

© К.А.Вишневский, А.Ш.Румянцев, Н.Ю.Коростелева, А.Ю.Земченков, А.В.Смирнов, 2014
УДК 616.61-008.64-036.12-085.38:616.717]:615.84

*К.А. Вишневский^{1,2}, А.Ш. Румянцев¹, Н.Ю. Коростелева¹, А.Ю. Земченков²,
А.В. Смирнов¹*

ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОЖНОЙ БИЛАТЕРАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ВО ВРЕМЯ ГЕМОДИАЛИЗА

*К.А. Vishnevskii, A.Sh. Rumyantsev, N.Yu. Korosteleva, A.Yu. Zemchenkov,
A.V. Smirnov*

A PILOT STUDY OF INTRADIALYTIC EPICUTANEOUS BILATERAL ELECTROMYOSTIMULATION OF LOWER EXTREMITIES

¹Кафедра пропедевтики внутренних болезней Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова; ²Городская Мариинская больница, Городской нефрологический центр; Санкт-Петербург

РЕФЕРАТ

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: оценка эффективности метода накожной билатеральной электромиостимуляции (НБЭМ) нижних конечностей при реабилитации больных, получающих программный гемодиализ. **ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ.** В исследование было включено 24 больных с ХБП Vd стадии. Пациентов распределили на 2 группы: группу НБЭМ (12 человек) и группу контроля (12 человек), сопоставимых по полу, возрасту, длительности заместительной почечной терапии и индексу коморбидности Чарлсона. В группе НБЭМ в течение 1 мес в дополнение к стандартной заместительной и симптоматической терапии проводились процедуры миостимуляции 3 раза в неделю по 30 мин в течение первых 3 ч сеанса гемодиализа. В обеих группах до и после исследования выполняли традиционный спектр клинических и биохимических анализов крови, проводили тест с 6-минутной ходьбой с датчиком сатурации кислорода, сбор данных по опроснику полинейропатии Total Symptom Score (TSS). В течение периода исследования в обеих группах проводился мониторинг нежелательных явлений. **РЕЗУЛЬТАТЫ.** В группе НБЭМ по сравнению с контролем наблюдалось статистически значимое снижение показателей додиализного уровня азотемии: в группе НБЭМ в сыворотке крови концентрация креатинина снизилась с $0,85 \pm 0,21$ до $0,80 \pm 0,17$ ммоль/л ($p < 0,05$), мочевины с $23,5 \pm 5,1$ до $20,4 \pm 3,9$ ммоль/л ($p < 0,05$). Другие лабораторные показатели значимо не менялись. Только в группе НБЭМ наблюдалось снижение выраженности болевого синдрома шкалы TSS с $1,8 \pm 1,0$ до $1,1 \pm 0,7$ баллов ($p < 0,05$) и результирующего параметра TSS с $3,66 \pm 2,3$ до $2,22 \pm 1,2$ баллов ($p < 0,05$). В отличие от контрольной группы, в группе вмешательства показатель пройденного за 6 мин расстояния увеличился с 431 ± 113 до 455 ± 99 м ($p < 0,05$), отмечалось значимое снижение выраженности одышки (с $3,7 \pm 1,1$ до $2,9 \pm 1,4$ баллов, $p < 0,05$) и усталости (с $4,3 \pm 2,0$ до $2,5 \pm 1,6$ баллов, $p < 0,05$) после теста 6-минутной ходьбой. Значимых нежелательных явлений во время исследования не наблюдалось. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Процедура НБЭМ во время гемодиализа является безопасным вмешательством, позволяющим увеличить эффективность проводимой процедуры в виде снижения базального уровня креатинина и мочевины, снизить выраженность симптомов полинейропатии, а также улучшить показатели физической адаптации пациентов на гемодиализе.

Ключевые слова: гемодиализ, физическая реабилитация, миостимуляция, полинейропатия, тест с 6-минутной ходьбой.

