

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» Сибирского отделения РАМН
Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию РФ
Департамент охраны здоровья населения Кемеровской области

**ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ В ФИЗИЧЕСКОЙ
РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ ПЕРИФЕРИЧЕСКИМ
АТЕРОСКЛЕРОЗОМ**

Методические рекомендации

Кемерово 2012

«СОГЛАСОВАНО»

Директор ФГБУ

«НИИ КССЗ» СО РАМН

Д.м.н., профессор

О.Л. Барбараш

2012 г

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник ДОЗН

Кемеровской области

В.К. Цой

2012 г

**ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ В ФИЗИЧЕСКОЙ
РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ ПЕРИФЕРИЧЕСКИМ
АТЕРОСКЛЕРОЗОМ**

Методические рекомендации для врачей центров реабилитации,
кардиологов, терапевтов, врачей общей практики

Кемерово 2012

УДК: 616.13-004.6+616.74-085.847

Электростимуляция скелетных мышц в физической реабилитации больных периферическим атеросклерозом. – Кемерово, 2011. – 43 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ РАЗРАБОТАНЫ:

Сумин А.Н. – д.м.н., зав. лабораторией патологии кровообращения отдела мультифокального атеросклероза НИИ КПССЗ СО РАМН, г.Кемерово

Архипов О.Г. – к.м.н., врач ультразвуковой диагностики Центра реабилитации ТОПАЗ, г.Мыски

Недосейкина Е.В. – врач терапевт, Центр реабилитации ТОПАЗ, г. Мыски

Красилова Т.А. – врач отделения функциональной диагностики Областного клинического госпиталя ветеранов войн, г.Кемерово.

Безденежных А.В. – научный сотрудник лаборатории патологии кровообращения отдела мультифокального атеросклероза НИИ КПССЗ СО РАМН, г.Кемерово

Методические рекомендации содержат информацию о новом подходе к физической реабилитации больных периферическим атеросклерозом, заключающемся в применении электростимуляции скелетных мышц нижних конечностей. Представлены показания, противопоказания и ограничения описываемой методики, а также методология построения реабилитационной программы.

Методические рекомендации предназначены для врачей реабилитационных центров, санаториев, амбулаторно-поликлинического звена и могут быть использованы для внедрения в процесс обучения студентов старших курсов, врачей-интернов, клинических ординаторов и аспирантов, а также для врачей на циклах постдипломного обучения.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

ЗОЛОЕВ Г.К. Директор института протезирования, д.м.н., профессор
Марцияш А.А. д.м.н., профессор, зав. кафедрой восстановительного лечения ГБОУ ВПО КемГМА Минздравсоцразвития России

© УРАМН Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний СО РАМН, 2011

СОДЕРЖАНИЕ:

I	Современное состояние проблемы физической реабилитации больных периферическим атеросклерозом	4 стр
II	Электростимуляция скелетных мышц – общие вопросы	12 стр
III	Влияние ЭМС мышц нижних конечностей на ЛПИ у больных ПА	17 стр
IV	Влияние курса ЭМС нижних конечностей на функциональное состояние и мышечный статус у больных ПА	24 стр
V	Практические вопросы использования ЭМС у больных ПА	30 стр
VI	Заключение	35 стр

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ:

АД	- артериальное давление
ИБС	- ишемическая болезнь сердца
ЛПИ	- лодыжечно-плечевой индекс
ПА	- периферический атеросклероз
РНК	- разгибатели нижних конечностей
СНК	- сгибатели нижних конечностей
ТШХ	- тест шестиминутной ходьбы
ФТ	- физические тренировки
ЭМС	- электромиостимуляция

I. Современное состояние проблемы физической реабилитации больных периферическим атеросклерозом

Атеросклеротическое поражение брюшной аорты, подвздошных артерий и артерий нижних конечностей обычно объединяют под названием периферический атеросклероз (ПА). Распространенность ПА по данным эпидемиологических исследований составляет от 11% до 16% среди лиц в возрасте 55 лет и старше [1]. Особенно велика распространенность ПА среди лиц пожилого возраста, его встречаемость превышает 20% у лиц старше 70 лет [2].

ПА сопровождается снижением толерантности к физической нагрузке [3], причем это отмечается не только у больных с симптомами перемежающейся хромоты, но и при бессимптомном течении заболевания [4]. Известно также прогностическое значение снижения толерантности к физической нагрузке у таких пациентов [3].

Физическая нагрузка для лечения перемежающейся хромоты используется с XIX века, первая статья опубликована в 1898 году, первое рандомизированное исследование опубликовано в 1966 году (цит. по [5]). В настоящее время в лечении больных ПА используются физические тренировки (ФТ) [6, 7, 8], которые улучшают как качество жизни [9], так и прогноз больных [10, 11]. Мета-анализ, опубликованный в Кохрейновской базе данных, показал, что после курса таких тренировок дистанция ходьбы возрастает в среднем на 150% (от 50% до 200%) [8]. Схожие результаты получены в многоцентровом рандомизированном исследовании, опубликованном в 2010 году. Прирост дистанции ходьбы через год составил в группе контролируемых тренировок 310 метров (145-995), в контроле - 110 метров (0-300) ($p < 0,001$ для различий между группами), улучшение качества жизни отмечалось только в группе тренировок [12]. Благоприятное влияние курса ФТ у больных ПА на дистанцию пройденной ходьбы и качество жизни сохраняется и при последующем наблюдении в течение трех лет [13].

ФТ у больных ПА сопровождаются также благоприятными сдвигами в метаболизме периферических тканей. Например, возрастает степень

деоксигенации крови в мышцах голени при нагрузках как за счет лучшей экстракции кислорода тканями, так и вследствие повышения капилляризации тканей [14]. Возрастание плотности капилляров в мышечной ткани коррелировало с улучшением времени безболевой ходьбы [15]. После физической нагрузки также отмечено возрастание в мышечной ткани уровня матричной РНК сосудистого фактора роста (VEGF) [16]. В то же время при отсутствии ФТ у больных ПА даже интенсивная терапия статинами в течение двух лет, которая эффективно снижала уровень холестерина липопротеидов низкой плотности и вызывала регресс атеросклеротических бляшек, не приводила к улучшению перфузии мышц, энергетического метаболизма и переносимости нагрузки [17].

Согласно существующим рекомендациям, программа ФТ должна состоять из контролируемых тренировок длительностью 30-45 минут 3 раза в неделю в течение 12 недель [1, 7]. Можно привести в качестве примера современную программу ФТ, использованную Salameh MJ и соавт. [5]. Тренировка начинается с 5-минутной разминки, заканчивается 5-минутной заминкой. Интервальная тренировка состоит в ходьбе по тредмилу при угле наклона 0% и скорости 2 мили в час. Пациент идет до возникновения дискомфорта в нижних конечностях умеренного уровня (значение 7 по шкале от 1 до 10), преимущественно в первые 5 минут ходьбы на тредмиле. После этого пациент отдыхает до полного прекращения боли. Когда время безболевой ходьбы повышается до 8-10 минут, угол наклона может повыситься на 1-2% или повышать скорость ходьбы на 0,5 мили в час. То есть, тренировка состоит из периодов близкой к максимальной нагрузке и отдыхов между ними. Участникам программы также рекомендуют ходить дома по крайней мере 30 минут дважды в день дополнительно к контролируемым тренировкам. После окончания курса физической реабилитации больные продолжают самостоятельные тренировки в виде ходьбы по 2-3 часа в неделю [5]. Следует также отметить, что в последние годы появилась тенденция к более

длительным контролируемым тренировкам, которые продолжаются уже 24 недели [11, 18].

Кроме того, опубликованы исследования по сравнению эффекта ФТ и ангиопластики периферических артерий [19], в которых показано, в частности, что этот эффект сопоставим, при лучшем соотношении стоимость-эффективность при ФТ. Тем не менее, наиболее привлекательным в практическом плане выглядит совместное использование процедур реваскуляризации и ФТ, о чем свидетельствуют и литературные данные [20]. Дополнительное назначение ФТ после ангиопластики стенозов артерий аорто-подвздошного сегмента способствовало дополнительному возрастанию дистанции безболевого ходьбы (на 271,3 м [95% ДИ 64,0-478,6], $p=0,011$). Также в группе тренировок больше пациентов смогли полностью выполнить предложенный тест с физической нагрузкой, чем в группе только ангиопластики (3,7% и 32,4%, соответственно, $p=0,005$) [20].

Неудивительно, что существующие рекомендации однозначно высказываются за необходимость физически тренировок у больных с признаками перемежающейся хромоты (класс I, уровень доказанности A) [1, 21]. Однако имеется существенный разрыв между эффективностью регулярных физических тренировок и готовностью пациентов участвовать в них, лишь очень небольшое число пациентов реально выполняет данные программы [22]. Рассмотрим причины возникновения данной проблемы [6].

Барьеры для участия больных ПА в программах физической реабилитации

Среди факторов, ограничивающих участие больных ПА в программах ФТ можно выявить как объективные, так и субъективные. К первым можно отнести высокую стоимость программ физической реабилитации, значительные временные затраты, отсутствие необходимой инфраструктуры. Так, в западных странах наиболее значимым фактором считается то, что контролируемые ФТ у данной категорией больных не оплачиваются страховыми компаниями [5]. Большинство больных не желают или неспособны оплатить такую программу

реабилитации, поскольку стоимость одной тренировки может достигать \$140. При проведении 3 тренировок в неделю общая стоимость курса за 12 недель превышает \$5000. Другим препятствием к проведению ФТ являются значительные временные затраты (не менее 30–60 минут собственно на тренировку, а также время на дорогу до реабилитационного центра). Отсутствие доступных центров для адекватной реабилитации больных ПА признается существенной проблемой и на Западе [5], а в условиях России – тем более. Даже при наличии реабилитационного центра, персонал центров может не включать в программы реабилитации пациентов с множественными сопутствующими заболеваниями (а для больных ПА это скорее правило, чем исключение), хотя именно у них эффект от ФТ может быть наивысшим. В российских условиях существующая система кардиологической реабилитации не включает в себя пациентов с ПА, до недавнего времени упор делался на санаторный этап реабилитации. Только в последнее время поднимается вопрос о создании амбулаторных реабилитационных центров по типу западных [23], но эта проблема еще далека от решения. Следует помнить, что даже в США только 10-20% из всех подходящих больных участвуют в таких программах [24]. Вполне возможно, что при создании центров кардиологической амбулаторной реабилитации в программы физической реабилитации необходимо будет включать не только больных после инфаркта миокарда и операций на сердце, но и с наличием ПА.

