прирост составил 38.4 %, хотя в дальнейшем идет замедление темпов прироста силы. Статистический анализ показал, что между приростом силы и исходными показателями силы нет тесной корреляционной зависимости ($r=0,17$). Также происходило увеличение мышечной массы. После 19 электростимуляционных тренировок четырехглавых мышц обеих ног увеличилась высота прыжка вверх с места на 16.1 % к исходному уровню.

Электростимуляция в данных исследованиях проводилась прямоугольными импульсами с частотой 50 Гц, длительность одного цикла стимуляции - 10 с и интервалом между ними в 50 с, всего 10 циклов, общее время 20 мин.

Авторы выделяют следующие преимущества и достоинства электростимуляционной тренировки:

1) При использовании электростимуляции обеспечивается избирательная тренировка силы отдельных наиболее важных мышц и мышечных групп в

зависимости от способа электростимуляции. При прямой электростимуляции обеспечивается избирательно сокращение любой поверхностно расположенной мышц, а не прямая - вызывает сокращения всех мышц иннервируемых стимулируемым нервом;

2) Рост мышечной силы связан с увеличением мышечной массы, но в то же время тренировка (электростимуляция) не влияет на координационную сторону движений, так как нет непосредственного участия спортсмена;

3) В отличие от произвольного усилия электрораздражение позволяет активизировать весь сократительный аппарат или, во всяком случае, привести к большему напряжению мышцы, чем при произвольном усилии. Вызванное электрическими импульсами максимальное напряжение удерживается значительно дольше и может быть повторено большее число раз, чем это делается при максимальном произвольном усилии. Поэтому от электростимуляции можно ожидать значительно более быстрого роста физиологического поперечника мышц, чем в условиях произвольной тренировки, плюс электростимуляция проходит без значительных усилий со стороны спортсмена;

4) При электрическом раздражении большие двигательные единицы должны вовлекаться в первую очередь, т.е. уже при слабом электрическом раздражении мышцы или ее нерва. Это связано с тем, что мышечные волокна больших двигательных единиц расположены более поверхностно и при прямом раздражении они возбуждаются легче (при меньшей силе раздражения), чем более глубоко расположенные мышечные волокна малых двигательных единиц. При электростимуляции нерва легче (уже при слабом раздражении) возбуждаются более толстые нервные волокна, которые иннервируют большие двигательные единицы;

5) Электростимуляция позволяет вести систематическую тренировку мышечной силы, избегая при этом замедления скорости сокращения тренируемой мышцы;

6) Достигнутый прирост мышечной силы в значительной мере сохраняется даже через 6-7 месяцев, снижаясь лишь на 15%.

В.Ю. Давиденко (1972) в эксперименте показал, что у спортсменов за три недели электростимуляционной тренировки сила трехглавой мышцы плеча достоверно возросла. Одновременно отмечается увеличение окружности расслабленного плеча. Также было установлено, что после курса электростимуляции мышц нижних конечностей (12-15 сеансов) улучшились показатели в прыжке вверх на 21.2 %.

М.А. Черепяхин (1972) провел комплексное исследование влияния электростимуляции мышц нижних конечностей на их силу и выносливость. После окончания курса показатели увеличились, а сила повысилась на 20-30%. У менее тренированных эффект был более выраженным.

Наряду с увеличением силы мышц при электростимуляционной тренировке повышается и их скоростно-силовые качества. С.П.Кузнецов и О.А.Коряк (1975) установили, что время достижения 90% максимального произвольного усилия после 5 сеансов электростимуляционной тренировки уменьшилось с 300 мс до 178 мс.

В.В. Кузнецов, И.Н. Кравцов, В. Н. Хайченко (1976) проводили экспериментальные исследования, целью которых был поиск возможности повышения работоспособности спортсменов при выполнении высокоинтенсивной скоростно-силовой работы. В ходе естественной тренировки квалифицированных легкоатлетов (24 человека) они подвергались электрическим воздействиям. Электростимуляция рабочих мышечных групп проводилась в паузах отдыха между сериями скоростно-силовых упражнений, выполняемых с максимальной интенсивностью и до отказа. Это позволило повысить работоспособность спортсменов на 10-15%. Электростимуляция осуществлялась в режиме субмаксимальной интенсивности короткими прямоугольными импульсами длительностью 1 мс. и частотой 100 Гц. Время электрического раздражения 1 с., время паузы - 1 с, число циклов на каждую мышцу - 20, общее время - не более 3 мин.

В исследованиях Г.В.Гариленко, В.Г.Абалина, Г.С.Ништа (1977), связанных с изучением влияния программируемой электростимуляции мышц на развитие двигательных качеств спринтеров получены следующие результаты:

возрастание максимальной силы сгибателей бедра и голени (мышцы подвергнутые электростимуляции);

увеличились средние величины силы и импульса силы.

Э.В. Пурвин и В.А. Смольянов (1995), обобщая результаты собственных исследований, отмечают следующие данные:

1) Электростимуляционная тренировка длительностью 10 сеансов приводит к достоверному увеличению скоростно-силовых показателей мышц нижних конечностей (на 14-25% от исходного уровня);

2) После прекращения электростимуляционной тренировки продолжается дальнейший рост исследуемых скоростно-силовых показателей, при этом наибольшие сдвиги зарегистрированы в течение первых 10 дней после завершения тренировки (до 16 - 30% от исходного уровня);

3) После этого наступает этап относительной стабилизации изучаемых показателей на повышенном уровне продолжительностью до месяца.

Объединяет большинство рассмотренных исследований то, что в них для развития силовых возможностей применялась электростимуляция частотой 50 гц. Скорей всего, это объясняется конструктивными особенностями применяемых электростимуляторов.

Однако как уже отмечалось выше, импульсный электрический ток, применяемый в электростимуляции, обладает большим числом разнообразных характеристик (частота, форма и длительность импульса, характер тока, используемый для стимуляции, соотношение периодов стимуляции и пауз и т.д.) и, видимо, наиболее важным следует считать частоту следования электрических импульсов.

Именно частота раздражений мышцы определяет усилие, развиваемое при сокращениях. В исследованиях на спортсменах это впервые было показано В.Г.Пановым (1979). Более того, он считает, что по частоте раздражений, при которой развивается наибольшее усилие мышцы (оптимум частоты раздражений) можно судить о функциональном состоянии спортсменов.

Известно также, что состав (соотношение быстрых и медленных волокон) мышц тела человека различен и, в основном, предопределен генетически.

Обобщая сведения, имеющиеся в ряде работ (Б.Салтин, 1976; Э.Ларсен, 1979; Я.М.Коц, 1981 и др), можно отметить, что к числу наиболее "быстрых" (с наибольшим содержанием быстрых волокон) относятся:

мышцы лица и шеи, мышцы предплечья и кисти, прямая мышца живота, четырехглавая мышца бедра, дельтовидная мышца;

к числу наиболее "медленных" (с наибольшим содержанием медленных волокон) относятся:

плечевая, полусухожильная и полуперепончатая мышцы бедра, средняя ягодичная, мышца, натягивающая широкую фасцию бедра и, особенно, камбаловидная;

к числу мышц, занимающих промежуточное положение (с примерно одинаковым содержанием быстрых и медленных волокон) относятся:

двуглавая и трехглавая мышцы плеча, большая грудная, широчайшая спины, малая круглая и большая круглая мышцы спины, трапецевидная, выпрямитель позвоночного столба, двуглавая мышца бедра, портняжная, подвздошная, нежная, гребешковая и длинная приводящая бедра, передняя большеберцовая, длинная малоберцовая, наружные косые мышцы живота.

Согласно исследованиям Б.Салтин (1976), Я.М.Коц, Ю.А.Коряк (1981) быстрые и медленные мышечные волокна существенно отличаются друг от друга по физиологическим характеристикам. В частности, частота раздражений, необходимая для получения тетанического сокращения и наибольшего усилия для быстрых и медленных мышечных волокон различная (для быстрых 25-50 гц, для медленных 12-22 гц).

Таким образом, почти все мышцы тела человека имеют различную композицию. Иногда даже расположенные рядом и выполняющие схожие функции мышцы, существенно отличаются друг от друга. Например, камбаловидная мышца - одна из самых "медленных", а расположенная рядом икроножная мышца - одна из "быстрых". Поэтому какая-либо отдельно взятая частота электростимуляции не может быть оптимальной для всех мышц. Более того, одни и те же мышцы у разных людей также различны по составу. Все это

вместе взятое существенно усложняет решение вопроса о выборе частоты электростимуляции для развития скоростно-силовых качеств спортсменов.

Определенный интерес в этом отношении представляют результаты наших исследований. В них наблюдалась группа из 6 подготовленных спортсменов, занимающихся тяжелой атлетикой и силовым троеборьем. На протяжении двух недель применялась (6 сеансов) электростимуляция двуглавой мышцы правого плеча. Показатели двуглавой мышцы левого плеча учитывались в качестве контроля. Частота электростимуляции для всех испытуемых устанавливалась равной 47 Гц. Электростимуляция осуществлялась серийно - 3 серии по 10 напряжений. Напряжение по 6 с, пауза также 6 с, интервал между сериями - 2 мин. До и после эксперимента определялись параметры произвольных и вызванных (при нарастании частоты стимуляции с 20 до 60 гц) сокращений двуглавой мышцы правого и левого плеча. В качестве обязательных условий эксперимента испытуемым предлагалось полностью исключить из программы своих тренировок упражнения, направленные на развитие скоростно-силовых качеств двуглавой мышцы правого и левого плеча.

Было установлено, что за период эксперимента (2 недели) параметры произвольных сокращений двуглавой мышцы правого плеча у испытуемых практически не изменились, а двуглавой мышцы левого плеча даже снизились. Параметры вызванных (при нарастании частоты электростимуляции с 20 до 60 гц) сокращений двуглавой мышцы левого плеча остались неизменными, а правого плеча возросли только лишь в диапазоне частот близких к 47 гц.

Результаты эксперимента убедили нас в том, что использование электростимуляции не может полностью заменить полноценную силовую тренировку. Повышение усилий вызванных сокращений только в диапазоне частот близких к частоте электростимуляции свидетельствует, на наш взгляд, об избирательном влиянии электростимуляционной тренировки на функциональное состояние мышечных волокон различного типа. Видимо, в нашем эксперименте используемый вариант электростимуляции оказал

большее влияние на быстрые мышечные волокна двуглавой мышцы правого плеча.