ABSTRACT

AIM OF RESEARCH: to evaluate the effectiveness of the bilateral epicutaneous electromyostimulation (BEEM) of lower extremities in the rehabilitation of hemodialysis patients. **PATIENTS AND METHODS.** The study included 24 patients with CKD Vd. Patients were divided on 2 groups: the BEEM group (N=12) and control group (N=12), comparable by sex, age, duration of renal replacement therapy and Charlson comorbidity index. The BEEM group underwent the procedures of muscle stimulation of the lower extremities during hemodialysis sessions for 4 weeks, 3 times per week and 3 BEEM treatments each session for 30 minutes each procedure, while the CG remained on previous dialysis regimen. In both groups before and after the investigations were carried out blood tests, a 6-minute walk test (6MWT) with oxygen saturation sensor and data collection by Total Symptom Score (TSS) polyneuropathy questionnaire. During the study the adverse events was monitored in both groups. **RESULTS.** Significant decreasing in serum levels of creatinine (from $0,85 \pm 0,21$ to $0,80 \pm 0,17$ mmol/l, $p < 0,05$) and urea (from $23,5 \pm 5,1$ to $20,4 \pm 3,9$, $p < 0,05$) was observed in the BEEM group compared with the control group. Other laboratory parameters were not significantly changed. There was noted a certain decreasing in the TSS pain scale from $1,8 \pm 1,0$ to $1,1 \pm 0,7$ points ($p < 0,05$) and in the resulting TSS from $3,66 \pm 2,3$ to $2,22 \pm 1,2$ points ($p < 0,05$) in BEEM group compared with the control. Unlike the control group, the distance walked in the 6MWT in the BEEM group increased from 431 ± 113 to 455 ± 99 m ($p < 0,05$) and there was significant reduction of the dyspnea (from $3,7 \pm 1,1$ to $2,9 \pm 1,4$ points, $p < 0,05$) and fatigue (from $4,3 \pm 2,0$ to $2,5 \pm 1,6$ points, $p < 0,05$) after

the 6- minute walk test. Significant adverse events during the study were not observed. **CONCLUSION:** The BEEM procedure during hemodialysis is a safe intervention, what can enhance the efficiency of the procedures in form of lowering baseline creatinine and urea, reduce symptoms of polyneuropathy, and increase the physical adaptation of the hemodialysis patients.

Key words: hemodialysis, physical rehabilitation, electromyostimulation, polyneuropathy, 6-minute walk test.

ВВЕДЕНИЕ

Считается доказанным, что адекватная физическая активность в общей популяции ведет к снижению заболеваемости и смертности, в первую очередь, от сердечно-сосудистых причин [1]. В последнее время это утверждение было доказано и для пациентов с хронической болезнью почек V стадии, получающих лечение программным гемодиализом (ГД) [2, 3].

В популяционном исследовании DOOPS [4] было наглядно продемонстрировано, что увеличение частоты физических тренировок ведет к снижению риска смерти. Кроме того, имеются ряд сложностей в физической реабилитации пациентов с ХБП. Наиболее значимой можно считать отсутствие стандартной практики физической реабилитации таких пациентов в большинстве стран, в том числе и в России. Хорошо известно, что наличие уремической интоксикации и осложнения диализной терапии значимо снижают толерантность к физическим нагрузкам, что также неблагоприятно влияет на качество жизни пациентов с ХБП [5]. В связи с этим диализные пациенты воспринимаются как больные с сомнительным реабилитационным потенциалом. Однако лишь часть больных, в первую очередь, длительно получающих заместительную почечную терапию, действительно не в состоянии выполнять тренирующие физические нагрузки в необходимом объеме.

Наиболее частой причиной заболеваемости и смертности больных с тХБП являются сердечно-сосудистые осложнения, что обусловлено наличием кардиоренального континуума [6]. Поэтому неудивительно сходство основных направлений физической реабилитации в нефрологии и кардиологии.

Выполнение адекватных тренирующих физических нагрузок затруднено у больных с выраженными явлениями хронической сердечной недостаточности (ХСН). В связи с этим были предприняты исследования, в которых изучалось влияние применения накожной билатеральной электромиостимуляции (НБЭМ) в отношении физической реабилитации кардиологических больных [7–9]. На ограниченном контингенте пациентов была показана эффективность данной методики.

Электромиостимуляция – это воздействие на организм импульсами минимальной силы электрического тока с целью возбуждения, усиления или восстановления ослабленной или болезненно измененной деятельности определенных органов и систем. При применении НБЭМ в реабилитации пациентов с ХСН за основу принималось предположение, что миостимуляция индуцирует положительные изменения периферической гемодинамики и метаболического статуса скелетных мышц, вызывая замедление и даже обратное развитие процесса дезадаптации, характерного для пациентов, вынужденно ведущих малоподвижный образ жизни [9]. Было показано, что использование данного метода позволяет добиться улучшения показателей физической активности, состояния мышечной ткани, функциональных свойств эндотелия, показателей качества жизни, а также снижения уровня депрессии. Целевой популяцией для применения миостимуляции были пациенты с ишемической или идиопатической дилатационной кардиомиопатией, средний возраст которых составлял 65 лет, с фракцией выброса левого желудочка меньше 35%.