Казалось бы, вышеупомянутые ограничения можно было бы обойти путем использования пациентами самостоятельных физических нагрузок (не нужны ни центры, ни оплата тренировок, ни дополнительные временные затраты). Ведь дозировать нагрузки у больных ПА довольно легко (по уровню болевых ощущений в нижних конечностях) и не существует опасности перегрузиться, что иногда бывает при неадекватных тренировках у кардиологических больных [25]. Однако такие неконтролируемые тренировки малоэффективны [26], малопродуктивными также являются рекомендации

больным о необходимости физических нагрузок в амбулаторных условиях, не подкрепленные участием пациентов в контролируемых тренировках [27].

Важным субъективным фактором неучастия больных ПА в программах физической реабилитации является низкая комплаентность к врачебным рекомендациям. Они не склонны также придерживаться рекомендаций по изменению образа жизни, даже в западных странах число таких больных не превышает 28,8% [28]. Низкая приверженность больных проявляется не только нежеланием участвовать в обычных физических тренировках [29]. Исследователи признают трудности с рекрутированием больных ПА даже для проведения рандомизированных исследований [30, 31]. Например, исследование EXACT (в котором сопоставляли эффективность ангиопластики и физических тренировок у больных с перемежающейся хромотой) было прекращено досрочно из-за невозможности включить достаточное число больных [30]. Для решения этой проблемы даже используется оплата больным при завершении определенного этапа наблюдения, например, в исследовании SILC такие выплаты каждому пациенту достигали 170\$. В том же исследовании по протоколу допускалась оплата транспортировки больных в реабилитационный центр (до 85\$ в день) [31]. Понятно, что без подобного материального обеспечения трудно ожидать такого же отклика пациентов на реабилитационные программы в рутинной клинической практике. Кроме того, как показало психологическое тестирование, большая доля больных ПА (от 38% до 52%) имеет тип личности Д [32, 33], для таких больных характерно склонность скрывать наличие симптомов заболевания, нежелание сообщать о них медперсоналу, низкая приверженность к выполнению врачебных рекомендаций [34]. Другой возможной субъективной причиной нежелания участвовать больных в программах ФТ является возникновение болевых ощущений в нижних конечностях при каждой тренировке, что заметно снижает мотивацию к продолжению занятий [22].

В целом можно отметить, что предлагаемые до сих пор программы физической реабилитации не могут эффективно решить вышеуказанные

проблемы, требуются новые подходы, как методологические, так и организационные. Исследования последних лет дают возможность их наметить.

Новые возможности в физической реабилитации больных ПА

Поскольку болевые ощущения в нижних конечностях в ходе нагрузок не только снижают мотивацию больных к продолжению тренировок [22], но и вызывают нежелательные системные реакции [35, 36], то встает задача разработки новых тренировочных методик, лишенных этих недостатков [11, 37].

Одним из вариантов может быть использование низких тренировочных нагрузок, не вызывающих болей в нижних конечностях [38, 39, 40]. Показано, что в группе тренировок с интенсивностью 40% от максимально переносимой нагрузки получен такой же эффект, как и при интенсивных ФТ (80% от максимального уровня) – прирост дистанции безболевой ходьбы составил в обеих группах по 109% [38].

Другой возможностью является тренировки других мышечных групп [37]. Так, контролируемые аэробные тренировки на ручном эргометре в течение 12 недель у больных ПА в той же мере увеличивали максимальную дистанцию ходьбы (+53%), что и обычные тренировки на тредмиле (+69%) ($p < 0,002$ по сравнению с контролем). Также за это время в группе тренировок на ручном эргометре удалось повысить дистанцию безболевой ходьбы (+82%; $p=0,025$ по сравнению с контролем), а изменения в группе тренировок на тредмиле оказались статистически незначимыми (+54%; $p=0,196$ по сравнению с контролем). Эти данные нашли свое подтверждение в последующей работе [41], в которой аэробные тренировки мышц верхнего плечевого пояса у больных ПА даже более заметно улучшали качество жизни, чем обычные тренировки на тредмиле.

Manfredini F. и соавт. [42] изучали интервальные тренировки с подобранной скоростью ходьбы, не вызывающей болевых ощущений (чередую 1 минуту ходьбы и 1 минуту отдыха). Ежемесячно пациенты обследовались в клинике для коррекции подобранного тренировочного режима. При

сопоставлении такого способа физической реабилитации с обычными неконтролируемыми амбулаторными тренировками отмечено, что в основной группе у большего процента больных после курса тренировок прошли симптомы перемежающейся хромоты, чем в контроле ($p=0,001$). Дистанция пройденной ходьбы возрастала в обеих группах ($p<0,0001$), но в основной группе этот прирост был достоверно выше, чем в контроле ($p<0,0001$) [42]. Возможно, такой способ тренировок и наблюдения за больными позволит повысить эффективность физической реабилитации в домашних условиях, это необходимо проверить при его сопоставлении с контролируемой физической реабилитацией, но это уже вопрос будущих исследований.

Следует отметить, что продолжаются попытки и другие попытки усовершенствовать программы неконтролируемых тренировок в домашних условиях, хотя бы повысить повседневную физическую активность больных ПА. В настоящее время показано, что более высокая активность в повседневной жизни предотвращает снижение толерантности к нагрузке у больных ПА [43]. В этом плане вызывают оптимизм опубликованные данные о возможности повышения качества жизни при неконтролируемых тренировках в домашних условиях у больных с сочетанием сахарного диабета и ПА [44].

По-видимому, заслуживают внимания локальные тренировки у больных ПА, которые также не вызывают болевых ощущений [45, 46]. Например, резистивные тренировки сгибателей стопы с помощью специального устройства (Step It pedal) позволили у больных ПА добиться двух существенных результатов: во-первых, они приводили к возрастанию дистанции безболевой ходьбы и максимального пройденного расстояния, чего не было в контроле; во-вторых, 83% больных завершили исследование (т.е. приверженность к таким тренировкам была высокой) [46]. Другим методом локальных тренировок является электростимуляция скелетных мышц (ЭМС), которая находит применение в реабилитации при различных заболеваниях [47] и в спортивной медицине.

II. Электростимуляция скелетных мышц – общие вопросы

Возможность вызывать контрактильную активность, подводя электрический ток к нейромышечной системе известна с 18 века. Во второй половине 20 века электрическая стимуляция использовалась для вызывания отдельных движений путем стимуляции парализованных мышц у человека. Такой вид электрической стимуляции называют обычно функциональной, она показала свою эффективность в реабилитации больных после инсульта и повреждения спинного мозга [48], особенно с внедрением в последнее время программируемых мультиканальных имплантантов [49]. При использовании на ослабленных, но при этом нормально иннервируемых мышцах, применение электрического тока к мышце часто упоминается как нейромышечная электрическая стимуляция или электромиостимуляция (ЭМС). Методика чрескожной ЭМС использовалась в течение ряда лет физиотерапевтами как средство ограничения атрофии, возникающей вследствие иммобилизации. Различные локомоторные патологии эффективно лечились с помощью ЭМС, и несколько исследователей подчеркивали значение стимуляции четырехглавой мышцы во время реабилитации после травматических повреждений или операциях на коленном суставе [50]. Однако, бытовало мнение, что традиционные методы улучшения силы в большей степени способствуют восстановлению производительности мышц и что ЭМС должна применяться в ранней фазе реабилитации, когда программы с использованием произвольных сокращений неприменимы как следствие нейромышечного ингибирования связанного с болью, либо процессом заживления.

Эта точка зрения превалировала до 1977 года, когда на международном симпозиуме в Канаде отечественный ученый Яков Коц сообщил, что электрически индуцированные сокращения продуцируют на 10-30% большее изометрическое усилие, чем максимальные произвольные сокращения и что программы ЭМС продуцируют дополнительную прибавку в силе до 30%-40% у высокотренированных спортсменов. Более того, ЭМС была представлена как методика выбора для улучшения силы у спортсменов, здоровых лиц и у

больных [51]. Это сообщение обеспечило возобновление интереса к использованию ЭМС для терапевтических и спортивных целей, поскольку вызванные электричеством сокращения действительно заметно отличаются от обычных произвольных сокращений.

Во-первых, когда исследователи изучают непосредственные эффекты ЭМС, обычно измеряется максимальная сила во время изометрического сокращения, вызванного чрескожной стимуляцией четырехглавых мышц. Когда протокол включает повышение интенсивности тока до максимального переносимого уровня, измеряемая сила сокращения выражается как процент от максимального произвольного сокращения. Доступные результаты колеблются от 25% до 90% от максимально возможной силы, демонстрируя, что ЭМС менее эффективна в развитии интенсивного сокращения, чем произвольные сокращения [52].