Для проявления скоростно-силовых качеств большое значение имеет содержание в мышцах АТФ. Имеются свидетельства о влиянии частоты электростимуляции на величину запасов АТФ в мышцах. Интересные данные приводятся в исследовании М. В. Кирзон, М.А. Мановцевой (1972). В них отмечается, что накопление АТФ в мышцах животных во время тетанических сокращений зависит от частоты раздражения: при равном числе стимулов раздражение с частотой 20 гц вызывает снижение содержания АТФ по сравнению с покоем на 10-12%, при больших частотах - 40, 80, 100 гц содержания АТФ на 8-10% превышает исходное. Причем, наибольшее количество АТФ было обнаружено после стимуляции с частотой 80 гц.

Не менее важным представляется вопрос о продолжительности вызванных электростимуляцией напряжений мышц и продолжительности пауз между отдельными напряжениями. М.В. Кирзон, М.А. Мановцева (1972) отмечают, что накопление АТФ в мышцах животных также зависит от режима электростимуляции. В частности, ими установлено, что наибольшее количество АТФ в мышцах регистрируется при продолжительности напряжений равной 6 с. При продолжительности напряжений равной 2, 4 с количество АТФ в мышцах несколько ниже, но выше исходной, отмеченной до напряжений. При продолжительности напряжений равной 10, 20, 30 с содержание АТФ ниже даже по сравнению с покоем. Согласно их исследованиям, наибольшее количество АТФ в мышцах отмечается при продолжительности пауз между напряжениями равной 5-6 с.

В более ранних исследованиях Ф.Э. Звягиной с соавторами (1951) также отмечается, что изменения биохимических показателей зависят не только от функционального состояния мышц, но и от режима электростимуляции. Анаэробный гликолиз и ресинтез АТФ больше увеличивается при скоростных режимах сокращений, а окислительно-восстановительные при длительных.

Анализируя подобные исследования можно заключить, что режимы электростимуляционной тренировки при развитии скоростно-силовых качеств

спортсменов должны в значительной мере повторять режимы, применяемые при развитии скоростно-силовых качеств с использованием традиционных средств. Для практического применения можно рекомендовать электростимуляцию мышц с частотой от 30 до 50 гц (в зависимости от композиции мышц), продолжительностью напряжений - 3-6 с и паузами отдыха между напряжениями также 3-6 с. Электростимуляционную тренировку, направленную на развитие скоростно-силовых качеств спортсменов целесообразно проводить серийно - 2-3 серии по 10-20 напряжений. Интервал между сериями - несколько минут. Силу электрического тока необходимо подбирать такую, чтобы добиться практически максимального сокращения мышцы. Применение электростимуляции с такими величинами тока вовлекает в сократительный процесс мышечные волокна всех типов - быстрые и медленные. Однако рекомендуемые режимы сокращений мышц не влияют негативно на обменные процессы в медленных волокнах скелетных мышц.

Необходимо также отметить, что использование длительных напряжений при электростимуляционной тренировке (10 с и более) приводит не только к уменьшению содержания в мышцах АТФ, но и затрудняет их кровоснабжение на длительное время. Видимо, данное обстоятельство привело к появлению популярного в практической работе режима электростимуляции, когда чередуются десятисекундные напряжения мышц с пятидесятисекундными паузами отдыха. При таком режиме за время напряжений в мышце происходят существенные изменения, которые затем устраняются во время сравнительно продолжительного отдыха.

Однако, как уже отмечалось в третьей главе, частота стимуляции, используемая в электростимуляционной тренировке для развития скоростно-силовых качеств спортсменов (30 до 50 гц), угнетает вегетативные нервные окончания в мышце, что может на некоторое время приводит к ухудшению в ней обменных процессов. Кроме того, длительное и сильное сокращение мышцы в этом режиме затрудняет в ней кровообращение. Данные реографических исследований показывают, что кровоток в мышце после электростимуляционной тренировки в режимах, направленных на развития

скоростно-силовых качеств длительное время изменен и напоминает кровоток в мышцах после выполнения напряженных статических усилий.

В третьей главе также отмечалось, что возможна электростимуляция мышц с низкой частотой. Такой режим был назван нами "Массаж". В этом режиме электростимулятор вырабатывает импульсы с низкой частотой, что вызывает одиночные сокращения стимулируемых мышц и не может использоваться для развития силы и работоспособности мышц.

Однако, такой режим стимуляции мышц вызывает усиление обменных процессов и кровотока в них. По данным реографических исследований, по сравнению с ручным массажем низкочастотная электростимуляция обеспечивает более выраженное усиление кровотока в самих мышцах и связанных с ними тканях (связках, сухожилиях, суставах). Особенно значительные изменения подобная низкочастотная электростимуляция оказывает на процессы венозного оттока крови от стимулируемого участка.

В своих исследованиях мы постарались сравнить варианты электростимуляционной тренировки, применяемой при развитии скоростно-силовых качеств спортсменов, с дополнительным применением низкочастотной электростимуляции и без нее. Для этого были проведены дополнительные исследования, в которых мы сравнили результаты рассмотренного выше варианта электростимуляционной тренировки с новыми, с применением низкочастотной электростимуляции.

В дополнение к рассмотренному выше варианту (3 серии по 10 напряжений, напряжение 6 с, пауза - 6 с, интервал между сериями - 2 мин, частота электростимуляции 47 гц) была применена низкочастотная электростимуляция данной мышцы с частотой 2 гц. Низкочастотная электростимуляция осуществлялась в паузах между сериями в течение 1 минуты. Таким образом в данном эксперименте стимулируемая мышца дополнительно выполняла 120 одиночных сокращений в паузах между сериями напряжений.

В исследованиях с дополнительным применением низкочастотной электростимуляции установлено более быстрая "нормализация" показателей

периферического кровообращения после сеанса и повышение изучаемых показателей (величины максимального произвольного и вызванного усилия, величина "взрывного" усилия) после всего курса тренировок практически у всех испытуемых.

Исходя из изложенного выше считаем, что для наилучшего развития скоростно-силовых возможностей мышц методом электростимуляции целесообразно чередовать в одном сеансе режимы "Сила" и "Массаж".

Таким образом, вопрос об оптимизации параметров электростимуляции для развития скоростно-силовых возможностей мышц до сих пор остается не решенным. Однако приведенные выше данные, на наш взгляд, достаточны для успешного применения этого метода в тренировке спортсменов.

4.2. Применение электростимуляции для наращивания мышечной массы.

В доступной нам литературе не удалось найти исследований, посвященных применению электростимуляции для наращивания мышечной массы. Однако с помощью электростимуляции легко моделировать режимы тренировки, необходимые для наращивания мышечной массы. Поэтому в данном разделе приводиться краткий опыт работы с отдельными атлетами.

Необходимо сразу отметить, что применение электростимуляции мышц в подготовке культуриста не следует считать альтернативой работе с отягощениями и на тренажерах, тем более не следует противопоставлять одно другому. Электростимуляцию следует рекомендовать как дополнительное средство, повышающее эффективность тренировки. В плане наращивания мышечной массы электростимуляция мышц может быть применена:

1. В сочетании с общепринятыми упражнениями, как средство "ударного" воздействия на отдельную мышцу или ее часть;
2. Как средство развития мышцы или ее части в тех случаях, когда общепринятые средства не позволяют этого сделать;

3. Как средство ускорения восстановительных процессов непосредственно в ходе тренировки и после нее;

4. Как средство поддержания "формы" в период вынужденного перерыва.

Электростимуляция с целью развития силы мышц и мышечной массы может применяться как отдельной процедурой, так и в сочетании с общепринятыми упражнениями в одной тренировке. Например, при выполнении в отдельном упражнении нескольких подходов, один - два подхода можно заменить сеансами прямой электростимуляции этой же мышцы со степенью сокращения необходимого для выполнения данного упражнения.

Такой же вариант можно рекомендовать и при выполнении упражнений по принципу "пирамиды". Подобное сочетание обоих средств позволяет существенно повысить эффективность воздействия на мышцу. Дело в том, что при выполнении напряженных тренировочных упражнений развивается утомление, не позволяющее оказывать значительное воздействие на отдельную мышцу. Причем, наиболее существенный вклад в развитии утомления принадлежит не только самой мышце, но нервным центрам и нервно-мышечной передаче (синапсам).

Прямая электростимуляция мышц позволяет вызвать ее сокращение в обход синапсов и нервных центров. Следовательно, сочетая электростимуляцию мышц с общепринятыми упражнениями для данных мышц в одной тренировке можно существенно увеличить суммарное воздействие на них без развития выраженного утомления.

Кроме того, прямая электростимуляция мышцы вызывает более мощное сокращение, чем произвольное. Как уже отмечалось выше, это объясняется тем, что произвольно человек не может (кроме экстремальных случаев) привести в сокращение все мышечные волокна в отдельной мышце. Прямая электростимуляция позволяет сделать это. Однако, следует предупредить атлетов о том, чтобы они очень осторожно подходили к таким режимам работы. Работа в подобных режимах возможна только лишь после определенной тренировки именно с использованием электростимуляции с постепенно повышающимися токами стимуляции.

Каким же образом эффективно применять электростимуляцию мышц в тренировке культуриста? Необходимо предварительно ознакомиться с условиями электростимуляции, способами накладывания и закрепления электродов в нужном участке мышцы, а также определить ту величину тока электростимуляции, при которой данная мышца сокращается с максимальным усилием.

Для этого можно рекомендовать следующую последовательность действий:

1) После включения электростимулятора установить выходной ток электростимуляции в минимальное положение. Закрепить электроды на коже над нужной мышцей (используя информацию, представленную на рисунках данного пособия), причем предусмотреть возможность перемещения одного из них (меньшего по размерам);

2) Плавно увеличивая уровень тока электростимуляции добиться выраженных сокращений выбранной мышцы или ее части. По необходимости, не меняя величину тока, передвинуть электрод;

3) Запомнить тот вариант расположения электродов, который лучше всего подходит для решения конкретной задачи;

4) После этого постепенно увеличивая ток добиться максимального сокращения мышцы. Запомнить это положение.

5) Производить электростимуляцию мышц на тренировке в процентном отношении к данной величине (по аналогии упражнений с отягощениями). Двухканальный электростимулятор позволяет проводить стимуляцию одновременно двух мышц на разных конечностях.