Кроме кардиологических осложнений, у большинства пациентов с ХБП Vд имеются неврологические нарушения различной степени выраженности [10]. Наиболее часто эти нарушения проявляются в виде уремической полинейропатии, для которой характерны общие нейропатические симптомы: боли в мышцах, ощущения жжения, парестезии, онемение. Кроме того, среди диализных пациентов все более значительную часть составляют больные сахарным диабетом, страдающие диабетической полинейропатией. В группе пациентов с периферической диабетической нейропатией результативность применения НБЭМ в виде уменьшения выраженности болевого синдрома была четко показана в ряде исследований [11–12], что послужило основанием для включения НБЭМ в некоторые рекомендации по лечению болевого синдрома при периферической диабетической нейропатии [13].

Еще одной нозологической группой пациентов, характеризующихся выраженной физической дезадаптацией и потребностью в физической реабилитации, являются больные с хронической обструк-

тивной болезнью легких (ХОБЛ). Большую роль в ухудшении состояния больных с ХОБЛ играет дисфункция скелетных мышц, которая считается вторичной по отношению к гипоксемии, которая в конечном итоге, замыкает порочный круг, вызывая мышечную дисфункциональную атрофию, потенцирующую системное воспаление, а также нарушения питания и электролитного баланса [14]. Применение принципов физической реабилитации в этой группе пациентов приводит к увеличению толерантности к физической нагрузке, уменьшению симптомов ХОБЛ и улучшению качества жизни [15]. Как и среди кардиологических пациентов с тяжелой ХСН, многие больные с ХОБЛ не в состоянии выполнять даже минимальные реабилитационные нагрузки в связи с ограничением кардиореспираторного резерва. В контролируемых исследованиях было показано увеличение толерантности к физической нагрузке, улучшение силовых характеристик стимулируемых мышц и снижение выраженности одышки в группе пациентов с ХОБЛ, получавших НБЭМ нижних конечностей в течение 6 нед, по сравнению с группой контроля [16, 17].

Опыт применения НБЭМ в реабилитации больных с ХБП к настоящему времени невелик, опубликованы результаты лишь одного исследования. Farese et al. [18] провели сравнение методов аэробной нагрузки на велоэргометре и НБЭМ в отношении предотвращения интрадиализной гипотонии, которая является одним из самых частых осложнений процедуры гемодиализа [19], а также повышения показателей адекватности диализа. В группе НБЭМ была продемонстрирована тенденция к нормализации среднего гемодинамического артериального давления в обеих группах по сравнению с группой контроля, а также статистически значимое увеличение массы удаленных за сеанс диализа мочевины и фосфатов.

Подтвержденные эффекты применения НБЭМ в различных нозологических группах представлены в табл. 1.

Представленный ниже практический опыт применения НБЭМ в качестве реабилитационного физиотерапевтического метода лечения больных с ХБП является начальным этапом более широкого исследования этого воздействия среди пациентов, находящихся на постоянном гемодиализе или перитонеальном диализе.

Цель исследования: оценка эффективности метода НБЭМ нижних конечностей при реабилитации больных, получающих программный гемодиализ.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Все больные, которым проводилась НБЭМ, находились на амбулаторном лечении в отделении диализа СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница». До начала процедур исследования пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Критерии включения и исключения в исследование представлены в табл. 2.

В исследование было включено 24 больных с ХБП Vd стадии. Пациентов распределили на 2 группы: группу НБЭМ (12 человек) и группу контроля (12 человек), сопоставимых по полу, возрасту, длительности заместительной почечной терапии и индексу коморбидности Чарлсона [20].