Во-вторых, электрическая стимуляция вовлекает моторные единицы неселективным, пространственно фиксированным и синхронным по времени способом [53]. При этом и медленные, и быстрые волокна неселективно активизируются при ЭМС на низких или высоких уровнях сил. Такое неселективное вовлечение мышечных волокон может обеспечивать клинические преимущества в том, что все волокна, независимо от типа, имеют возможность активизироваться при относительно низкой интенсивности сокращения. Это может использоваться при лечении мышечной атрофии после периодов вынужденной неподвижности (например, иммобилизация, артропластика). Способность активизировать быстрые волокна, которые обычно не задействованы при повседневной физической активности, у этих больных могла бы быть полезна. Дополнительным подтверждением неселективности стимуляции являются данные Adams GR и соавт. [54], которые с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) картировали способ активации после ЭМС-индуцированных изометрических сокращений четырехглавой мышцы бедра. Они пришли к выводу, что индуцированные ЭМС мышечные сокращения, даже на низких уровнях силы, могут вовлекать в

сокращение мышечные волокна глубоко в толщине мышцы, даже рядом с костью. До этого было принято считать, что ЭМС активизирует наиболее поверхностные нервы и поэтому не может активизировать мышечные волокна глубоко в пределах большой группы мышц, такой как четырехглавая мышца бедра. Вторым выводом, сделанным авторами, состоял в том, что более интенсивная стимуляция вызывает большее вовлечение мышц в процесс сокращения, а поперечная площадь сокращающихся мышц линейно связана с уровнем генерируемого мышцей усилия [54].

При использовании магнитно-резонансной спектроскопии с фосфором-31 отмечены существенные изменения во внутриклеточной pH и концентрации неорганического фосфата (Pi) и фосфокреатинина (PCr) при стимуляции различных мышц [55]. Впоследствии та же группа авторов показала, что связанные с ЭМС метаболические потребности были существенно выше, чем наблюдаемые во время произвольных сокращений мышц, генерирующих ту же самую силу [56]. Кроме того, большая потребность в энергии была связана с более глубокими изменениями в уровне цитоплазматической оксигенации, возможно, из-за более высокого уровня местного потребления кислорода. Методика позитрон-эмиссионной томографии также показала непропорционально высокий уровень в мышце скорости метаболизма кислорода и местного кровотока во время электрически вызванных сокращений [57].

Причин таких больших метаболических потребностей во время ЭМС может быть несколько. Во-первых, частота стимуляции, которая регулярно используется, чтобы гарантировать максимальную тетаническую силу (50-100 Hz) налагает на стимулируемые волокна сверхактивацию, которая связана с увеличенными метаболическими потребностями [58]. Во-вторых, ЭМС преимущественно вовлекает аксональные ветви около электрода, и это вовлечение уменьшается пропорционально с увеличением расстояния от электрода [59]. В-третьих, уменьшение механического ответа, связанное с усталостью поверхностных волокон, можно компенсировать только

увеличением интенсивности стимуляции, которая деполяризует новые волокна на большем расстоянии от электрода, но продолжает налагать сократительную активность к поверхностным волокнам, представляющим некоторую степень усталости [59]. В специфическом случае четырехглавой мышцы, у которой на поверхности преобладают волокна II типа, ЭМС вызывают предпочтительную деполяризацию гликолитических волокон. Этот пример объясняет, почему электрически стимулируемая четырехглавая мышца является более кислотична, чем при произвольном сокращении [56]. Таким образом, максимальная ЭМС налагает большие метаболические потребности относительно силы, которую вызывает. Это является последствием временного и пространственного вовлечения мышечных волокон и представляет собой аргумент в пользу комбинации ЭМС с произвольными сокращениями при реабилитации или спортивных тренировках.

Существенное увеличение силы за короткое время (меньше чем за 4-5 недель) заставила предположить, что ЭМС может индуцировать адаптацию в пределах нервной системы [60, Trimble MH,1991]. Например, было найдено, что показатели электромиографии в течение изометрического максимального мышечного сокращения бицепса плеча значительно повысились после 7-недельной ЭМС [60]. Maffiuletti N.A. и соавт. нашли подобное повышение в мышцах сгибателя стопы после 16 сессий ЭМС [61]. Кроме того, курс ЭМС увеличивал активность оксидативных энзимов в мышечных волокнах скелетных мышц, повышал мышечную регенерацию и предотвращал атрофию мышц [62].

Несмотря на количественное разнообразие, исследования указывают, что ЭМС составляет эффективный способ увеличить силу нормальных и пораженных мышц по сравнению с отсутствием каких-либо упражнений [52, 63]. При сравнении ЭМС с традиционными методами увеличения силы должен учитываться исходный мышечный статус. Так, у больных с травмами и после ортопедических операций электрически вызванные упражнения могут быть более эффективны для предотвращения атрофии мышц в течение периода

иммобилизации, чем произвольные сокращения [64]. В то время у здоровых лиц ЭМС менее [65] или одинаково [66] эффективна по сравнению с идентичными тренировочными программами, включающими произвольные сокращения. На сегодняшний день способность протоколов электрической стимуляции улучшать производительность скелетных мышц показана и в эксперименте [67].

III. Влияние ЭМС мышц нижних конечностей на лодыжечно-плечевой индекс у больных периферическим атеросклерозом

Изучение показателей лодыжечно-плечевого индекса после физической нагрузки на тредмиле, после теста с шестиминутной ходьбой и после электростимуляции мышц голени проведено у пациентов старших возрастных групп. Обследовано 80 больных старших возрастных групп (42 мужчины и 38 женщин, возраст $73,0 \pm 16,0$ лет), проходивших лечение в отделениях терапевтического профиля. Всем пациентам определяли лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ) с помощью аппарата «Ангиодин» в покое и сразу после проведения тестов с физической нагрузкой. В качестве таких тестов использовали: 1) тест на тредмиле в течение пяти минут с возрастанием нагрузки каждую минуту до уровня примерно 125 Вт или до усталости пациента, 2) тест с шестиминутной ходьбой, 3) ЭМС мышц голени с помощью аппарата «Миоритм-021» в течение пяти минут. В нозологическом составе преобладала сердечно-сосудистая патология - артериальная гипертензия отмечалась у 82,5% больных, ИБС - в 52,5% случаев, острые нарушения мозгового кровообращения в анамнезе – в 18,2%, цереброваскулярная болезнь – у 78,4% больных. Среди других заболеваний преобладали сахарный диабет – у 25% больных, хронические заболевания легких – в 18,8% случаев. При инструментальном обследовании (таблица 1) изменения экстракраниальных артерий и/или артерий нижних конечностей встречались у большинства больных. Так, утолщение комплекса интима-медиа более 0,9 мм в общей сонной артерии отмечено у 89% больных, выраженная извитость сонных артерий – у 15% больных. Наличие стенозов сонных артерий отмечено у 58,8% пациентов, в том числе в 15% случаев степень стенозирования была более 50%. Обращает на себя внимание тот факт, что атеросклеротическое поражение артерий нижних конечностей по данным цветного дуплексного сканирования отсутствовало только у 21,3% больных. В то же время значения ЛПИ в пределах нормальных (то есть от 1,0 до 1,39) были у трех четвертей пациентов,

низкими – в 18,8% случаев. По-видимому, это свидетельствует об ограниченности диагностических возможностей показателя ЛПИ в покое.

Таблица 1. Данные инструментального обследования у больных старших возрастных групп

Показатели	N=80
ЛПИ справа	1,06±0,30
ЛПИ слева	1,08±0,17
Нормальный ЛПИ (n, %)	27 (33,8%)
Низкий нормальный ЛПИ (n, %)	21 (26,3%)
Пограничный ЛПИ (n, %)	12 (15,0%)
Низкий ЛПИ (n, %)	15 (18,8%)
Высокий ЛПИ (n, %)	5 (6,3%)
Комплекс интима-медиа (мм)	1,10±0,20
Извитость сонных артерий	12 (15,0%)
Стенозы сонных артерий менее 50%	35 (43,8%)
Стенозы сонных артерий 50% и более	12 (15,0%)
Отсутствие ПА (n, %)	17 (21,3%)
ПА с незначимыми стенозами (n, %)	41 (51,3%)
ПА со значимыми стенозами (n, %)	16 (20,0%)
ПА с окклюзиями (n, %)	6 (7,5%)

Изменение показателей ЛПИ при проведенных тестах (рис. 1) было статистически значимым по данным рангового дисперсионного анализа как для правой стороны ($p < 0,00001$ для тренда, коэффициент конкордантности $r = 0,521$), так и для левой ($p < 0,00001$, коэффициент конкордантности $r = 0,521$). В ходе теста на тредмиле значения ЛПИ снизились с $1,06 \pm 0,30$ до $1,01 \pm 0,24$ ($p = 0,0035$) для правой нижней конечности и с $1,08 \pm 0,17$ до $1,00 \pm 0,20$ ($p = 0,0045$) для левой. Дистанция ТШХ среди обследованных больных составила 233 ± 140 метров. После теста значения ЛПИ для правой нижней конечности снизилось до

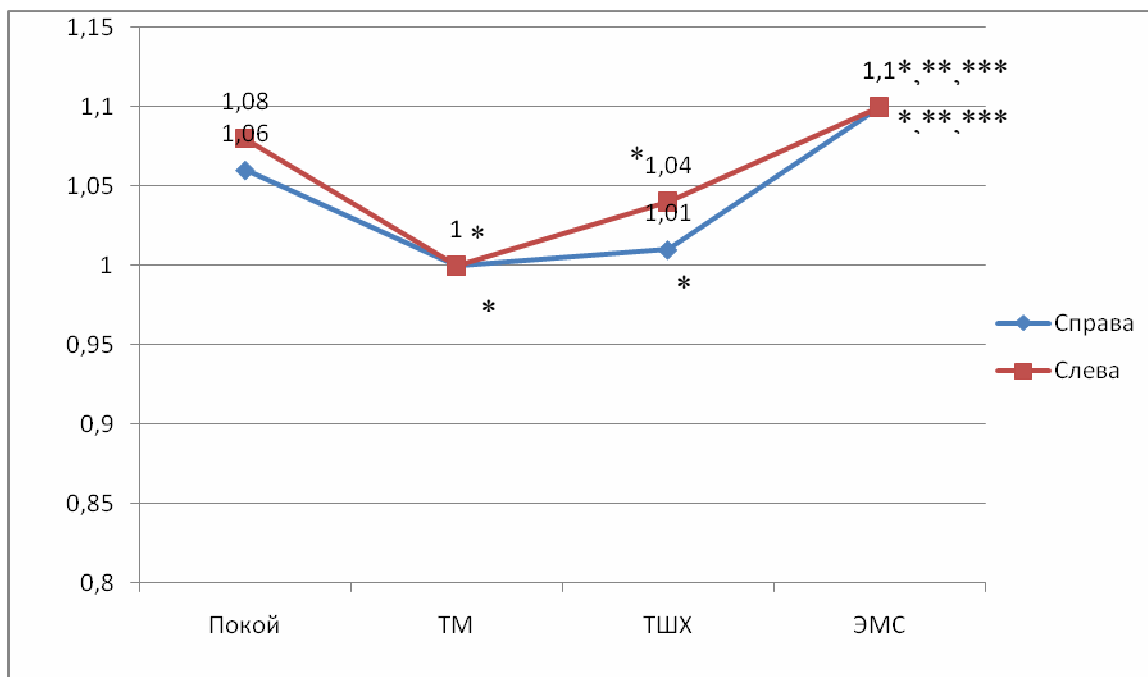


Рисунок 1. Динамика лодыжечно-плечевого индекса при проведении различных тестов с физической нагрузкой у больных старших возрастных групп ($p < 0,00001$ для обоих тренда по данным рангового дисперсионного анализа)