Конкретные режимы электростимуляции зависят от задач, которые ставятся перед отдельной серией упражнений. Например, атлету по плану для наращивания массы какой-то мышцы предстоит выполнить серию упражнений - 3 подхода по 10 повторений с весом 80% от максимального и отдыхом 1 - 1,5 минут между подходами. Можно предложить следующий вариант - первый и последний подходы выполнить традиционным образом, а после первого подхода быстро наложить электроды на данную мышцу (место расположения

электродов должно быть определено заранее) и провести вторую серию (десять сокращений) путем электростимуляции, установив величину тока примерно 80% от величины, вызывающей максимальное сокращение.

Очень удобны для этой цели электростимуляторы, имеющие автоматическое чередование циклов стимуляции и пауз расслабления. Подобный режим работы предусматривает автоматическое чередование циклов стимуляции мышцы и пауз расслабления. Продолжительность циклов стимуляции мышцы и пауз расслабления следует устанавливать в пределах от 2 до 6 секунд. Если электростимулятор не имеет такого режима работы, то управлять сокращением мышцы необходимо самостоятельно, поворачивая ручку регулятора уровня тока электростимуляции.

Возможны и другие варианты сочетания электростимуляции и упражнений с отягощениями в одной серии. Кроме того, возможно выполнение всей серии сокращений только лишь с использованием электростимуляции, а затем выполнение для данной мышечной группы других упражнений с применением традиционных средств. Аналогичные рекомендации можно предложить атлетам и при выполнении серий, направленных на наращивание мышечной массы, и при "рельефной" тренировке.

Следует обратить внимание атлетов еще на одну особенность электростимуляторов с автоматической сменой циклов стимуляция - пауза. Смена циклов может происходить с различной скоростью. Это означает, что переход от стимуляции к расслаблению и наоборот может происходить с различной скоростью. Данное обстоятельство может с успехом применяться в тренировке. В частности, при развитии силы мышц и при "рельефной" тренировке можно рекомендовать быструю смену циклов, а при наращивании мышечной массы и при развитии силовой выносливости - медленную.

Значительное повышение эффективности тренировок культуристов может обеспечить электростимуляция как средство ускорения восстановительных процессов в мышцах как непосредственно во время занятия, так и после него. Как известно, большие мышечные напряжения затрудняют кровоток через мышцу. Кроме того, сравнительно длительное время после окончания больших

мышечных усилий отмечается повышенный тонус мышечных волокон, что в свою очередь затрудняет кровоток, особенно через самые мелкие кровеносные сосуды - капилляры. Это затрудняет обменные процессы и замедляет восстановление работоспособности мышц. Электростимуляция мышц в режиме "Массаж" позволяет в значительной степени устранить этот недостаток.

Практически это может осуществляться в двух формах. Первая - применение электростимуляции в режиме "Массаж" в перерывах между отдельными упражнениями или после занятия. Более подробно особенности применения электростимуляции для ускорения восстановительных процессов рассматриваются в соответствующем разделе данной главы.

Вторая - применение электростимуляции в режиме "Массаж" между отдельными подходами в серии упражнений, особенно это удобно делать в том случае, когда один или несколько подходов заменяются на электростимуляцию в режиме "Сила". Для этого необходимо просто после последнего вызванного сокращения в подходе перевести электростимулятор в режим "Массаж" (при этом целесообразно несколько уменьшить величину тока).

В отдельных случаях, если атлет очень хорошо освоил применение электростимуляции, можно даже рекомендовать применять режим "Массаж" в паузах между отдельными усилиями в подходах.

Метод электростимуляции мышц представляет атлетам уникальную возможность избирательно развивать отдельные участки мышц. Данная возможность может играть очень большое значение для культуристов.

Как известно, в бодибилдинге особое значение придается пропорциональности развития мышц или отдельных частей мышцы. У многих атлетов отмечается непропорциональное развитие некоторых мышц. Традиционными средствами устранить этот недостаток практически невозможно. Электростимуляция двигательного аппарата позволяет в значительной мере устранить подобные недостатки.

Например, у атлета отмечается генетически обусловленное непропорциональное развитие двуглавой мышцы плеча - наружная и внутренняя головки этой мышцы развиты в неодинаковой степени. Для

устранения данного недостатка необходимо значительно повысить нагрузку на отставшую в развитии часть мышцы. Однако традиционными средствами это сделать очень трудно. Подбирая различные упражнения и меняя исходное положение невозможно добиться изолированного сокращения одной из головок двуглавой мышцы плеча. Электростимуляция позволяет добиться изолированного сокращения любой из головок двуглавой мышцы плеча. Для этого необходимо установить один из электродов электростимулятора в месте проекции "двигательной точки" нужной головки (согласно рисункам в приложении данного пособия) и проводить электростимуляционную тренировку нужного участка мышцы в соответствующих режимах. Аналогично можно развивать любую другую мышцу тела.

Еще одно направление использования электростимуляции в тренировке культуриста - поддержание "формы" в период вынужденного бездействия. Такая необходимость может возникнуть в период переездов к месту соревнований, командировок, а также небольших травм. Возможен вариант применения электростимуляции и в домашней обстановке в качестве дополнения к тренировочной работе в зале. Электростимуляция в подобных случаях не отличается от рассмотренных выше вариантов.

4.3. Применение электростимуляции для повышения силовой выносливости мышц.

Как уже отмечалось выше, большая часть исследований направлена на изучение влияния электростимуляции на развитие скоростно-силовых качеств. Поэтому в доступной литературе нам также не удалось найти исследований, посвященных применению электростимуляции для повышения силовой выносливости мышц. Однако широкая вариативность электростимуляции двигательного аппарата позволяет легко моделировать режимы тренировки, необходимые для повышения силовой выносливости мышц.

Необходимо отметить, что возможности применения электростимуляции для эффективного развития силовой выносливости мышц, видимо, ниже, чем при развитии скоростно-силовых качеств. В подтверждение подобного вывода можно привести следующие сведения.

Выше уже отмечалось, что состав мышц тела человека различен (Б.Салтин, 1976; Э.Ларсен, 1979; Я.М.Коц, 1981 и др.). Быстрые и медленные мышечные волокна существенно отличаются друг от друга по физиологическим и биохимическим характеристикам. Отличаются они по характеру функционирования и при выполнении естественных движений.

В частности, медленные мышечные волокна устойчиво функционируют при любых по величине усилиях, при этом характер их работы практически не меняется при изменении величины мышечного усилия. Быстрые мышечные волокна включаются в активность (в дополнение к медленным) только для обеспечения больших по величине усилий, а также в начале любых по силе статических и динамических мышечных сокращений, чтобы увеличить скорость нарастания напряжения мышцы или сообщить двигаемой части тела необходимое ускорение. Причем, чем больше усилие и скорость при выполнении движений, тем больше участие быстрых мышечных волокон.

Поэтому при выполнении в естественных условиях небольших по величине усилий, характерных для длительной мышечной работы, функционируют преимущественно медленные мышечные волокна. Управление параметрами движений при этом осуществляется за счет деятельности ЦНС. Регуляция величины усилий при этом осуществляется за счет координационной деятельности ЦНС. В ее основе имеются три основных механизма:

- 1) регуляция числа активных мышечных волокон;
- 2) регуляция режима их работы (изменением частоты нервной импульсации);
- 3) регуляция временной связи активности мышечных волокон (синхронизация работы отдельных волокон).

Применение электростимуляции с величинами тока, рекомендованными для развития скоростно-силовых качеств, вовлекает в сократительный процесс

мышечные волокна всех типов - быстрые и медленные. Однако подобные режимы сокращений мышц не оказывают выраженных негативных влияний на обменные процессы в медленных волокнах скелетных мышц, хотя частота электростимуляции при этом существенно превышает оптимальную для медленных мышечных волокон.

Иная ситуация возникает при выборе режимов электростимуляции для повышения силовой выносливости скелетных мышц. Как уже отмечалось выше, при электрическом раздражении быстрые мышечные волокна будут вовлекаться в сократительный процесс в первую очередь. Это связано с тем, что мышечные волокна быстрых двигательных единиц расположены более поверхностно и при прямом раздражении они возбуждаются легче, чем более глубоко расположенные мышечные волокна медленных двигательных единиц (Я.М.Коц, 1970,1972; В.А.Хвилон, 1974). Поэтому выбрать величину электрического тока, которая вызывала бы сокращение только лишь медленных волокон скелетных мышц невозможно.

Следовательно при проведении электростимуляции для повышения силовой выносливости скелетных мышц мы неизбежно сталкиваемся с ситуацией, при которой в сократительный процесс необходимо вовлекать все мышечные волокна в данной мышце. Однако по своим биохимическим и физиологическим свойствам быстрые и медленные мышечные волокна существенно отличаются. Поэтому при проведении электростимуляции в режимах, характерных для развития силовой выносливости, в сокращения будут вовлекаться и медленные и быстрые мышечные волокна. Свойства быстрых мышечных волокон не позволяют им эффективно выполнять длительное время подобную работу. Навязывание быстрым волокнам с помощью электростимуляции подобных режимов работы может негативно сказаться на их функциональном состоянии.

Для того, чтобы уменьшить неблагоприятные изменения в быстрых волокнах необходимо очень внимательно подходить к выбору режимов электростимуляции при развитии силовой выносливости скелетных мышц. В частности, при развитии силовой выносливости мышц следует применять

электростимуляцию с относительно низкой частотой. Целесообразно использовать частоту стимуляции 18-25 гц. Раздражение большинства мышц с такой частотой будет вызывать их сокращение в режиме неполного тетануса (зубчатое тетаническое сокращение).

Подобное сокращение объясняется тем, что частоты электрических раздражений в 18-25 гц недостаточно для достижения полного тетанического сокращения быстрых мышечных волокон. Таким образом, при частоте электрических раздражений в 18-25 гц часть мышцы (медленные волокна) будет сокращаться в режиме полного тетануса, а другая часть этой же мышцы (быстрые волокна) - в режиме неполного тетануса. При таком сокращении будет наблюдаться своеобразная мышечная дрожь. Величина усилий при таком сокращении будет небольшой.

При этом в мышцах с относительно большим содержанием медленных волокон подобные сокращения будут незначительно уступать по величине максимальной вызванной силе. В мышцах с относительно большим содержанием быстрых волокон будет отмечаться значительное уступание максимальной вызванной силе.