Все пациенты получали стандартную терапию гемодиализом или гемодиализацией (ГДФ) в сопоставимых пропорциях, 3 раза в неделю с длительностью сеансов от 4 до 4,5 ч. Гемодиализ проводился на аппаратах «Fresenius 4008» и «B.Braun Dialog», процедуры ГДФ-online выполнялись в режиме постдилюции с объемом замещения 18 л. Режим заместительной почечной терапии, тип диализатора и диализного раствора не менялись в

Таблица 1

Основные эффекты НБЭМ, применяемой в различных нозологических группах

Патология	Эффект
ХСН	Улучшение показателей физической активности Улучшение состояния мышечной ткани и функциональных свойств эндотелия Улучшение показателей качества жизни и снижение уровня депрессии
ХОБЛ	Увеличение толерантности к физической нагрузке Улучшение силовых характеристик стимулируемых мышц Снижение выраженности одышки
Полинейропатия	Уменьшение выраженности болевого синдрома
ХБП	Предотвращение интрадиализной гипотонии Повышение показателей адекватности диализа

Таблица 2

Критерии включения и исключения

Критерии включения
- Подписанное информированное согласие - Длительность заместительной почечной терапии > 1 года - Отсутствие госпитализаций за последние 3 мес
Критерии исключения
- Наличие кардиостимулятора - Тяжелая анемия - Плохо контролируемая артериальная гипертензия - Активный воспалительный процесс - Наличие в анамнезе злокачественных образований - Участие в других клинических исследованиях

Таблица 3

Клинико-лабораторная характеристика больных, X±σ

	Контрольная группа, n=12	Группа НБЭМ, n=12	p
Возраст, лет	62±12	60±10	0,66
Пол, М/Ж	6/6	6/6	1
Длительность гемодиализа, мес	85±39	86±39	0,99
Основной диагноз			
Хр. гломерулонефрит	7	8	
Хр. пиелонефрит	2	2	
Поликистоз почек	2	1	
Гипертоническая болезнь	1	1	
Индекс коморбидности Чарлсона, баллы	5,25±2,6	5,5±2,2	0,8
ГД/ГДФ	8/4	9/3	0,65
Гемоглобин, г/л	109±11	112±5	0,4
Альбумин, г/л	35±2	35±2	0,93
Креатинин, ммоль/л	0,99±0,23	0,85±0,21	0,14
Мочевина, ммоль/л	23,2±6,2	23,5±5,1	0,89
Калий, ммоль/л	5,5±0,6	5,1±0,8	0,15
Натрий, ммоль/л	140±2	138±3	0,037
Кальций, ммоль/л	2,33±0,13	2,42±0,18	0,19
Фосфор, ммоль/л	1,97±0,51	1,77±0,59	0,41
spKt/V	1,60±0,22	1,69±0,3	0,42
URR, %	74,6±5,0	75,7±5,4	0,60
КФК до ГД, ЕД/л	99±31	100±43	0,91
КФК после ГД, ЕД/л	93±31	90±43	0,85
Количество антигипертензивных препаратов: без терапии / монотерапия / два препарата	5/4/3	6/4/2	0,99
Средняя доза ЭПО (эпоэтин альфа)	5500±1700	5250±1800	0,77

течение всего периода проведения исследования. Также не изменялась терапия препаратами эритропоэтина, внутривенными препаратами железа и антигипертензивными препаратами. Об адекватности диализа судили по показателям spKt/V и URR. Кроме того, до и после процедуры диализа оценивалась активность фермента креатинфосфокиназы (КФК), в качестве маркера мышечного повреждения.

Основные характеристики групп пациентов представлены в табл. 3.

Для оценки выраженности полинейропатии применялась шкала Total Symptom Score (TSS), позволяющую суммарно в баллах оценить основные симптомы полинейропатии: боль, жжение, онемение, парестезии в течение последних 24 ч [21]. Тест с 6-минутной ходьбой выполнялся согласно рекомендациям [22] в предварительно измеренном и размеченном 55-метровом коридоре. До и после проведения теста производилась оценка выраженности одышки и усталости по шкале Борга. Пульсоксиметрия с использованием пульсоксиметра «Spirodos» (MIR, Италия) во время теста проводилась с использованием стандартной программы для 6-минутного теста ходьбы [22].

В течение всего исследования проводился мониторинг нежелательных явлений в обеих группах.