Примечания: * $p < 0,05$ по сравнению с покоем; ** $p < 0,05$ по сравнению с тестом на тредмиле; *** $p < 0,05$ по сравнению с тестом шестиминутной ходьбы

1,01±0,25 ($p=0,0048$), для левой – до 1,03±0,25 ($p=0,0031$). Различия ЛПИ после теста на тредмиле и ТШХ были статистически незначимы ($p=0,85$ для правой нижней конечности и $p=0,31$ – для левой). При этом отмечено (рис. 2) снижение числа больных с нормальными значениями ЛПИ (с 33,8% в покое до 17,2% после теста на тредмиле и до 28,8% после ТШХ) и возрастание числа больных с низкими показателями ЛПИ (с 18,8% до 31,4% и 23,8%, соответственно). То есть, удалось дополнительно выявить субклинический атеросклероз у 12,4% обследованных больных. Следует отметить близкий процент больных с отсутствием ПА по данным дуплексного ультразвукового сканирования и больных с нормальным ЛПИ после тестов с физической нагрузкой (таблица 1, рис. 2)

Проведение ЭМС хорошо субъективно переносилось больными, в ходе исследования не возникало болей в стимулировавшихся конечностях. В ходе ЭМС отмечается (рис.1) повышение ЛПИ на правой нижней конечности с

исходного до $1,10 \pm 0,20$ ($p=0,00022$). Схожая динамика отмечалась и слева: повышение ЛПИ до $1,10 \pm 0,20$ на фоне ЭМС ($p=0,000073$). После проведения ЭМС (рис.2) отмечено уменьшение числа больных с низким (с 18,8% до 15,0%) и пограничным (с 15,0% до 11,0%) ЛПИ, на 7,3% возросло число больных с нормальными значениями ЛПИ.

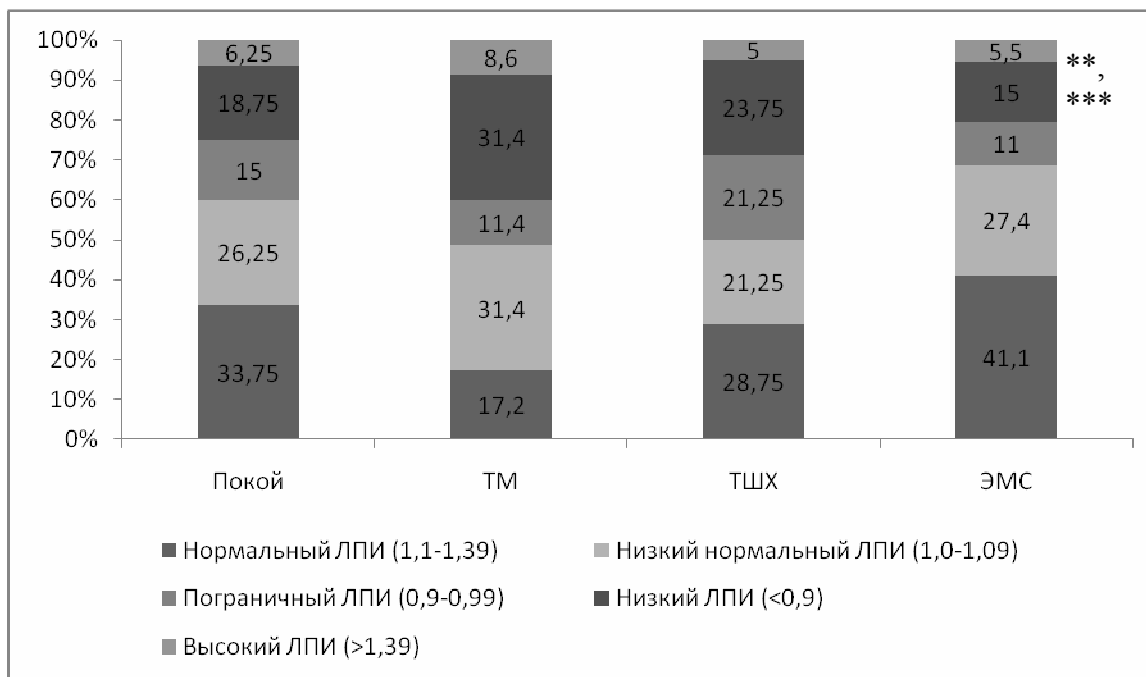


Рис. 2 Значения лодыжечно-плечевого индекса в покое и после различных тестов с физической нагрузкой у больных старших возрастных групп ($p < 0,00001$ для тренда по данным рангового дисперсионного анализа)

Примечания: ** $p < 0,05$ по сравнению с тестом на тредмиле; *** $p < 0,05$ по сравнению с тестом шестиминутной ходьбы

Наши расчеты, что пассивные упражнения мышц голени на фоне их электрической стимуляции могут быть альтернативой таких локальных тестов, не оправдались. Наоборот, сеанс пятиминутной ЭМС мышц голени привел к существенному возрастанию ЛПИ. Очевидно, что диагностическое использование данного метода невозможно, но появляются реальные перспективы использования ЭМС мышц голени как лечебной методики, учитывая ее хорошую переносимость и благоприятное влияние на ЛПИ. Последнее предположение проверено нами в дополнительном исследовании, в котором оценивали влияние 30-минутного сеанса ЭМС на значения ЛПИ.

Проведено обследование 21 больного старших возрастных групп (12 мужчин и 9 женщин, возраст от 70 до 83 лет, в среднем $75,0 \pm 1,1$ лет) с наличием ПА (ЛПИ менее 0,9 или более 1,4), подтвержденного результатами дуплексного сканирования артерий. Проведение ЭМС в течение 30 минут не вызывало болей в нижних конечностях у пациентов, в том числе при наличии выраженных атеросклеротических стенозов и окклюзий. Динамика ЛПИ в ходе ЭМС мышц голени представлена на рис. 3.

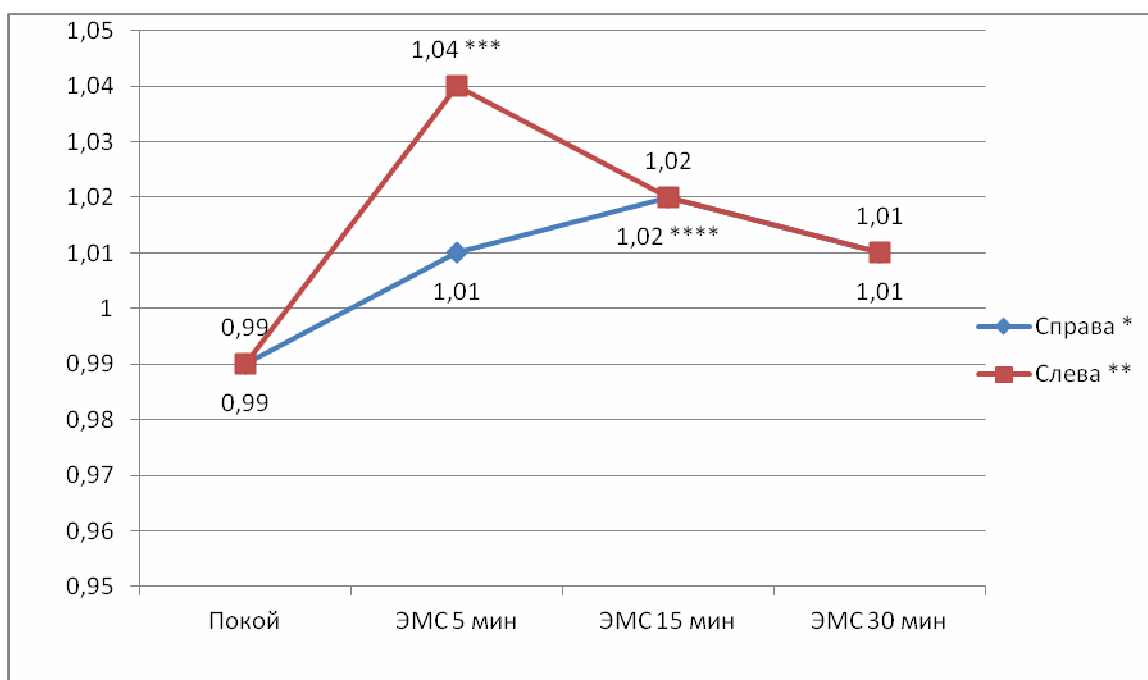


Рисунок 3. Динамика лодыжечно-плечевого индекса при различной продолжительности электростимуляции мышц голени у больных старших возрастных групп

Примечания: * $p < 0,00001$; ** $p < 0,00002$ для тренда; *** $p = 0,052$; **** $p = 0,08$ по сравнению с исходным значением

На всех временных отрезках теста значения ЛПИ превышали исходные значения. На 5-й минуте стимуляции ЛПИ справа составил $1,01 \pm 0,06$, слева – $1,04 \pm 0,08$, на 15-й минуте теста значения ЛПИ были $1,02 \pm 0,06$ справа и $1,02 \pm 0,07$ слева, на 30-й минуте – $1,01 \pm 0,06$ и $1,01 \pm 0,07$, соответственно. По данным рангового дисперсионного анализа различия для трендов ЛПИ были статистически достоверны ($p < 0,00001$ для правой нижней конечности и $p < 0,00002$ – для левой). Коэффициент конкордатности составил 0,401 и 0,384,

соответственно. При попарном сравнении пограничная статистическая значимость отмечена при сопоставлении показателей ЛПИ в покое и на 5-й минуте стимуляции мышц для левой нижней конечности ($p=0,052$) и на 15-й минуте стимуляции для правой нижней конечности ($p=0,08$).