Анализируя подобные представления можно заключить, что электростимуляционная тренировка при развитии силовой выносливости мышц у спортсменов с частотой 18-25 гц будет способствовать оптимальным сдвигам в медленных волокнах и не вызывать выраженных негативных биохимических и физиологических изменений в быстрых волокнах этой же мышцы.

Для практического применения можно рекомендовать электростимуляцию мышц с частотой от 18 до 25 гц (в зависимости от композиции мышц), продолжительностью напряжений - 1-3 с и паузами отдыха между напряжениями также 1-3 с. Электростимуляционную тренировку, направленную на развитие силовой выносливости спортсменов, можно проводить непрерывно на протяжении нескольких минут, либо серийно по аналогии с интервальной тренировкой.

Сила электрического тока подбирается такой, чтобы добиться выраженного сокращения мышцы. По величине ток в данном случае немного

уступает величине тока, рекомендованного для развития скоростно-силовых качеств.

В разделе, посвященном применению электростимуляции для развития скоростно-силовых качеств отмечалось, что целесообразно сочетать электростимуляцию мышц с различной частотой (режимы "Сила" и "Массаж"). Подобное чередование можно рекомендовать и при использовании электростимуляции для развития силовой выносливости.

Для развития силовой выносливости мышц предложено сравнительно много разнообразных методов. Электростимуляцию двигательного аппарата спортсменов не следует противопоставлять этим методам. Наоборот, электростимуляция, направленная на повышение силовой выносливости мышц может стать прекрасным дополнением в тренировочном процессе в период переездов к месту соревнований, командировок, небольших травм и т.д. Особенно важна электростимуляция в таких случаях для поддержания работоспособности мышц.

4.4. Применение электростимуляции для совершенствования координационных возможностей спортсменов.

Электростимуляция нервно-мышечного аппарата может найти свое применение и для совершенствования координационных возможностей спортсменов. Применение электростимуляции для совершенствования координационных возможностей возможно, на наш взгляд, в двух направлениях:

- 1) использование электрического импульса в качестве своеобразной "подсказки" спортсмену при совершенствовании техники спортивных движений для обозначения начала или конца какой-либо фазы движения;
- 2) использование электрического импульса в качестве фактора, обеспечивающего более мощное сокращение мышц в наиболее ответственные моменты спортивных движений.

В доступной нам литературе не удалось встретить исследований, направленных на применение электростимуляции при совершенствовании техники спортивных движений. Однако подобное применение возможно, и более того, желательно. Во многих источниках отмечается, что даже высококвалифицированные спортсмены сравнительно часто не могут точно определять момент начала или конца определенной фазы движения. Лучшим "помощником" спортсмена в определении отдельных фаз движений, на наш взгляд, может стать импульс электрического тока.

Величина и продолжительность подобного импульса должны быть небольшими, так как в данном случае нет необходимости добиваться увеличения силы мышечных сокращений. Более того, электроды электростимулятора могут размещаться в любом удобном участке тела спортсмена. Главное, чтобы электрический импульс воспринимался спортсменом в качестве своеобразной "подсказки" для обозначения фаз движения.

Использование импульса электростимулятора в качестве фактора, обеспечивающего более мощное сокращение мышц в наиболее ответственные моменты спортивных движений, описано во многих исследованиях. Основоположником этого направления исследований следует считать научную школу И.П.Ратова. Под его руководством подобные исследования проведены во многих видах спорта.

В качестве примера более подробно остановимся на использовании электростимуляции в качестве вспомогательного средства в тренировочном процессе легкоатлетов - метателей (И.П. Ратов, Т.Г. Селиванова, В.И. Овчинник, 1975). Согласно их представлениям, применение этого нетрадиционного приема позволяет спортсмену почувствовать условия, обеспечивающие значительно более высокие мышечные усилия по сравнению с обычным выполнением метания.

В их исследованиях электрические импульсы подавались на мышцу непосредственно во время выполнения упражнения, точнее в завершающей фазе финального движения метателя. Эта методика основана на данных,

полученных в лаборатории биомеханики спорта - очень часто даже квалифицированные спортсмены прекращают силовое давление на снаряд задолго до момента его выпуска (И.П. Ратов 1962,1972).

Амплитуда стимуляционного сигнала была индивидуальна, в пределах 300 - 400 V. Сигнал представлял собой очень короткую серию импульсов, длительностью не более 100 мкс. Сигнал не вызывал болевых ощущений и приводил к резкому сокращению мышц. Результаты исследований показали, что при такой методике электростимуляции наблюдается значительный прирост скоростно-силовых показателей в попытках следующих за стимуляционным воздействием.

Аналогичные исследования были проведены во многих видах спорта. Все эти исследования объединяет примерно одинаковая схема применения электростимуляции, которая представлена на рис. 4.



Рис. 4. Типовая схема применения электростимулятора при совершенствовании координационных возможностей спортсменов.

Во всех подобных случаях заданный параметр движения контролируется следящим звеном, которое состоит из датчика движения и порогового устройства. Датчиком называется элемент измерительной системы, который

непосредственно воспринимает изменения измеряемого показателя и, чаще всего, преобразует их в электрический сигнал. Чаще всего в таких системах используются относительно простые контактные датчики, фиксирующие замыкание или размыкание разнообразных контактных групп. В более сложных системах могут быть использованы любые другие виды датчиков (резистивные, емкостные, электромеханические, оптические, термоэлектрические и т.д.).

Пороговое устройство необходимо для выдачи управляющего работой электростимулятора импульса при достижении фиксируемого параметра движения определенной, заранее определенной, величины. Параметры тока электростимулятора (частота, амплитуда, продолжительность) в таких системах могут быть самыми разнообразными и зависеть от конкретных задач.

Применение электростимуляции нервно-мышечного аппарата для совершенствования координационных возможностей спортсменов, в основном, зависит от творческих возможностей тренера и позволяет добиться хороших результатов в повышении уровня технического мастерства.

4.5. Применение электростимуляции для ускорения хода восстановительных процессов после напряженной физической работы.

Электростимуляция мышц после напряженной физической работы может способствовать существенному ускорению в них восстановительных процессов. Выше уже отмечалось, что вызываемые электрическими импульсами сокращения мышц усиливают в них крово и лимфообращение, способствуют доставке питательных веществ к мышце, обеспечивают выделение недоокисленных продуктов, благотворно влияют на обмен минералов в мышце, увеличиваются запасы АТФ и активность ферментативных систем, повышается возбудимость стимулируемой мышцы.

Электростимуляция оказывает влияние не только на стимулируемые мышцы, но и через рецепторный аппарат на весь организм и в первую очередь на ЦНС, на нейрогуморальные механизмы регуляции функций.

Кроме того отмечалось, что при электростимуляции в режиме "Массаж" отмечается значительное усиление кровотока в самих мышцах и окружающих их тканях (А.А. Николаев, 1985). Усиление кровотока в мышцах после напряженной физической работы, особенно напряженной силовой работы, значительно ускоряет восстановительные процессы. Поэтому применение электростимуляции на различных этапах последствия напряженных физических нагрузок может привести к значительному ускорению процессов восстановления работоспособности.

Поэтому для ускорения процессов восстановления после напряженной физической работы можно рекомендовать электростимуляцию нервно-мышечного аппарата, как в режиме "Массаж", так и в режиме "Сила".

В режиме "Массаж" можно проводить как прямую, так и непрямую электростимуляцию. Частота электростимуляции при этом 1 - 5 гц (режим одиночных сокращений мышц), сила тока достаточная для выраженных сокращений мышц, продолжительность - 2 – 3 мин на каждую мышцу.

Необходимо также отметить, что при таком режиме электростимуляции через многочисленные рецепторы оказывается тормозящее действие на функциональное состояние ЦНС. Поэтому подобный вариант восстановительной электростимуляции целесообразно использовать в том случае, когда имеется продолжительный период времени до начала следующего тренировочного занятия или соревнования. Например, на следующий день. Применение подобной электростимуляции активизирует кровоток и обменные процессы в мышцах, способствует в конечном итоге ускорению восстановления работоспособности мышц, уменьшению возникающих в мышцах болезненных ощущений.

Если до начала следующего тренировочного занятия или соревнования небольшой промежуток времени, (например, между предварительными и финальными соревнованиями) то подобной вариант электростимуляции можно применять только перед работой, связанной с проявлением выносливости. На проявление скоростно-силовых качеств электростимуляция с подобными параметрами влияет негативно.

Для ускорения процессов восстановления после напряженной физической работы можно рекомендовать электростимуляцию и в режиме "Сила". В таком случае целесообразно применять небольшие по продолжительности сокращения мышц (0,5 - 1 с). Пауза между отдельными сокращениями - 3 - 5 с. Сокращения мышц целесообразно проводить серийно, например, 3 - 5 серий по 10 сокращений, пауза между сериями 0,5 - 1 мин.

Для ускорения хода восстановительных процессов можно совместно использовать электростимуляцию в режимах "Массаж" и "Сила". Из множества вариантов восстановительной электростимуляции лучшим, видимо, следует признать следующий. Способ электростимуляции прямой или не прямой, величина тока - достаточная для выраженных сокращений мышц. После закрепления электродов и установки режима "Массаж" плавно увеличивая ток стимуляции добиться появления выраженных одиночных сокращений мышц. Стимуляция в таком положении 1 - 1,5 минуты.

Затем, не снижая величину тока электростимуляции, перевести аппарат в режим "Сила". Продолжительность стимуляции в таком состоянии 2 - 3 секунды. После этого снова перевести электростимулятор в режим "Массаж" и стимулировать мышцу 16 - 20 секунд. Повторить 5 - 7 таких циклов. После этого стимулировать мышцу в режиме "Массаж" еще 2 - 3 минуты.

В заключение необходимо отметить, что эффективность применения различных средств восстановления (в том числе и электростимуляции) зависит от многих факторов: величина и направленность тренировочной или соревновательной нагрузки, индивидуальные особенности спортсмена, этап последействия, вариант использования данного средства (В.М.Волков, 1994; В.П.Луговцев с соавторами, 1995). Несомненно, все эти положения необходимо учитывать при разработке рациональной системы использования электростимуляции нервно-мышечного аппарата в период восстановления.