Процедуры миостимуляции выполняли во время гемодиализа 3 раза в неделю по 30 мин в течение первых 3 ч каждого сеанса гемодиализа. Для НБЭМ использовали электромиостимулятор «TENS/EMS» для мышц «Beurer EM 80» (Beurer GmbH, Германия) с восемью накожными электродами (90×90 мм), установленными в проекции верхнелатеральной и нижнемедиальной части четырехглавой мышцы бедра, а также над верхней и нижней частями икроножной мышцы обеих ног. Верхний электрод на четырехглавой мышце устанавливался на 4 см ниже паховой складки, нижний – над коленной чашечкой. На икроножной мышце верхний электрод располагался на 2 см ниже подколенной ямки, нижний же был расположен над ахилловым сухожилием в проекции большеберцовой кости. Использовали стандартные программы EMS для проведения стимуляции мышц нижних конечностей, предусмотренные конструкцией прибора. Во всех программах длительность цикла была 250 мкс, каждый цикл состоял из 3 фаз. Частота импульса варьировала от 6 до 35 Гц в зависимости от вида программы и фазы цикла. Длительность импульса в 1-й и 3-й фазе была 5 с, во 2-й фазе – 8 с. Длительность интервала расслабления во всех фазах была равна 1 с. Интенсивность стимуляции варьировала от 50 до 90 мА и подбиралась инди-

Таблица 4

Динамика лабораторных показателей в группах, $\bar{X} \pm \sigma$

Показатель	Контрольная группа, n=12		Группа НБЭМ, n=12	
	исходно	через 1 мес	исходно	через 1 мес
	1	2	3	4
Гемоглобин, г/л	109±11	109±12	112±5	112±6
Альбумин, г/л	35±2	35±2	35±2	35±1
Креатинин, ммоль/л	0,99±0,23	1,02±0,21	0,85±0,21	0,80±0,17*
Мочевина, ммоль/л	23,2±6,2	24,4±8,4	23,5±5,1	20,4±3,9*
Калий, ммоль/л	5,5±0,6	5,4±0,6	5,1±0,8	5,2±0,9
Натрий, ммоль/л	140±2	139±2	138±3**	139±2
Кальций, ммоль/л	2,33±0,13	2,31±0,18	2,42±0,18	2,47±0,13
Фосфор, ммоль/л	1,97±0,51	1,98±0,51	1,77±0,59	1,84±0,40
spKt/V	1,60±0,22	1,60±0,24	1,69±0,3	1,62±0,26
URR, %	74,6±5,0	74,4±5,0	75,7±5,4	74,6±5,1
КФК до ГД, ЕД/л	99±31	107±37	100±43	104±55
КФК после ГД, ЕД/л	93±31	102±36	90±43	93±51

* Достоверность различий между 3 и 4, $p < 0,05$; ** достоверность различий между 1 и 3, $p < 0,05$.

видуально с целью добиться видимого сокращения стимулируемых мышц в отсутствии каких-либо болезненных ощущений.

Через 1 мес проводили повторное обследование, включавшее клинический и биохимический анализы крови, заполнение опросника полинейропатии TSS и тест с 6-минутной ходьбой. Далее пациенты, согласные продолжать проводимую терапию и не имеющие на этот момент критериев исключения, включались в продолжительную фазу исследования.

Для анализа и оценки полученных данных применялись стандартные методы описательной статистики: вычисление средних значений и стандартного отклонения ($\bar{X} \pm s$). Проверку гипотезы о нормальности распределения проводили с использованием критерия Колмогорова–Смирнова. Достоверность различий количественных параметров и их динамики определяли с помощью t-критерия Стьюдента для независимых и связанных выборок. Достоверность различий качественных признаков

оценивали по критерию χ^2 . Различия считали достоверными при $p < 0,05$. Для обработки данных был использован пакет прикладных статистических программ SPSS 17.0, SPSS Ink (США).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Адекватность диализа, динамика клинического и биохимического анализов крови

Исходно группы различались лишь по концентрации натрия сыворотки (138 ± 3 ммоль/л в группе НБЭМ и $140 \pm 2,4$ в контрольной группе, $p < 0,05$, табл. 4). В динамике наблюдалось статистически значимое снижение уровней креатинина и мочевины сыворотки в группе НБЭМ ($p < 0,05$), в то время как в контрольной группе подобной динамики не наблюдалось. Другие параметры, в том числе показатели адекватности диализа по spKt/V и URR, значимо не изменялись.

Total Symptom Score

По данным опросника TSS на момент начала исследования группы не различались ни по отдель-

Таблица 5

Шкала TSS, исходные характеристики групп и динамика, $\bar{X} \pm \sigma$

Показатель	Контрольная группа, n=12		Группа НБЭМ, n=12	
	исходно	через 1 мес	исходно	через 1 мес
	1	2	3	4
Боль, баллы	1,55±1,3	1,42±1,3	1,8±1,0	1,11±0,7*
Жжение, баллы	0,9±1,2	0,88±1,1	0,4±1	0,08±0,3
Онемение, баллы	0,69±0,67	0,7±0,7	0,88±1	0,66±0,8
Парестезии, баллы	0,08±0,3	0,1±0,3	0,58±1,2	0,36±0,8
TSS, баллы	3,22±1,9	3,1±2,2	3,66±2,3	2,22±1,2*

* Достоверность различий между 3 и 4, $p < 0,05$.