Влияние ЭМС на периферическую гемодинамику

Снижение ЛПИ при физических нагрузках у больных ПА происходит за счет возрастания градиента давления между плечевой артерией и артериями нижних конечностей. Это происходит как за счет снижения артериального давления на артериях лодыжки из-за местных вазодилататорных механизмов, так и вследствие возрастания системного артериального давления [68]. Похожие изменения наблюдаются и при локальных физических нагрузках, например, при сгибании стопы [69]. Механизм повышения ЛПИ при проведении ЭМС, предположительно, следующий. Во-первых, на фоне ЭМС не возрастает системное АД, в отличие от произвольных мышечных усилий [70]. Во-вторых, сокращения мышц голени, вызванные ЭМС, приводят к повышению кровотока в голени за счет снижения сосудистого сопротивления [70]. При сопоставлении вазодилататорной реакции при изометрическом сокращении мышцы, вызванном ЭМС или произвольным усилием, она в обоих случаях была сопоставимой, однако после ЭМС она была более длительной [71]. Максимальное повышение кровотока в мышцах отмечается при тетанических сокращениях, вызванных ЭМС [72], в настоящем исследовании использовался именно данный тип сокращений. В-третьих, нельзя исключить также дополнительного влияния на улучшение кровотока периодической компрессии вен, возникающей при тетанических сокращениях мышц голени [73]. К примеру, аналогичное влияние на кровоток конечностей оказывает прерывистая пневматическая компрессия голени и стопы [74]. Кроме того, известно положительное влияние ЭМС мышц нижних конечностей на эндотелиальную функцию как у здоровых лиц, так и у больных ХСН [75]. В любом случае, возрастание ЛПИ при ЭМС в настоящем исследовании свидетельствует о благоприятном гемодинамическом влиянии такого рода

физических нагрузок у больных ПА. Об этом же свидетельствует отсутствие болевых ощущений в ходе 30-минутного теста даже у лиц с выраженным ПА.

Следует отметить и другие отличия пассивных сокращений мышц под влиянием электростимуляции от произвольных мышечных сокращений у больных ПА. Возникновение болей при перемежающейся хромоте сопровождается существенной системной воспалительной реакцией, негативно влияющей на эндотелиальную функцию сосудов [35], и способствующей прогрессированию атеросклероза [76]. В этом плане использование ЭМС также выглядит более привлекательным - при ЭМС уровень лейкоцитов возрос только на 28% в отличие от повышения на 81% в ходе стандартного тредмил-теста [77]. Также ЭМС предотвращает развитие усталости при изометрических сокращениях, препятствуя замедлению релаксации, ответственной за потерю силы сокращения [77].

Таким образом, проведение ЭМС в течение 30 минут не вызывало неприятных ощущений, и приводило к возрастанию ЛПИ на протяжении всего исследования, в отличие от теста шестиминутной ходьбы. Это делает ЭМС перспективным методом физических тренировок у больных с различной степенью выраженности периферического атеросклероза, чему посвящен следующий раздел.

IV. Влияние курса ЭМС нижних конечностей на функциональное состояние и мышечный статус у больных ПА

Обследован 51 больной (возраст от 51 до 78 лет, в среднем, $61,2 \pm 6,3$ года, 42 мужчины, 9 женщин) проходившие восстановительное лечение в Центре реабилитации ТОПАЗ по поводу наличия хронических заболеваний бронхолегочной системы (хронические пылевые бронхиты, антракосиликозы, другие пневмокониозы, бронхиальная астма) и у которых при скрининговом обследовании выявлены признаки периферического атеросклероза (ЛПИ менее 0,9 или более 1,4), подтвержденного данными цветного доплеровского сканирования артерий нижних конечностей. Всем пациентам проводилась обычная программа пульмональной реабилитации, включавшая комплекс лечебной физкультуры, фитотерапию, спелеотерапию, кислородотерапию в виде кислородных коктейлей, ингаляции с бронхолитиками с учетом бронходилатационных проб по спирометрии, лечебный массаж, гидролечение и бальнеолечение. Больные были рандомизированы в группу с дополнительным проведением ЭМС (n=25) или в группу с проведением только стандартной программы реабилитации (n=26). Пациенты были обследованы до курса санаторной реабилитации и после него (через 3 недели). Оценивали влияние курса ЭМС на следующие показатели: 1) дистанция теста шестиминутной ходьбы (ТШХ), 2) сила и выносливость мышц нижних конечностей.

Пассивные физические тренировки осуществляли путем проведения двух сеансов ЭМС в день, каждый продолжительностью 30 минут. Для этого использовали аппарат «Миоритм-040», предназначенный для многоканального электрического воздействия низкочастотными импульсными токами на органы и ткани человека. Электроды в виде металлических пластин 20×15 мм, заключенных в хлопчатобумажный конверт с вкладкой из токопроводящей ткани, с помощью эластичных манжет накладывались над следующими точками: в первый сеанс 1 пара - паравертебрально в межлопаточных областях; 2 пара - в пояснично-крестцовой области и в нижне-наружном квадранте ягодицы справа; 3 пара - аналогичное расположение электродов слева; 4 пара -

в области проекции прямых мышц живота справа и слева. Повторный сеанс электромиостимуляции проводился через 6-7 часов, электроды располагались в верхней и нижней части по передней и задней поверхности бедра справа и слева. Электростимуляция проводилась сериями импульсов с групповым (поочередная работа 1,2 и 3,4) порядком работы каналов. На протяжении серии импульсы синфазно модулировались по амплитуде от 0 до 100 ± 15 мА, по частоте 21 ± 10 до 120 ± 10 Гц с трапециевидальным законом изменения огибающей амплитуды импульса. В результате этого индуцировалось тоническое сокращение указанных мышц в течение 16" с последующей паузой 5". Амплитуда электрического воздействия подбиралась отдельно для каждого из четырех каналов до достижения хорошего мышечного сокращения (визуально или пальпаторно) без болевых ощущений. Процедуры проводились ежедневно, длительность курса ЭМС составила 10 дней.

Исходный мышечный статус в группах был сопоставимым (таблица 2). Максимальный поднятый груз для разгибателей нижних конечностей в основной группе составил $13,2 \pm 3,9$ кг, в контроле - $13,4 \pm 4,6$ кг ($p=0,903$). Сила сгибателей нижних конечностей составила $13,4 \pm 4,6$ кг и $9,7 \pm 5,6$ кг, соответственно ($p=0,508$). Исходная дистанция при тесте шестиминутной ходьбы была несколько выше в группе ЭМС (медиана пройденной дистанции составила 505 метров) по сравнению с контролем (медиана 413 метров), но различия не достигали статистической значимости ($p=0,0797$).

После курса реабилитации в группе ЭМС отмечено возрастание дистанции при ТШХ до 550 (550-580) метров ($p=0,000001$). В контрольной группе толерантность к нагрузке при ТШХ существенно не изменилась, она составила 410 (350-550) метров ($p=0,254$). Различия между группами после санаторного лечения достигли статистической значимости ($p=0,0005$).

Курс ЭМС привел к возрастанию силы как сгибателей ($p=0,000012$), так и разгибателей нижних конечностей ($p=0,000012$) в основной группе (таблица 2). Кроме того, возросла и выносливость тех же мышечных групп: работа сгибателей нижних конечностей при удержании груза возросла 756 ± 337 кг*с

($p=0,000001$), для сгибателей – до 400 ± 308 кг*с ($p=0,0005$). В контрольной группе функциональное состояние изученных мышечных групп не менялось.

Таблица 2. Динамика мышечного статуса после курса реабилитации в группах ЭМС и контроля

Показатели	Группа ЭМС (n=25)		Контроль (n=26)	
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
Сила РНК (кг)	13,2±3,9	18,2±4,1 ***,###	13,4±4,6	13,5±4,6
Сила СНК (кг)	10,6±3,9	15,7±4,2 ***,###	9,7±5,6	9,6±5,3
Работа РНК (кг*с)	447±282	756±337 ***,###	363±297	350±291
Работа СНК (кг*с)	166±87	400±308 ***,###	136±140	128±134
Дистанция ТШХ (м) ^a	505 (495-540)**	550 (550-580) ***,###	413 (345-550)	410 (350-550)

Примечания: * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$ по сравнению с контролем, # $p<0,05$, ## $p<0,01$, ### $p<0,001$ по сравнению с состоянием до лечения; ^a данные представлены в виде медиана (нижняя квартиль – верхняя квартиль)

В настоящем исследовании курс ЭМС у больных периферическим атеросклерозом привел к возрастанию дистанции ТШХ, улучшению силы и выносливости стимулировавшихся мышц. Реабилитационные возможности ЭМС вполне согласуются с результатами других методов физических тренировок, доказавшими свою высокую эффективность при поражении периферических артерий [8]. Использование ЭМС вполне может решить проблему приверженности пациентов физическим тренировкам, во всяком случае, для больных хронической сердечной недостаточностью это было продемонстрировано [78]. Ранее проведенные исследования у больных с симптомами перемежающейся хромоты [77, 79] показали, что курс ЭМС увеличивал как проходимую больными дистанцию безболевого ходьбы, так и

максимальное пройденное расстояние. Настоящее исследование показало, что ЭМС вполне эффективно повышает толерантность к физической нагрузке и у пациентов с менее выраженным ПА, при его субклинических стадиях.