4.6. Применение электростимуляции для предварительной подготовки двигательного аппарата перед выполнением физической работы

Электростимуляция может с успехом применяться для предварительной подготовки мышц, как перед обычной тренировкой, так и перед участием в соревнованиях. Несмотря на очевидную важность данного вопроса в специальной литературе нам удалось встретить лишь единичные работы, посвященные применению электростимуляции для предварительной подготовки мышц перед напряженной физической работой (К.И. Безотченко, 1986; В.М.Волков с соавторами., 1994).

Продолжительность подобной "электроразминки" составляет 2 – 3 минуты на каждую мышцу (прямая стимуляция) или мышечную группу (непрямая стимуляция) и зависит от характера предстоящей работы.

Обобщая представленные сведения можно заключить, что в любом случае разминку необходимо начинать с обычных "разогревающих" упражнений. Затем целесообразно приступить к электростимуляции в режиме "Массаж". После закрепления электродов в нужном месте (можно пользоваться рисунками, представленными в приложении) необходимо плавно увеличивать ток электростимуляции.

Увеличивать ток стимуляции следует до появления выраженных одиночных сокращений мышц. Продолжительность стимуляции в таком режиме примерно 30 секунд. Подобная электростимуляция активизирует в мышцах обменные процессы, увеличит в них периферический кровоток, повысит температуру мышц. Незначительная продолжительность электростимуляции с такой частотой (1-5 гц) не скажется негативно на функциональном состоянии ЦНС.

Затем характер электростимуляции будет зависеть от предстоящей мышечной работы. Перед скоростно-силовой работой целесообразен следующий вариант электростимуляции. Не снижая величину тока стимуляции перевести аппарат в режим "Сила" с частотой стимуляции 35 – 50 гц. При этом стимулируемые мышцы начинают сокращаться тетанически. Продолжительность стимуляции в таком состоянии 2 - 4 секунды.

После этого, не меняя величину тока, перевести прибор в режим "Массаж" и стимулировать мышцу в таком режиме 6 - 8 секунд. Повторить 6 - 10 таких циклов. Величину тока электростимуляции можно постепенно увеличивать. Закончить "электроразминку" следует тридцатисекундной стимуляцией мышцы в режиме "Массаж". При использовании электростимуляции перед скоростно-силовой работой целесообразно применять вариант с резкой сменой периодов напряжения и расслабления мышцы.

Перед длительной работой, связанной с проявлением выносливости, также следует циклически менять режимы электростимуляции. Однако, продолжительность стимуляции мышц в режиме "Сила" 4 - 6 секунд (частота электростимуляции в данном случае - 20 - 30 гц), а в режиме "Массаж" - 12 - 14 секунд. Повторить 10 - 20 таких циклов.

Величину тока электростимуляции в данном случае установить несколько меньшей по сравнению с "электроразминкой" перед скоростно-силовой работой. Закончить предварительную подготовку мышц также следует тридцатисекундной стимуляцией мышцы в режиме "Массаж". При использовании электростимуляции перед работой, связанной с проявлением выносливости целесообразно применять вариант с плавной сменой периодов напряжения и расслабления мышцы.

Эффективность применения электростимуляции двигательного аппарата для предварительной подготовки мышц перед напряженной физической работой может оказаться очень высокой и зависит от характера предстоящей работы, степени освоения процедуры электростимуляции спортсменом и тренером, индивидуальных особенностей спортсменов, условий подготовки к конкретным тренировочным занятиям и соревнованиям и т.д. Применение электростимуляции в таких случаях должно быть органически взаимосвязано с другими средствами подготовки организма к предстоящей работе.

4.7. Возможности применения электростимуляции для восстановления функций двигательного аппарата после травм.

Анализ литературы по основам применения физиотерапевтических средств, а также наш опыт свидетельствует, что использование электростимуляции при восстановлении функций двигательного аппарата после различных травм может оказать быстрый и выраженный эффект. Применение электростимуляции для восстановления функций двигательного аппарата может быть самым разнообразным. Остановимся лишь на некоторых из них.

Применение электростимуляции после ушибов, растяжений и переломов.

Для восстановления двигательных функций после ушибов, растяжений, переломов целесообразно применять электростимуляцию с низкой частотой импульсации (режим "Массаж") и небольшими величинами электрического тока. Сила тока должна быть пороговой или даже подпороговой (возникает только ощущение прохождения электрического тока, без выраженного сокращения мышц). Согласно исследованиям А. Shuls (1990), электростимуляция с подобной силой тока улучшает кровообращение, обеспечивает вывод токсинов и стимулирует восстановление физиологической активности клеток, ускоряет накопление клетками АТФ, интенсифицирует синтез белков и ионный обмен.

Согласно нашим данным, применение низкочастотной электростимуляции с пороговой и подпороговой силой тока позволяет значительно ускорить восстановление функций двигательного аппарата после травм у спортсменов.

При использовании электростимуляции для восстановления двигательного аппарата после травм у спортсменов следует учитывать тяжесть поражения, особенности телосложения, индивидуальную переносимость

процедур. Кроме того, нецелесообразно использовать электростимуляцию непосредственно после получения травмы. Лучший период для электростимуляции - период относительной стабилизации кровообращения в зоне травмы (спустя 2 - 10 дней после травмы).

Для проведения процедуры целесообразно использовать прямоугольные электроды. Электроды располагаются на расстоянии 5 - 7 сантиметров выше и ниже зоны травмы и фиксируются таким образом, чтобы не нарушать естественного кровообращения. После установки необходимого режима электростимуляции (режим "Массаж") следует плавно увеличивать величину тока до появления ощущения прохождения импульсного тока через зону травмы. После этого целесообразно еще немного увеличить силу тока.

Продолжительность электростимуляции в этом положении 1,5 - 3 минуты. Затем сделать паузу длительностью 1-2 минуты. После этого снова стимулировать данный участок 1,5 - 3 минуты. Сеансы электростимуляции выполнять ежедневно на протяжении 3 - 10 дней в зависимости от тяжести травмы. При необходимости можно повторить электростимуляцию спустя 7 - 10 дней.

Условия электростимуляции (положение и разновидности электродов) могут быть самыми разнообразными в зависимости от особенностей травмированного участка. Например, при травмах суставов пальцев руки электростимуляцию целесообразнее проводить следующим образом: один электрод закрепить на предплечье, а другой поместить в небольшую емкость с водой. Пораженный палец или сустав помещается в воду и в таком положении проводится процедура.

Применение электростимуляции для восстановления работоспособности после периферических двигательных нарушений.

Кроме восстановления функций двигательного аппарата после травм, как свидетельствует наш опыт и данные литературных источников, электростимуляция может с успехом применяться и для восстановления

работоспособности двигательного аппарата после различных двигательных нарушений.

На основании данного опыта, для восстановления двигательных функций после воспалительных и болезненных явлений в мышцах можно рекомендовать применять электростимуляцию в режимах "Массаж" и "Сила". На начальных стадиях восстановления целесообразно применять режим "Массаж". Способ стимуляции - прямой. Возможно расположение одного из электродов на "двигательной точке" данной мышцы (согласно рисункам), но возможны и другие варианты расположения электродов. Величина тока электростимуляции - небольшая (вначале даже подпороговая).

Затем следует плавно увеличивать силу тока до появления относительно безболезненных сокращений данной мышцы. Продолжительность стимуляции 1,5 - 3 минуты. В процессе электростимуляции, по мере снижения болезненных ощущений, следует немного увеличивать силу тока. Сеансы электростимуляции выполнять ежедневно на протяжении 2 - 5 дней.

Спустя 1 - 2 сеанса, после минутной стимуляции в режиме "Массаж", целесообразно перейти на режим "Сила". Для этого установить величину выходного тока в минимальное положение и переключить электростимулятор в режим "Сила". Плавно увеличить ток до напряжения данной мышцы в зависимости от болезненности ощущений. Продолжительность электростимуляции 2 - 3 секунды, затем пауза 6 - 8 секунд (регулятор тока электростимуляции - в минимальное положение). Выполнить 7 – 10 таких циклов. Возможно и применение автоматической смены периодов расслабления и стимуляции (если электростимулятор имеет такую конструкцию). После этого - минута стимуляции в режиме "Массаж".

Для восстановления функций двигательных нервов следует применять режим "Массаж". Способ стимуляции – непрямой. Активный электрод расположен в зоне проекции данного нерва (см. рисунки). Плавно увеличивать силу тока до появления ощущения прохождения тока по нерву. Мышцы, иннервируемые данным нервом, при этом могут не сокращаться (подпороговая электростимуляция). Продолжительность электростимуляции 1 - 2 минуты.

Сеансы электростимуляции выполнять ежедневно на протяжении 2 - 5 дней. Начиная со второго сеанса возможно увеличение тока до величины, вызывающей сокращение мышц, иннервируемых данным нервом (пороговая электростимуляция).

Применение электростимуляции в подобных режимах позволяет существенно ускорить восстановление работоспособности спортсменов и может найти достойное место в практике спортивной подготовки.

Таким образом, обобщая изложенное в четвертой главе можно сделать следующие выводы:

1. Большинство исследований, посвященных применению электростимуляции двигательного аппарата в спорте, направлено на изучение влияния электростимуляционной тренировки на развитие скоростно-силовых качеств спортсменов.
2. Некоторое число исследований направлено на изучение возможности применения электростимуляции для управления координационными способностями спортсменов, подвижности в суставах, а также управления ходом процессов вработывания и восстановления.
3. Сведения, представленные в доступной литературе, не позволяют, на наш взгляд, разработать рациональную систему использования электростимуляции для развития физических качеств спортсменов, что служит объективной причиной для проведения дополнительных исследований в этом направлении.
4. Однако накопленные в данный момент сведения позволяют утверждать, что электростимуляция двигательного аппарата в спорте может успешно применяться для развития скоростно-силовых качеств, наращивания массы мышцы или ее отдельной части, повышения силовой выносливости мышц, поддержания работоспособности двигательного аппарата, совершенствования координационных возможностей спортсменов, ускорения хода восстановительных

процессов после напряженной физической работы, предварительной подготовки двигательного аппарата перед выполнением физической работы, восстановления функций двигательного аппарата после травм и заболеваний.

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Применение электростимуляции связано с воздействием на организм человека электрического тока. Данное обстоятельство требует учета ряда правил, направленных на предотвращение несчастных случаев при проведении сеансов электростимуляции.