Таблица 6

**Динамика показателей теста 6-минутной ходьбы
в контрольной группе и группе НБЭМ, $\bar{X} \pm \sigma$**

Показатель	Контрольная группа, n=12		Группа НБЭМ, n=12	
	исходно	через 1 мес	исходно	через 1 мес
	1	2	3	4
Пройденное расстояние, м	444±114	441±101	431±113	455±99*
Одышка до теста, баллы	0,3±0,3	0,1±0,2	0,4±0,6	0,1±0,2
Одышка после теста, баллы	2,5±1,7	2,8±2,1	3,7±1,1**	2,9±1,4*
Усталость до теста, баллы	0,5±1,1	0,2±0,3	0,4±1,9	0,1±0,1
Усталость после теста, баллы	2,3±1,9	2,3±2,3	4,3±2,0**	2,5±1,6*
Среднее SpO ₂ , %	95,3±0,9	95,4±1,1	94,5±2,0	95,3±1,3
T SpO ₂ <90%, с	0,5±1,8	0,7±1,4	4,1±6,4	0,9±1,9
ЧСС после теста, уд/мин	114±16	115±13	115±24	104±17
Время восстановления исходной ЧСС, с	102±52	104±55	100±37	80±34

* Достоверность различий между 3 и 4, $p < 0,05$; ** достоверность различий между 1 и 3, $p < 0,05$.

ным шкалам, ни по суммарному значению (табл. 5). Основной шкалой, формирующей итоговое значение TSS, являлась шкала болевого синдрома, который был несколько более выражен в группе НБЭМ, однако разница была статистически незначима.

При сравнении результатов контрольного тестирования было выявлено достоверное снижение выраженности болевого синдрома и результирующего параметра TSS в группе НБЭМ ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой. По другим шкалам TSS динамика показателей в группах не достигала статистической достоверности.

Тест с 6-минутной ходьбой

Исходно группы не различались по показателю пройденного расстояния во время теста с 6-минутной ходьбой, а также по выраженности одышки и усталости по шкале Борга на момент начала теста (табл. 6), однако выраженность этих симптомов на момент окончания теста была значимо ниже в группе НБЭМ ($p < 0,05$). По показателям оксиметрии во время теста группы практически не различались.

По результатам контрольного тестирования через месяц применения НБЭМ показатель пройденного за 6 мин расстояния увеличился в группе вмешательства на 24 ± 26 м, в контрольной группе уменьшился на 4 ± 32 м, $p < 0,05$. Также наблюдалось статистически значимое снижение выраженности одышки и усталости после теста по сравнению с группой контроля (см. табл. 6). В группе НБЭМ имелась тенденция к снижению показателя десатурации T SpO₂ <90%, а также к снижению ЧСС непосредственно после теста и времени восстановления исходной ЧСС, однако данные тенденции не достигли статистической значимости. Другие

показатели оксиметрии не претерпели значимых изменений в сравнении с контрольной группой.

Нежелательные явления

За время исследования не наблюдалось нежелательных явлений, значимо ухудшающих самочувствие пациентов и требующих госпитализации. При проведении процедур НБЭМ у троих пациентов зафиксированы жалобы на кратковременное ощущение жжения в месте наложения электродов, на голених и прекратившиеся при изменении места расположения этих электродов. У одного из пациентов группы НБЭМ наблюдалась непродолжительная кожная реакция в виде гиперемии в месте наложения одного из электродов голени. Данное явление также завершилось без последствий после изменения положения электрода.

В группе НБЭМ пациенты не предъявляли жалобы на какие-либо значимые мышечные боли ни во время процедур стимуляции, ни в промежутках между процедурами.

ОБСУЖДЕНИЕ

Данное исследование явилось пилотной частью более широкого проекта изучения НБЭМ как одного из методов в комплексе реабилитационных мероприятий у пациентов с ХБП Vд ст.