Насколько значимо такое повышение толерантности к физической нагрузке у больных ПА? В проспективных исследованиях было показано, что переносимость физической нагрузки имеет прогностическое значение при поражении периферических артерий [3]. У пациентов ПА со значениями ЛПИ менее 0,9 незначительное снижение дистанции ТШХ увеличивало риск смерти при последующем наблюдении в 1,26 раза (95% доверительный интервал [ДИ] 0,95-1,7), умеренное снижение дистанции ТШХ увеличивало риск смерти в 1,52 раза (95% ДИ 1,13-2,05) и выраженное снижение дистанции ТШХ – в 1,69 раза (95% ДИ 1,26-2,27). Можно согласиться с авторами данной статьи, что снижение дистанции ТШХ должно настораживать врачей, и такие пациенты должны не только тщательно мониторироваться, но и получать оптимальное лечение [3], и добавим, программы физической реабилитации. Известно, что физические тренировки у больных ПА способны приводить к увеличению дистанции ТШХ по сравнению с контрольной группой [11] и наоборот – снижение дистанции ТШХ при динамическом наблюдении дополнительно свидетельствует о неблагоприятном прогнозе [80]. Способность ЭМС улучшить мышечный статус имеет важное клиническое значение у больных ПА. Известно, что низкая сила мышц может способствовать более быстрому снижению толерантности к физической нагрузке при проспективном наблюдении у больных ПА [81] и, соответственно, ухудшению прогноза [3]. Показана и прямая связь силы мышц нижних конечностей с прогнозом у больных ПА [82].

Важным в проведенном исследовании представляется использование ЭМС-тренировок у больных с сочетанной патологией (периферический атеросклероз и хронические заболевания легких). Как правило, такие пациенты исключаются из рандомизированных клинических исследований, хотя в реальной клинической практике коморбидность широко распространена. Наше

исследование восполняет существующий дефицит научных фактов в данной области. Использование тренировок с ЭМС позволяет избежать возможных ограничений для участия в реабилитационных программах больных с сочетанной патологией. Следует отметить, что методика ЭМС не требует сознательных усилий пациентов, другим ее преимуществом является целенаправленное повышение силы и выносливости мышц нижних конечностей, наиболее востребованных при повседневной физической активности, и которые в значительной степени дезадаптируются и у больных с хронической патологией легких, и при наличии периферического атеросклероза. Поэтому уже сейчас выглядит вполне обоснованным применение ЭМС в программах реабилитации широкого круга пациентов с сочетанием патологии легких и наличием субклинического периферического атеросклероза, особенно при невозможности использования обычных тренировочных программ.

Следует отметить, что клинические проявления ПА встречаются гораздо реже субклинических форм, которые выявляются при целенаправленном обследовании [6]. Наличие у пациента признаков субклинического атеросклероза имеет неблагоприятное прогностическое значение, что показано как в популяционных исследованиях [83], так и при проспективном наблюдении больных с другими заболеваниями сердечно-сосудистой системы [84]. Кроме того, наличие ПА у значительной части пациентов сопровождается значимыми изменениями коронарных артерий [85], что может приводить к кардиальным осложнениям в ходе активных реабилитационных мероприятий. В условиях реабилитационных центров зачастую сложно провести полноценную диагностику бессимптомной ИБС, поэтому в арсенале персонала реабилитационных центров необходимо иметь методы физических тренировок с минимальным воздействием на системную гемодинамику. Как раз к таким методам относится ЭМС, использование которой безопасно даже у больных с тяжелой сердечно-сосудистой патологией [34]

V. Практические вопросы использования ЭМС у больных ПА

Показанием для проведения ЭМС является наличие у больного либо клинических проявления ПА (симптомы перемежающейся хромоты), либо данные инструментального обследования, подтверждающие его наличие (ЛПИ менее 0,9 или более 1,4; стенозы артерий нижних конечностей, аортоподвздошного сегмента 50% и более). В реабилитационный курс могут включаться мужчины и женщины, без ограничения максимального возраста. При наборе групп реабилитации необходимо учитывать согласие пациента, а также его приверженность к дальнейшим рекомендациям.

Противопоказания и ограничения для проведения ЭМС у больных ПА:

1. Нестабильное клиническое состояние: непрерывно рецидивирующий коронарный болевой синдром, некомпенсированная острая левожелудочковая недостаточность, стойкие жизнеугрожающие нарушения ритма
2. Верифицированное злокачественное новообразование любой локализации или подозрение на него;
3. Повреждение, воспаление и нарушение целостности кожи в месте наложения электродов;
4. Эпилепсия;
5. Неконтролируемая артериальная гипертензия;
6. Ожирение (ИМТ \geq 35кг/м²). У пациентов с выраженным ожирением электрический импульс не будет проводиться через большой слой подкожной жировой клетчатки, а соответственно, не произойдет стимуляция мышцы. При наличии возможности следует проводить пассивные тренировки наиболее поверхностно расположенных мышечных групп или в тех частях тела, где слой подкожной клетчатки менее выражен.
7. Острое или хроническое вирусное заболевание;
8. Активный туберкулез любой локализации;
9. Гиперчувствительность к импульсному току;

10. Переломы. Запрещено устанавливать электроды на участках тела напротив сломанных костей. Движение мышцы во время её сокращения может привести к дислокации отломков и осколков, препятствуя, таким образом, правильному срастанию кости;

11. Выраженные психические расстройства, алкоголизм и наркомания;

12. Обострение мочекаменной и желчнокаменной болезни.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММЫ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭМС

Материально-техническое оснащение метода

Для обеспечения метода возможно применение следующих аппаратов, предназначенных для многоканального электрического воздействия низкочастотными импульсными токами на органы и ткани человека:

Рис. 4. Миоритм-040



**Рис. 5 Галатея ЭМНС6,
НПФ «Галатея»**



Рис. 6 ЭСМА 12.16М
УНИВЕРСАЛ, Компания
ЭСМА



Достаточное количество каналов и ценовая доступность делают эти устройства оптимальными для широкого применения. Однако на настоящий момент рынок многоканальных миостимуляторов представлен достаточно широко и при наличии возможности предпочтение следует отдать аппаратам с количеством каналов стимуляции не менее шести.

Цель реабилитации больных ПА с помощью ЭМС:

1. Замедление утраты мышечной массы, прогрессирующей при длительном ограничении двигательной активности;
2. Увеличение силы и выносливости мышц нижних конечностей;
3. Увеличение толерантности к физической нагрузке и физической работоспособности.
4. Повышение активности больных в повседневной жизни.

Участие медицинского персонала в проведении ЭМС.

1. Решение о включении пациента в группу проведения ЭМС принимается врачом-терапевтом (кардиологом, хирургом) совместно с реабилитологом с учетом показаний, противопоказаний и ограничений метода.

2. В течение первых 2-3 сеансов необходим контроль состояния пациента со стороны врача. В это время могут проявиться нежелательные побочные реакции (например, непереносимость тока) и выявляться противопоказания и ограничения для использования ЭМС (например, абдоминальные грыжи, появление симптоматики со стороны брюшной полости и проч.).

3. На момент начала курса пассивных тренировок частоту и амплитуду электрического импульса должен подбирать врач, с учетом эффективности стимуляции и субъективных ощущений пациента.

4. Максимальная амплитуда и частота стимула для каждой группы мышц должна фиксироваться у каждого пациента.

5. После подбора эффективного режима миостимуляции непосредственное наложение электродов возможно как врачом, так и средним медицинским персоналом отделения.

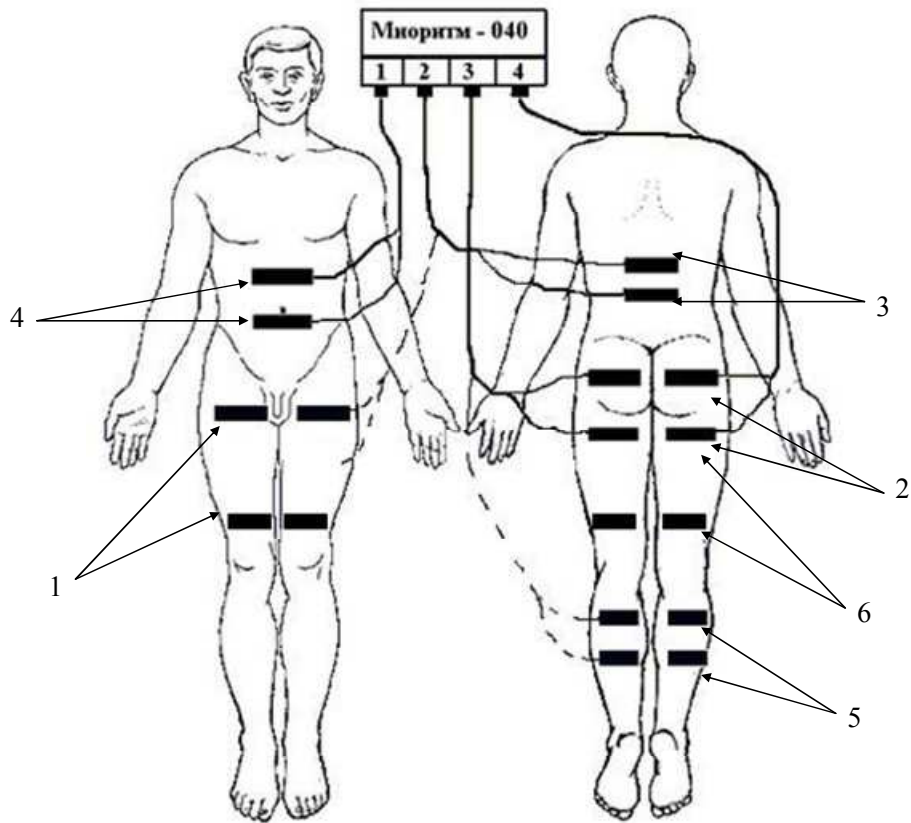
Построение программы физической реабилитации с использованием ЭМС

После отбора пациентов в группу ЭМС с учетом показаний и противопоказаний необходимо объяснить пациенту суть планирующейся процедуры, а также описать ощущения, которые пациент может испытывать в течение сеанса.