Главными из них являются:

- 1) Специалист, проводящий электростимуляцию, должен иметь достаточные знания по устройству электростимулятора, влиянию импульсного электрического тока на организм человека, методике проведения электростимуляции;
- 2) Электроды электростимулятора должны подключаться к телу спортсмена через изолирующий трансформатор (наличие которого в электростимуляторе является обязательным условием);
- 3) Место для проведения электростимуляции должно быть удалено от систем отопления и водоснабжения;
- 4) Запрещается проводить электростимуляцию в сырых помещениях;
- 5) Не следует допускать самостоятельного проведения электростимуляции спортсменами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на двухвековую историю исследования действия импульсов электрического тока на живые организмы вопросы эффективного применения электростимуляции в спорте далеки от своего решения. И все же, накопленные на сегодняшний день сведения в области применения электростимуляции в спорте позволяют считать данный метод весьма перспективным.

Обобщая имеющиеся в этой области сведения можно отметить, что электростимуляция нервно-мышечного аппарата в практике спорта может успешно применяться в следующих направлениях:

- 1) Развитие скоростно-силовых качеств;
- 2) Наращивание массы мышцы или отдельной ее части;
- 3) Повышение силовой выносливости мышц;
- 4) Поддержание работоспособности двигательного аппарата в период вынужденного перерыва, вызванного травмой, длительными переездами, неблагоприятной погодой и т.д.;
- 5) Совершенствование координационных возможностей спортсменов;
- 6) Ускорение хода восстановительных процессов после напряженной физической работы;
- 7) Предварительная подготовка спортсмена перед выполнением физических упражнений.

Применение электростимуляции нервно-мышечного аппарата может найти достойное место в системе подготовки в современном спорте. Однако представленный выше материал приводит к парадоксальному выводу: с одной стороны применение импульсного электрического тока для изучения свойств живой ткани относится к числу классических физиологических методик, а с другой стороны в исследованиях по спортивной физиологии и в практике подготовки квалифицированных спортсменов электростимуляция применяется исключительно редко.

Парадоксальность ситуации объясняется, на наш взгляд, сложностью и многообразием процессов, протекающих в организме при электростимуляции

нервно-мышечного аппарата. В период электростимуляции импульсы электрического тока оказывают возбуждающее действие не только на мышечные структуры, но и на вегетативные волокна, что оказывает влияние на протекание обменных процессов в мышце. Кроме того, через рецепторный аппарат электростимуляция оказывает влияние на весь организм и в первую очередь на ЦНС, на нейрогуморальные механизмы регуляции функций.

Неполный учет всех этих процессов приводит к снижению эффективности применения электростимуляции в спорте, а иногда и к отрицательным результатам.

Сложность успешного применения данного метода объясняется еще и тем, что импульсный электрический ток, применяемый в электростимуляции, обладает большим числом разнообразных характеристик (частота, форма и длительность импульса, характер тока, используемый для стимуляции, соотношение периодов стимуляции и пауз и т.д.), что обуславливает великое множество вариантов проведения электростимуляции двигательного аппарата. Следует также помнить, что даже незначительное изменение отдельных параметров электростимуляции может существенно изменить направленность процедуры.

Для оптимизации применения электростимуляции в спорте следует применять изменяющийся по амплитуде переменный ток высокой частоты (радиоимпульсы), модулированные по амплитуде сигналами, соответствующими физиологическим свойствам нервно-мышечных структур. При решении стоящих перед спортсменом конкретных задач с применением данного метода необходимо внимательно подходить к выбору частоты и режимов электростимуляции. На наш взгляд, для наилучшего использования возможностей метода электростимуляции, целесообразно чередовать в одном сеансе стимуляцию нервно-мышечного аппарата с высокой (развивающей) и низкой (активизирующей обменные процессы) частотой.

В заключение необходимо отметить, что возможности современной техники существенно расширяют возможности применения электростимуляции в спорте. В частности, объединение в единую систему электростимулятора и

компьютера позволяет значительно повысить эффективность применения электростимуляции нервно-мышечного аппарата.

Одним из направлений применения современной техники в электростимуляции нервно-мышечного аппарата спортсменов может стать создание портативных электростимуляторов, позволяющих реализовывать вариант электростимуляции, названный Г.Ф.Колесниковым (1964, 1977) биоэлектростимуляцией. Современная техника позволяет создать портативные приборы, в которых биотоки сокращающихся мышц записаны в блоках постоянных запоминающих устройств. Подобные блоки можно сделать съемными, что позволяет легко переключаться на электростимуляцию различных мышечных групп и в разных режимах.

В качестве образца в блоках можно использовать биотоки известных спортсменов или биотоки своих собственных мышц. Применение подобных электростимуляторов, на наш взгляд, может выйти за рамки спорта и охватить самые разнообразные отрасли (медицина, работники малоподвижных профессий, косметология и т.д.).

Описанные выше варианты электростимуляции нервно-мышечного аппарата не являются единственно возможными. Наоборот, они открывают путь к творчеству и эксперименту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианова, Г.Г. Применение электростимуляции с регулируемой частотой заполнения импульса / Г.Г. Андрианова // Труды Всесоюзного научно-исследовательского института медицинского приборостроения: тез. докл. – М., 1967, С. 92-95.
2. Безотченко, К.И. Повышение эффективности разминки средствами массажа и электростимуляции (на примере гребли на байдарках и каноэ): автореф. дис. ... к-та пед. наук / К.И. Безотченко. М., 1986.-22с.
3. Бровко, Т. С. Действие восстановительной электростимуляции на адаптивные процессы нервно-мышечного аппарата высококвалифицированных спортсменов / Т. С. Бровко //Комплексная диагностика и оценка функциональных возможностей организма и механизмы адаптации к напряженной мышечной деятельности высококвалифицированных спортсменов: Тезисы всесоюзной науч. конференции. – М., 1990. – С. 15.
4. Витензон, А.С. Метод и устройство программируемой электростимуляции мышц при патологической ходьбе / А.С. Витензон, А.М. Буровой [Electronic resource]. – 2003. – Mode of access: http://www.mks.ru/library/conf/ biomedpribor/2003/sec07_17.html.
5. Восстановление спортивной работоспособности физическими факторами / В.Г. Ясногородский [и др.] // Теория и практика физической культуры.-1986.- № 6. с. 25-27.
6. Всё про миостимуляцию / Что такое миостимуляция? [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access: <http://www.allmio.ru/>.
7. Гавриленко, Г.В. Влияние программированной электростимуляции мышц на развитие двигательных качеств спринтеров / Г.В. Гавриленко, В.Г. Алабин, Г.С. Ништ // Специальная подготовка легкоатлетов – спринтеров: мат. науч.-практ. конф. – Минск, 1977. - С.78-79.
8. Давиденко, В.Ю. Исследование возможностей метода многоканальной электростимуляции нервно-мышечной системы человека: автореф. дис. ... к-та пед. наук / В.Ю. Давиденко. Донецк, 1972. - 21 с.

9. Джонс, П. Влияние электростимуляции мышц пресса на силу, выносливость, и отдельные антропометрические параметры / П. Джонс, Д. Миллер, К. Корнуэлл, К. Фостер, М. Гибсон, К. Маклин, Т. Кернозек [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access: <http://fitfan.ru/phyzio/167-vlijanie-jelektrostimuljacii-myshc-pressa-na-silu.html>.
10. Егорова, Г.И. Электростимуляция / Г.И. Егорова, А.В. Максимов, В.В. Кирьянова // Электроимпульсная терапия (учебно - методическое пособие) [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access: http://www.iniss.ru/low_freq_therapy05_h.html.
11. Иашвили, А.В. Электровибростимуляционная тренировка мышц / А.В. Иашвили, А.В. Зинковский, В.Р. Терехов // Научно-спортивный вестник: - 1982. - № 5 С. 26-28.
12. Кашпур, А.М. О закономерностях в изменении химизма мышц под влиянием тренировки. // Успехи современной биологии. – 1948. - № 3. – С. 63-74.
13. Кирзон, М.В. Накопление АТФ в скелетной мышце или тетанусе как выражение суммарного процесса / М.В. Кирзон, М.А. Мановцев // Физиологический журнал СССР. – 1972. - № 9. – С. 1430-1409.
14. Колесников, Г.Ф. Электростимуляция нервно-мышечного аппарата / Г.Ф. Колесников. – Киев: Здоровье, 1977. - 124 с.
15. Коратаева, Р.И. О влиянии миоэлектростимуляции на функциональное состояние нервно-мышечного аппарата спортсмена / Р.И. Коратаева // Пути повышения мастерства квалифицированных спортсменов: сб. науч. трудов. Л. 1975. С. 132-136.
16. Коряк, Ю.А. Влияние электростимуляционной тренировки на мышечную силу человека. – Каунас, 1975. – С. 64-66.
17. Коц, Я.М. Тренировка мышечной силы методом электростимуляции. Сообщение I / Я.М. Коц // Теория и практика физической культуры. – 1971. - № 3 С. 64-67.

18. Коц, Я.М. Тренировка мышечной силы методом электростимуляции. Сообщение II / Я.М. Коц, В.А. Хвилон // Теория и практика физической культуры. – 1971. № 4 С. 66-72.

19. Кузнецов, В.В. О повышении интенсивности развития скоростно-силовых качеств на основе использования электростимуляции мышц./ В.В. Кузнецов // Проблемы юношеского спорта: тез. докл. Междунар. Конф. Кишинев, 1976. - С. 114 -115.

20. Мусабаева, Д.К. Электростимуляция в тренировочном процессе для восстановления работоспособности. // Совершенствование специальной подготовки спортсменов высокой квалификации: Сборник науч. статей. – Алма-Ата, 1990. – С. 128-129.

21. Николаев, А.А. Особенности применения электростимуляции у велосипедистов на различных этапах последействия тренировочного занятия / А.А. Николаев // Проблемы восстановления и повышения работоспособности спортсменов: тез. докл. науч.-практ. конф. - М., 1985, С. 71-72.

22. Николаев, А.А. Электростимуляция в спорте / А.А. Николаев.- Смоленск, СГИФК, 1999, 74 с.

23. Николаев, А.А. Сравнительная эффективность некоторых вариантов развития силовых качеств спортсменов с помощью электростимуляции / А.А. Николаев // Сборник научных статей и тезисов 57-ой научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава СГАФКСТ по итогам НИР за 2006 год. - Смоленск: СГАФКСТ, 2007. – с. 117-118.