Исходно применение НБЭМ в качестве реабилитационного воздействия подразумевает ограничение возможности выполнения пациентами физических нагрузок в необходимом объеме. В представленное исследование были включены пациенты старшей возрастной группы, имеющие значимую длительность заместительной почечной терапии и высокий индекс коморбидности Чарлсона [20]. Индекс коморбидности Чарлсона представляет со-

бой балльную систему оценки возраста и наличия определенных сопутствующих заболеваний и была установлена хорошая прогностическая ценность индекса коморбидности у больных на диализе [23].

Эффект увеличения количества удаляемых за процедуру гемодиализа метаболитов за счет активации мышечного пула достаточно исследован в области применения физических нагрузок во время гемодиализа [24]. За основу принималась гипотеза о том, что увеличение скорости кровотока и большая величина активной площади поверхности капилляров в работающих мышцах приводят к увеличению скорости транспорта мочевины и других метаболитов из тканей в сосудистое русло с последующим удалением через диализатор [25]. Таким же мы представляем механизм улучшения эффективности процедуры гемодиализа при применении НБЭМ.

В исследовании Farese и соавт. [18] было продемонстрировано увеличение количества удаляемой мочевины и фосфатов как при применении НБЭМ, так и при использовании велотренажера. Однако, если по количеству удаляемой мочевины группы не различались, то фосфаты лучше удалялись в группе НБЭМ. Стоит отметить, что в данном случае использовался метод прямого измерения концентрации метаболитов в диализате с количественным подсчетом удаленных веществ. Показатели $spKt/V$ и URR , наиболее часто используемые для оценки дозы диализа, в этом исследовании не претерпели изменений в процессе применения НБЭМ или занятий на велотренажере.

В нашем исследовании также не наблюдалось динамики в показателях $spKt/V$ и URR , однако следует отметить, что в группе НБЭМ сывороточные концентрации креатинина и мочевины после сеанса гемодиализа были достоверно ниже по сравнению с контрольной группой. Отсутствие динамики расчетных показателей дозы диализа объясняется тем, что увеличение транспорта метаболитов из тканей в процессе НБЭМ потенцирует увеличение их концентрации в крови, что, в конечном итоге, может даже привести к повышению концентрации мочевины в сыворотке крови после сеанса ГД и, соответственно, снижению $spKt/V$ и URR .

Для оценки эффекта активации мышечного пула, кроме прямого метода измерения количества удаленной мочевины в диализате, возможно использование эквивилированного показателя Kt/V вместо однопулового. Для этого необходимо выполнять повторный забор крови через час после гемодиализа, что ухудшает комплаенс проце-

дур. Вместе с тем, снижение базовой концентрации креатинина и мочевины в сыворотке крови пациентов группы НБЭМ после месячного применения данного метода может служить показателем пролонгированного улучшения эффективности диализной терапии.

Симптомы полинейропатии достаточно часто встречаются у пациентов диализа. Как правило, уремическая полинейропатия является симметричной, смешанной (сенсорной, моторной и вегетативной), с более выраженным поражением дистальных отделов конечностей. Наиболее частые сенсорные нарушения включают боль, жжение, парестезии и онемение в зоне «носков» [26]. Опросник Total Symptom Score (TSS, [19]) учитывает все перечисленные субъективные симптомы. Статистически значимое снижение значения общего индекса полинейропатии TSS в группе НБЭМ по сравнению с группой контроля согласуется с полученными данными в рамках лечения этим методом периферической полинейропатии [13], при этом заданная программа стимуляции была схожей с подобными воздействиями в неврологической практике.

Механизмы, лежащие в основе полученных положительных результатов, связанных с применением этой терапевтической модальности, окончательно не ясны. Было высказано предположение, что электрическая стимуляция активизирует задние корешки спинного мозга, которые ингибируют С-волокна, таким образом, снижая выраженность болей [27]. Кроме того, краткосрочная высокочастотная электрическая стимуляция нервов уменьшает возбудимость двигательной зоны головного мозга [28]. В частности, в экспериментальных исследованиях показано, что электрическая стимуляция сопровождается уменьшением концентраций аминокислот глутамата и аспартата в дорсальных рогах спинного мозга, и что этот эффект опосредован ГАМК-ергическими механизмами [29].

Наиболее информативным и часто применяемым тестом оценки физической адаптации является определение пикового потребления кислорода (VO_2 peak) при нагрузочном тестировании [30]. Наряду с возможностью прогнозировать исходы в кардиологической практике, была доказана прогностическая ценность этого теста в отношении выживаемости пациентов с ХБП Vд ст. [31]. С другой стороны – нельзя не отметить тот факт, что возможности применения этого теста ограничены. Оборудование для определения VO_2 peak имеется далеко не в каждом нефрологическом центре из-за его дороговизны.