Пассивные тренировки могут проводиться как специализированных помещениях отделений восстановительного лечения, так и в санаториях, поликлиниках по месту жительства. При использовании низкочастотных портативных электростимуляторов (например, Миоритм-021) возможно проведение тренировок в домашних условиях. Желательно наличие интервала от последнего приема пищи не менее 1,5 часа.

Электроды накладываются над триггерными участками мышц или мышечных групп. На рис. 7 представлена схема наложения электродов аппарата «Миоритм-040». Это четырехканальное устройство, но при использовании миостимуляторов с большим числом каналов соответственно увеличивается количество одновременно стимулируемых мышечных групп, а, следовательно, уменьшается время, затрачиваемое на одного больного.

Рисунок 7. Схема наложения электродов во время электрической стимуляции скелетных мышц (на примере четырехканального аппарата «Миоритм-040», пояснения в тексте)



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Физические тренировки при ПА улучшают качество жизни и прогноз больных, однако мало используются в реальной клинической практике. Существуют серьезные ограничения для их широкого использования. Данная проблема требует комплексного решения с использованием инновационных подходов. Предлагаемый нам метод пассивных физических тренировок позволяет преодолеть большинство из них. Во-первых, проведение ЭМС не вызывает болевых ощущений в ходе тренировок, возникновение которых снижает мотивацию для продолжения занятий. Во-вторых ЭМС вызывает благоприятные изменения локальной гемодинамики и не приводит к неблагоприятным системным изменениям гомеостаза, в отличие от обычных программ физических тренировок. В-третьих, использование ЭМС повышает комплаентность больных к программам физической реабилитации. В-четвертых, применение портативных приборов делает возможным использование ЭМС в домашних условиях. Кроме того, пассивные тренировки с помощью ЭМС могут использоваться при наличии сопутствующей патологии, ограничивающей применение стандартных реабилитационных программ. Кроме того, такой вид реабилитации безопасен у больных ПА с возможным бессимптомным течением ИБС в условиях невозможности обследования коронарных артерий перед началом курса реабилитации. Вышеперечисленные соображения подчеркивает перспективность использования ЭМС для физических тренировок больных ПА. Курс таких тренировок приводит к увеличению силы и выносливости скелетных мышц и толерантности к физической нагрузке у больных ПА. Широкое внедрение указанного способа реабилитации позволит сделать доступными физические тренировки для большинства больных ПА, что не только повысит их качество жизни, но и улучшит отдаленный прогноз.

Список использованной литературы

1. Hirsch A.T., Haskal Z.J., Hertzner N.R., et al. ACC/AHA 2005 guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic). *JACC*. 2006;47(6):1239-312.
2. Selvin E, Erlinger TP. Prevalence of and risk factors for peripheral arterial disease in the United States. Results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2000. *Circulation* 2004;110:738–43.
3. de Liefde II, Hoeks SE, van Gestel YR, et al. The prognostic value of impaired walking distance on long-term outcome in patients with known or suspected peripheral arterial disease // *Eur J Vasc Endovasc Surg*.-2009.-V.38(4).-P.482-7.
4. McDermott MM, Guralnik JM, Ferrucci L, et al. Asymptomatic Peripheral Arterial Disease Is Associated With More Adverse Lower Extremity Characteristics Than Intermittent Claudication // *Circulation*.-2008.-V.117.-P.2484-2491
5. Salameh MJ, Ratchford EV. Update on peripheral arterial disease and claudication rehabilitation. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2009;20(4):627-56.
6. McDermott MM. The magnitude of the problem of peripheral arterial disease: epidemiology and clinical significance // *Cleve Clin J Med*.-2006.-V.73,Suppl 4.-S.2-7.
7. Olin J.W., Sealove B.A. Peripheral artery disease: current insight into the disease and its diagnosis and management. *Mayo Clin Proc*. 2010;85(7):678-92.
8. Watson L, Ellis B, Leng GC. Exercise for intermittent claudication // *Cochrane Database Syst Rev*.-2008.- (4):CD000990.
9. Guidon M, McGee H. Exercise-based interventions and health-related quality of life in intermittent claudication: a 20-year (1989-2008) review // *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*.-2010.-V.17(2).-P.140-54.
10. Sakamoto S, Yokoyama N, Tamori Y, Akutsu K, Hashimoto H, Takeshita S. Patients with peripheral artery disease who complete 12-week supervised

- exercise training program show reduced cardiovascular mortality and morbidity. *Circ J.* 2009;73(1):167-73.
11. McDermott MM, Ades P, Guralnik JM, et al. Treadmill exercise and resistance training in patients with peripheral arterial disease with and without intermittent claudication. *JAMA* 2009;301(2):165–74.
 12. Nicolai SP, Tejjink JA, Prins MH; Exercise Therapy in Peripheral Arterial Disease Study Group. Multicenter randomized clinical trial of supervised exercise therapy with or without feedback versus walking advice for intermittent claudication. *J Vasc Surg.* 2010;52(2):348-55.
 13. Keo H, Grob E, Guggisberg F, et al. Long-term effects of supervised exercise training on walking capacity and quality of life in patients with intermittent claudication. *Vasa.* 2008;37(3):250-6.
 14. Figoni SF, Kunkel CF, Scremin AM, et al. Effects of exercise training on calf tissue oxygenation in men with intermittent claudication. *PM R.* 2009;1(10):932-40.
 15. Wang J, Zhou S, Bronks R, et al. Effects of supervised treadmill walking training on calf muscle capillarization in patients with intermittent claudication. *Angiology.* 2009;60(1):36-41.
 16. Palmer-Kazen U, Religa P, Wahlberg E. Exercise in patients with intermittent claudication elicits signs of inflammation and angiogenesis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2009;38(6):689-96.
 17. West AM, Anderson JD, Epstein FH, et al. Low-density lipoprotein lowering does not improve calf muscle perfusion, energetics, or exercise performance in peripheral arterial disease. *JACC.* 2011;58(10):1068-76.
 18. Spronk S, Bosch JL, den Hoed PT, et al. Intermittent claudication: clinical effectiveness of endovascular revascularization versus supervised hospitalbased exercise training – randomized controlled trial. *Radiology* 2009;250(2): 586–95.
 19. Spronk S, Bosch JL, Ryjewski C, et al. Cost-Effectiveness of New Cardiac and Vascular Rehabilitation Strategies for Patients with Coronary Artery Disease. *PLoS One.* 2008;3(12):e3883.

20. Kruidenier LM, Nicolai SP, Rouwet EV, et al. Additional supervised exercise therapy after a percutaneous vascular intervention for peripheral arterial disease: a randomized clinical trial. *J Vasc Interv Radiol*. 2011;22(7):961-8.
21. Диагностика и лечение больных с заболеваниями периферических артерий. Рекомендации российского общества ангиологов и сосудистых хирургов. Москва, 2007. 112с.
22. Guidon M., Chavira M., McGee H., et al. Recruitment to exercise programmes: challenges in the peripheral arterial disease population // *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*.-2008.- Suppl.-S147
23. Аронов Д.М., Бубнова М.Г. Реальный путь снижения в России смертности от ишемической болезни сердца. *Кардиосоматика*. 2010;1:11-17.
24. Gurewich D, Prottas J, Bhalotra S, et al. System-level factors and use of cardiac rehabilitation. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2008;28(6):380–5.
25. Kubo N., Ohmura N., Nakada I., et al. Exercise at ventilatory threshold aggravates left ventricular remodeling in patients with extensive anterior acute myocardial infarction. *Am Heart J* 2004;147(1):113-20.
26. Bendermacher BL, Willigendael EM, Teijink JA, Prins MH. Supervised exercise therapy versus non-supervised exercise therapy for intermittent claudication // *Cochrane Database Syst Rev*.-2006.- (2):CD005263.
27. Parr BM, Noakes TD, Derman EW. Peripheral arterial disease and intermittent claudication: efficacy of short-term upper body strength training, dynamic exercise training, and advice to exercise at home // *S Afr Med J*.-2009.- V.99(11).-P.800-4.
28. Aligne C, Mosnier M, Mistretta F, Larguier JS. Survey on adherence to hygiene and dietary rules in patients with arterial occlusive disease. *J Mal Vasc*. 2000;25(3):187-94.
29. Casillas JM, Troisgros O, Hannequin A, et al. Rehabilitation in patients with peripheral arterial disease. *Ann Phys Rehabil Med*. 2011;54(7):443-61.