24. Новиков, А.П., Об устойчивости областей оптимальных частот электростимуляции нервно-мышечного аппарата / А.П. Новиков, Н.А. Соловьев // Новости медицинской техники. - М.: Медгиз, 1964 - С. 127-131.

25. Паваре, З.А. Влияние электростимуляции на увеличение мышечной силы и биомеханические свойства костной ткани / З.А. Паваре, Р.А. Копаньский // Труды преподавателей и сотрудников ЛатГИФК: мат. науч.-практ. конф. – Рига, 1991. - С.68 - 69.

26. Плюсы и минусы электростимуляции / Всё о миостимуляции [Electronic resource]. – 2000. – Mode of access: http://www.e-mio.ru/page_40.html.

27. Понятие электростимуляции / Все о миостимуляции и миостимуляторах [Electronic resource]. – 2007. – Mode of access: <http://shop.spinet.ru/mioabout.php>.
28. Пурвин, Э.В. Развитие физических качеств методом электростимуляции / Э.В. Пурвин, В.А. Смольянов. - Смоленск. СГИФК, 1995. – 36 с.
29. Ратов, И.П. Электростимуляция мышц во время выполнения спортивных упражнений / И.П. Ратов. - М.: ВНИИФК, 1979. – 66 с.
30. Селиванова, Т.Г. Коррекция спортивных движений с использованием электростимуляции мышц. [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access: <http://lib.sportedu.ru/GetText.idc?TxtID=1280>.
31. Современные средства повышения и восстановления физической работоспособности спортсменов. Монография / Т.М. Брук [и др.]. - Смоленск: СГАФКСТ, 2009. – 172 с.
32. Тхоревский, В.И. Влияние различных режимов электростимуляции на периферическую гемодинамику / В.И. Тхоревский, А.Л. Крамер, Е.В. Пичугина // Юбилейный сборник трудов ученых РГАФК, посвященный 80-летию академии. - М.: 1998. - Т. 3. - С. 168-174.
33. Устройство для электростимуляции мышц / Миостимуляторы для укрепления мышц [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access: <http://www.myostimul.ru/jYsvZqnseMc002.htm>.
34. Федоров, Е.Н. Использование многоканальной электростимуляции для направленного воздействия на функциональную систему нервно-мышечного аппарата. //Актуальные вопросы восстановления спортивной работоспособности: Сборник научных трудов. – Ленинград: Ленинградский НИИФК, 1980. – С. 40-48.
35. Хвилон, В.А. Методика электростимуляционной тренировки мышечной силы у спортсменов: автореф. дис. к-та пед. наук / В.А. Хвилон. М., 1974.-20с.
36. Цветков, В.П. Особенности сократительной деятельности мышц при электрической стимуляции и их значение для выявления резервных

возможностей у спортсменов различной специализации: автореф. дис. ... к-та биол. наук / В.П. Цветков. Тарту, 1986.-20 с.

37. Черепяхин, М.А., Влияние длительной электростимуляции мышц на силу, выносливость и моторно-висцеральные отношения / М.А. Черепяхин, В.С. Георгиевский // Достижения теории и практики учения о моторно-висцеральных рефлексах: мат. науч.-практ. конф.- Вильнюс, 1972.- с. 86-91.

38. Электростимуляция / Электростимуляция в физиотерапевтическом оборудовании приборах и аппаратах ЭСМА [Electronic resource]. – 2007. – Mode of access: <http://www.esma.ru/physiotherapy/electrostim.php>.

39. Электростимуляция нерва чрескожная / Электростимуляция: все вопросы и ответы о электростимуляции - скорая помощь онлайн [Electronic resource]. – 2008. – Mode of access: <http://www.03.ru/terms/complaint/ehlektrostimuljacija>.

ПРИЛОЖЕНИЕ

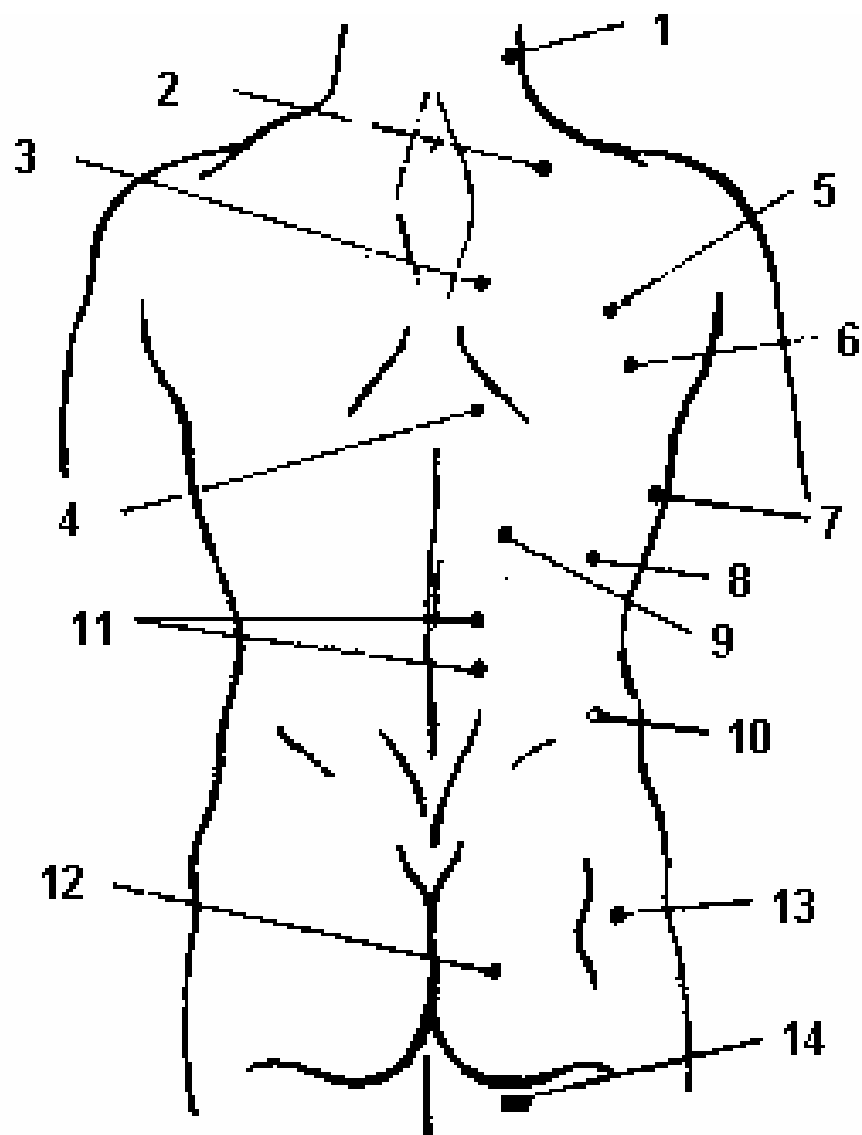


Рис. 5. "Двигательные точки" на задней части туловища

1 - мышца, поднимающая лопатку; 2 - верхний отдел трапецевидной мышцы; 3 - средний отдел трапецевидной мышцы; 4 - нижний отдел трапецевидной мышцы; 5 - малая круглая мышца; 6 - большая круглая мышца; 7 - наружные пучки широчайшей мышцы спины; 8 - средняя часть широчайшей мышцы спины; 9 - внутренние пучки широчайшей мышцы спины; 10 - наружная косая мышца живота; 11 - мышца, выпрямляющая туловище; 12 - большая ягодичная мышца; 13 - средняя ягодичная мышца; 14 - седалищный нерв;

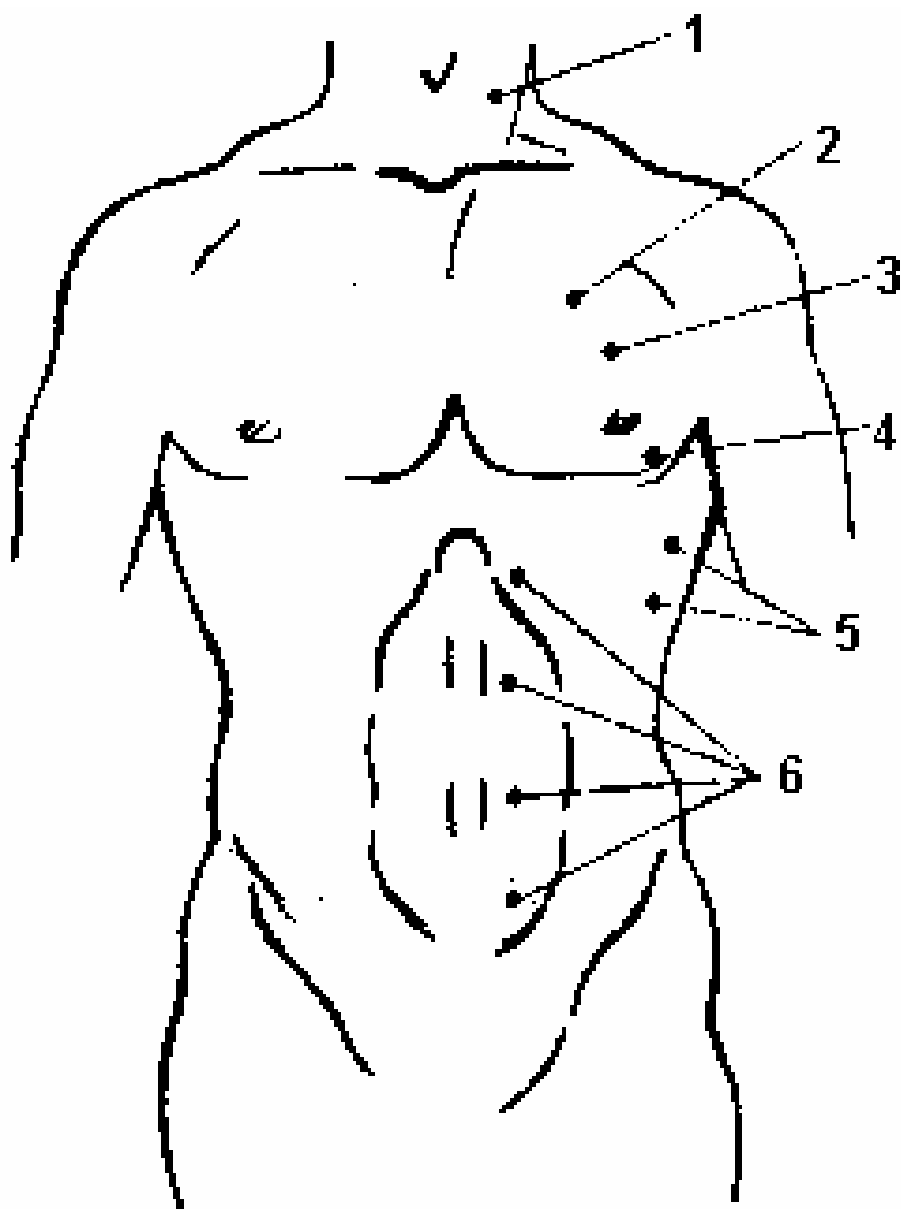


Рис. 6. "Двигательные точки" на передней части туловища

1 - грудино-ключично-сосцевидная мышца; 2 - верхняя часть большой грудной мышцы; 3 - средняя часть большой грудной мышцы; 4 - нижняя часть большой грудной мышцы; 5 - передняя зубчатая мышца; 6 - сегменты прямой мышцы живота.

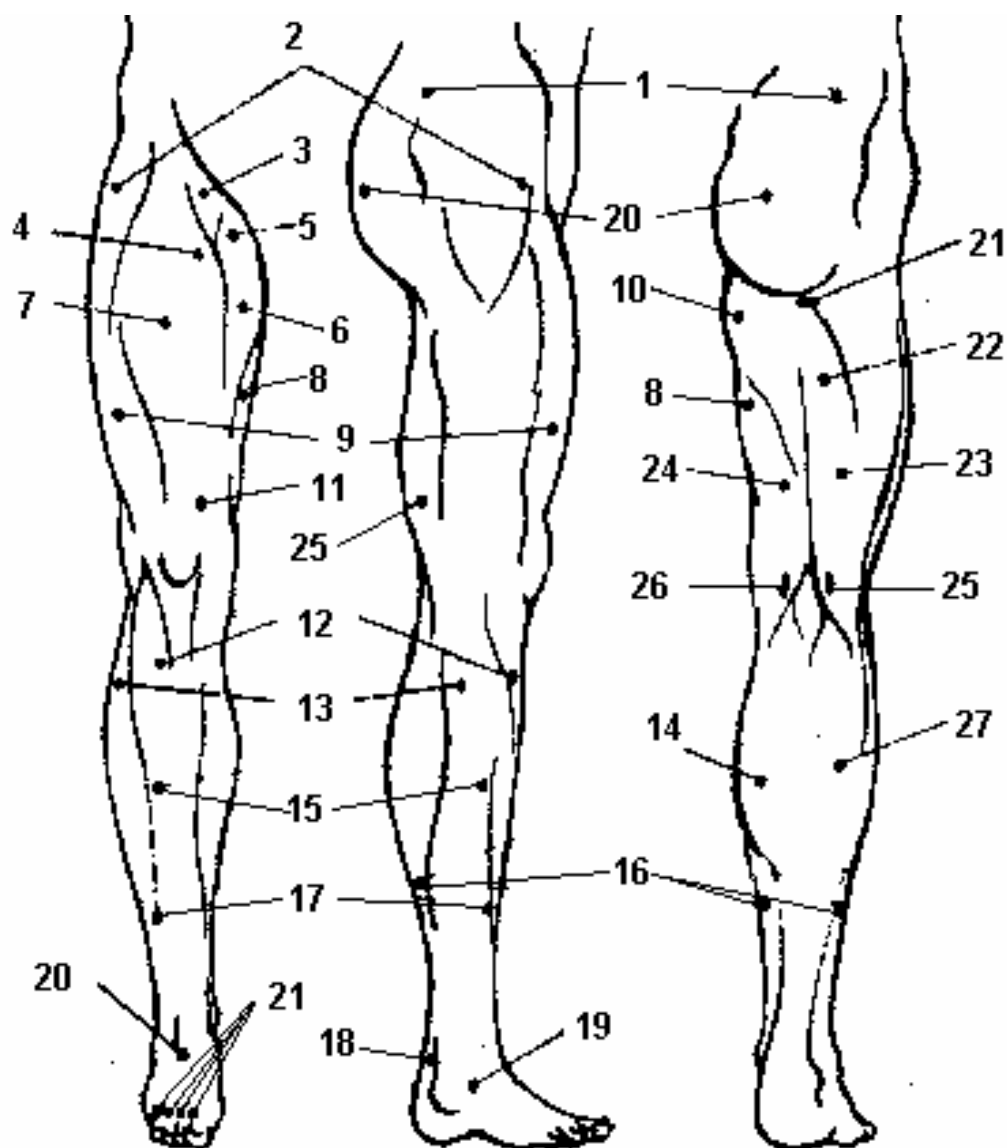


Рис. 7. "Двигательные точки" на нижней конечности

1 - средняя ягодичная мышца; 2 - мышца, натягивающая широкую фасцию бедра; 3 - подвздошная мышца; 4 - портняжная мышца; 5 - гребешковая мышца; 6 - длинная приводящая мышца; 7 - прямая мышца бедра; 8 - нежная мышца; 9 - наружная широкая мышца бедра; 10 - большая приводящая мышца; 11 - внутренняя широкая мышца бедра; 12 - передняя большеберцовая мышца; 13 - длинная малоберцовая мышца; 14 - внутренняя головка икроножной мышцы; 15 - длинный разгибатель пальцев ноги; 16 - камбаловидная мышца; 17 - длинный разгибатель большого пальца; 18 - сгибатель большого пальца; 19 - короткий разгибатель пальцев ноги; 20 - большая ягодичная мышца; 21 - седалищный нерв; 22 - полусухожильная мышца; 23 - двуглавая мышца бедра; 24 - полуперепончатая мышца; 25 - общий малоберцовый нерв; 26 - большеберцовый нерв; 27 - наружная головка икроножной мышцы;

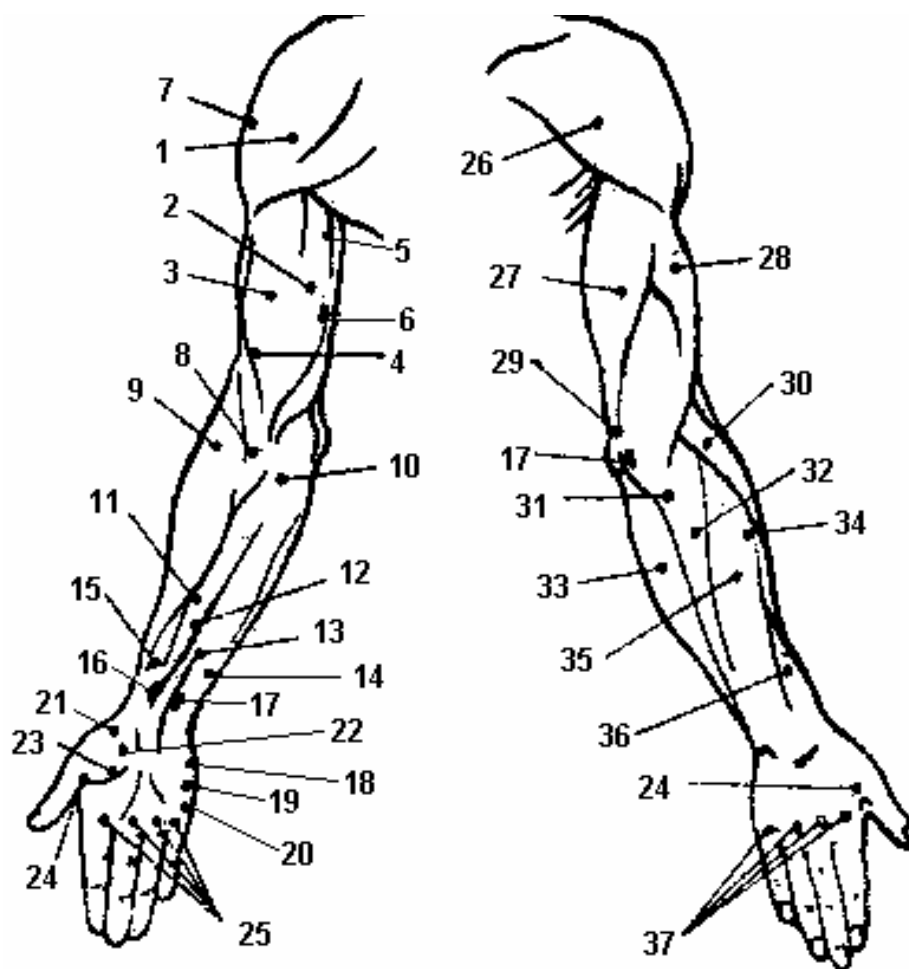


Рис. 8. "Двигательные точки" на верхней конечности

1 - передние пучки дельтовидной мышцы; 2 - длинная головка двуглавой мышцы плеча; 3 - короткая головка двуглавой мышцы плеча; 4 - плечевая мышца; 5 - клювовидно-плечевая мышца; 6 - срединный нерв; 7 - средние пучки дельтовидной мышцы; 8 - длинный лучевой разгибатель кисти; 9 - плечелучевая мышца; 10 - круглый пронатор; 11 - лучевой сгибатель кисти; 12 - длинная ладонная мышца; 13 - поверхностный сгибатель пальцев; 14 - локтевой сгибатель кисти; 15 - длинный сгибатель большого пальца; 16 - срединный нерв; 17 - локтевой нерв; 18 - мышца, отводящая мизинец; 19 - короткий сгибатель мизинца; 20 - мышца, противопоставляющая мизинец; 21 - короткая мышца, отводящая большой палец; 22 - мышца, противопоставляющая большой палец; 23 - короткий сгибатель большого пальца; 24 - мышца, приводящая большой палец; 25 - червеобразные мышцы кисти; 26 - задние пучки дельтовидной мышцы; 27 - длинная головка трехглавой мышцы плеча; 28 - наружная головка трехглавой мышцы плеча; 29 - внутренняя головка трехглавой мышцы плеча; 30 - длинный лучевой разгибатель кисти; 31 - локтевая мышца; 32 - разгибатель пальцев; 33 - локтевой разгибатель кисти; 34 - короткий лучевой разгибатель кисти; 35 - длинная мышца, отводящая большой палец; 36 - короткий разгибатель большого пальца; 37 - тыльные межкостные мышцы;