30. Hobbs SD, Bradbury AW. The Exercise vs Angioplasty in Claudication Trial (EXACT): reasons for recruitment failure and the implications for research into and treatment of intermittent claudication. *J Vasc Surg* 2006;44:432-3.
31. McDermott MM, Domanchuk K, Dyer A, et al. Recruiting participants with peripheral arterial disease for clinical trials: experience from the Study to Improve Leg Circulation (SILC). *J Vasc Surg*. 2009;49(3):653-659.
32. Aquarius AE, Smolderen KG, Hamming JF, et al. Type D personality and mortality in peripheral arterial disease: a pilot study. *Arch Surg*. 2009;144(8):728-33.
33. Сумин А.Н., Райх О.И., Корок Е.В., и др. Личностный тип Д у больных мультифокальным атеросклерозом: распространенность, влияние на качество жизни // Креативная кардиология.- 2010.-№2.-С.123-133.
34. Сумин А.Н. Поведенческий тип личности Д («дистрессорный») при сердечно-сосудистых заболеваниях // Кардиология.-2010.-№10.-С.66-73.
35. Turton EP, Coughlin PA, Kester RC, Scott DJ. Exercise training reduces the acute inflammatory response associated with claudication. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2002;23(4):309-16.
36. Andreozzi GM, Martini R, Cordova R, et al. Circulating levels of cytokines (IL-6 and IL-1beta) in patients with intermittent claudication, at rest, after maximal exercise treadmill test and during restore phase. Could they be progression markers of the disease? *Int Angiol*. 2007;26(3):245-52.
37. Treat-Jacobson D, Bronas UG, Leon AS. Efficacy of arm-ergometry versus treadmill exercise training to improve walking distance in patients with claudication. *Vasc Med*. 2009;14(3):203-13.
38. Gardner AW, Montgomery PS, Flinn WR, Katzel LI. The effect of exercise intensity on the response to exercise rehabilitation in patients with intermittent claudication. *J Vasc Surg*. 2005;42(4):702-9.
39. Barak S, Stopka CB, Archer Martinez C, Carmeli E. Benefits of low-intensity pain-free treadmill exercise on functional capacity of individuals presenting with

- intermittent claudication due to peripheral arterial disease. *Angiology*. 2009;60(4):477-86.
40. Martinez CA, Carmeli E, Barak S, Stopka CB. Changes in pain-free walking based on time in accommodating pain-free exercise therapy for peripheral arterial disease. *J Vasc Nurs*. 2009;27(1):2-7.
41. Saxton JM, Zwierska I, Blagojevic M, et al. Upper- versus lower-limb aerobic exercise training on health-related quality of life in patients with symptomatic peripheral arterial disease. *J Vasc Surg*. 2011;53(5):1265-73.
42. Manfredini F, Malagoni AM, Mascoli F, et al. Training rather than walking: the test in -train out program for home-based rehabilitation in peripheral arteriopathy. *Circ J*. 2008;72(6):946-52.
43. Garg PK, Liu K, Tian L, et al. Physical activity during daily life and functional decline in peripheral arterial disease. *Circulation*. 2009;119(2):251-60.
44. Collins TC, Lunos S, Carlson T, et al. Effects of a home-based walking intervention on mobility and quality of life in people with diabetes and peripheral arterial disease: a randomized controlled trial. *Diabetes Care*. 2011;34(10):2174-9.
45. Сумин А.Н., Красилова Т.А., Масин А.Н. Влияние различных тестов с физической нагрузкой на показатели лодыжечно-плечевого индекса у больных старших возрастных групп // *Успехи геронтологии*.-2011.-Т.24, №3.-С.464-471.
46. Tebbutt N, Robinson L, Todhunter J, Jonker L. A plantar flexion device exercise programme for patients with peripheral arterial disease: a randomised prospective feasibility study. *Physiotherapy*. 2011;97(3):244-9.
47. Сумин А.Н. Физические тренировки с использованием электростимуляции скелетных мышц в кардиологии // *Кардиология*.-2010.-№3.-С.83-90.
48. Stein RB, Chong SL, James KB, et al. Electrical stimulation for therapy and mobility after spinal cord injury. *Prog Brain Res*. 2002;137:27-34.

49. Turk R, Burridge JH, Davis R, et al. Therapeutic Effectiveness of Electric Stimulation of the Upper-Limb Poststroke Using Implanted Microstimulators. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(10):1913-1922
50. Stevens JE, Mizner RL, Snyder-Mackler L. Neuromuscular electrical stimulation for quadriceps muscle strengthening after bilateral total knee arthroplasty: a case series. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004;34:21–29.
51. Kramer J., Semple J. Comparison of selected strengthening techniques for normal quadriceps. *Physiother. Can.* 1983;35:300-304.
52. Vanderthommen M., Duchateau J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 2007;35(4):180-185.
53. Gregory CM, Bickel CS Recruitment Patterns in Human Skeletal Muscle During Electrical Stimulation. *Phys Ther.* 2005;85:358 –364
54. Adams GR, Harris RT, Woodard D, Dudley GA. Mapping of electrical muscle stimulation using MRI. *J Appl Physiol.* 1993;74:532–537.
55. Vanderthommen M, Gilles R, Carlier PG, et al. Human muscle energetics during voluntary and electrically induced isometric contractions as measured by ³¹P NMR spectroscopy. *Int. J. Sports Med.* 1999;20:279-283.
56. Vanderthommen M, Duteil S, Wary C, et al. A comparison of voluntary and electrically induced contractions by interleaved ¹H- and ³¹P-NMRS in humans. *J. Appl. Physiol.* 2003;94:1012-1024.
57. Vanderthommen M, Depresseux JC, Bauvir P, et al. A positron emission tomography study of voluntarily and electrically contracted human quadriceps. *Muscle Nerve* 1997;20:505-507.
58. Maffiuletti NA, Pensini M, Scaglioni G, et al. Effect of electromyostimulation training on soleus and gastrocnemii H- and T-reflex properties. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2003;90:601-607.
59. Vanderthommen M, Depresseux JC, Dauchat L, et al. Spatial distribution of blood flow in electrically stimulated human muscle: a positron emission tomography study. *Muscle Nerve* 2000;23:482-489.

60. Colson S, Martin A, Van Hoecke J. Re-examination of training effects by electrostimulation in the human elbow musculoskeletal system. *Int. J. Sports Med.* 2000;21:281-288.
61. Maffiuletti NA, Pensini M, Martin A. Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training. *J. Appl. Physiol.* 2002;92:1383-1392.
62. Pette D, Staron RS. Mammalian skeletal muscle fiber type transitions. *Int Rev Cytol* 1997;170:143-223.
63. Bax L, Staes F, Verhagen A. Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Med.* 2005;35:191-212.
64. Gould N, Donnermeyer D, Pope M, Ashikaga T. Transcutaneous muscle stimulation as a method to retard disuse atrophy. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1982;164:215-220.
65. Duchateau J, Hainaut K. Training effects of sub-maximal electrostimulation in a human muscle. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1988;20:99-104.
66. Miller C, and Thepaut-Mathieu C. Strength training by electrostimulation conditions for efficacy. *Int. J. Sports Med.* 1993;14:20-28.
67. Qin L, Appell HJ, Chan KM, Maffulli N. Electrical stimulation prevents immobilization atrophy in skeletal muscle of rabbits. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(5):512-7
68. *Vascular Surgery* (ed. By Rutherford R.B.). Fourth Edition. Volume I.: W.B.Saunders Company. 1995.
69. Toribatake Y., Komine N. Usefulness of stress-loading test for ankle brachial index using an originally developed exercise device to detect peripheral arterial disease. *Int Angiol.* 2009;28(2):100-5.
70. Sherry JE, Oehrlein KM, Hegge KS, Morgan BJ. Effect of burst-mode transcutaneous electrical nerve stimulation on peripheral vascular resistance. *Phys Ther.* 2001;81(6):1183-91.

71. Miller BF, Gruben KG, Morgan BJ. Circulatory responses to voluntary and electrically induced muscle contractions in humans. *Phys Ther.* 2000;80(1):53-60.
72. Janssen TW, Hopman MT. Blood flow response to electrically induced twitch and tetanic lower-limb muscle contractions. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(7):982-7.
73. Broderick BJ, O'Briain DE, Breen PP, et al. A hemodynamic study of popliteal vein blood flow: the effect of bed rest and electrically elicited calf muscle contractions. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2009;2009:2149-52.
74. Delis KT, Knaggs AL. Duration and amplitude decay of acute arterial leg inflow enhancement with intermittent pneumatic leg compression: an insight into the implicated physiologic mechanisms. *J Vasc Surg.* 2005;42(4):717-25.
75. Сумин А.Н., Касьянова Н.Н., Масин А.Н. Эндотелиальная дисфункция при различных режимах электростимуляции мышц у больных хронической сердечной недостаточностью //Сердечная недостаточность.- 2004г.-№1.- С.17-21
76. Andreozzi GM, Leone A, Laudani R, Deinite G, Martini R. Acute impairment of the endothelial function by maximal treadmill exercise in patients with intermittent claudication, and its improvement after supervised physical training. *Int Angiol.* 2007;26(1):12-7.
77. Anderson S.I., Whatling P., Hudlicka O., et al. Chronic transcutaneous electrical stimulation of calf muscles improves functional capacity without inducing systemic inflammation in claudicants //Eur J Vasc Endovasc Surg.- 2004.-V.27(2).-P.201-9.
78. Karavidas A., Parissis J.T., Matzaraki V., et al. Functional electrical stimulation is more effective in severe symptomatic heart failure patients and improves their adherence to rehabilitation programs //J Card Fail.- 2010.- V.16(3).-P.244-249.

79. Tsang GM, Green MA, Crow AJ, et al. Chronic muscle stimulation improves ischaemic muscle performance in patients with peripheral vascular disease // Eur J Vasc Surg.-1994.-V.8(4).-P.419-22.
80. de Liefde II, van Domburg RT, Bax JJ, et al. A decline in walking distance predicts long-term outcome in patients with known or suspected peripheral artery disease // Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.-2010.-V.17(3).-P.321-8.
81. Herman SD, Liu K, Tian L, et al. Baseline lower extremity strength and subsequent decline in functional performance at 6-year follow-up in persons with lower extremity peripheral arterial disease. J Am Geriatr Soc. 2009;57(12):2246-52.
82. Singh N, Liu K, Tian L, et al. Leg strength predicts mortality in men but not in women with peripheral arterial disease. J Vasc Surg. 2010;52(3):624-31.
83. Resnick HE, Lindsay RS, McDermott MM, et al. Relationship of high and low ankle brachial index to all-cause and cardiovascular disease mortality. The Strong Heart Study // Circulation.-2004.-V.109.-P.733-739.
84. Барбараш Л.С., Кашталап В.В., Зыков М.В. и др. Распространенность и клиническая значимость мультифокального атеросклероза у пациентов с инфарктом миокарда и подъемом сегмента ST // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.-2010.-№5.-С.31-36.
85. Сумин А.Н., Безденежных А.В., Евдокимов Д.О. и др. Коронароангиография в оценке кардиоваскулярного риска при операциях на некоронарных сосудистых бассейнах: взгляд кардиолога // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.-2010.-№5.-С.4-11.