Кроме того, нагрузочное тестирование имеет ряд противопоказаний и не каждый диализный пациент способен выполнить его в полном объеме. Адекватной альтернативой в данном случае является тест с 6-минутной ходьбой, результаты которого имеют хорошую прогностическую значимость как в кардиологической практике [32], так и у пациентов с ХБП Vд ст. [33]. Этот нагрузочный тест является наиболее объективным для оценки физической адаптации к повседневным нагрузкам, прост и дешев в исполнении, а также может быть применен среди пациентов, имеющих противопоказания или не способных выполнить другие нагрузочные тесты. Так как, по нашему мнению, методика НБЭМ ориентирована в первую очередь на пациентов, имеющих низкую толерантность к физическим нагрузкам, выбор теста с 6-минутной ходьбой для оценки динамики статуса физической адаптации является оправданным.

Полученные результаты значимого увеличения пройденной дистанции во время теста с 6-ти минутной ходьбой в группе НБЭМ по сравнению с контрольной группой, а также уменьшение выраженности одышки и усталости по шкале Борга, аналогичны данным исследований среди пациентов с ХСН и ХОБЛ [9, 16, 34]. Можно думать, что у наших пациентов этому могли способствовать снижение выраженности азотемии и регресс симптоматики полинейропатии.

Побочные эффекты процедур НБЭМ чаще всего проявлялись в виде ощущений жжения или гиперемии в месте наложения электродов, были непродолжительными и купировались после изменения положения электродов. Вероятность повреждения мышечных волокон на фоне процедуры НБЭМ можно отвергнуть в связи с отсутствием жалоб на боли в мышцах, а повышения уровня КФК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, процедура НБЭМ во время сеанса гемодиализа является безопасным вмешательством, позволяющим увеличить эффективность проводимой процедуры в виде снижения исходных уровней креатинина и мочевины, снизить выраженность симптомов полинейропатии, а также улучшить показатели физической адаптации диализных пациентов. Ограничениями исследования являлось небольшое число участников, малая продолжительность исследования и отсутствие возможности применения плацебо в группе контроля. В связи с этим планируется следующая, более продолжительная, фаза данного исследования, включающая большее число пациентов, а также

предусматривающая наличие группы пациентов, получающих терапию НБЭМ не только во время гемодиализа, но и в домашних условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Paffenbarger RS Jr., Hyde RT, Wing AL, et al. The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 1993; 328: 538–545
2. Коростелева НЮ, Румянцев АШ, Шевякова ЕВ, Дегтерева ОА. Физическая работоспособность у больных с концентрической и эксцентрической гипертрофией левого желудочка, получающих лечение программным гемодиализом. *Нефрология* 2008; 12(3):66–71
3. Коростелева НЮ, Румянцев АШ, Смирнов АВ. Показатели транспорта кислорода в организме больных на программном гемодиализе. *Нефрология* 2012; 16(3) вып 1: 93–97
4. Tentori F, Elder J, Thumma J et al. Physical Exercise among Participants in the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS): Predictors and Associated Outcomes. *Nephrol Dial Transplant* 2010; 25(9): 3050–3062
5. Васильева ИА, Добронравов ВА, Панина ИЮ, Трофименко ИИ, Смирнов АВ. Качество жизни больных на различных стадиях хронической болезни почек. *Нефрология* 2013; 17(2):60–65
6. Смирнов АВ, Добронравов ВА, Каюков ИГ. Кардиоренальный континуум: патогенетические основы превентивной нефрологии. *Нефрология* 2005; 9(3):7–15
7. Karavidas A, Raisakis G, Parissis J et al. Functional electrical stimulation improves endothelial function and reduces peripheral immune responses in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2006; 13:592–7
8. Deley G, Kervio G, Verges B et al. Comparison of low-frequency electrical myostimulation and conventional aerobic exercise training in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2005; 12:226–33
9. Karavidas A, Parissis J, Arapi S et al. Effects of functional electrical stimulation on quality of life and emotional stress in patients with chronic heart failure secondary to ischaemic or idiopathic dilated cardiomyopathy: A randomised, placebo-controlled trial. *Eur J Heart Fail* 2008; 10(7): 709 – 713
10. Krishnan AV, Kiernan MC. Uremic neuropathy: clinical features and new pathophysiological insights. *Muscle Nerve* 2007; 35, 273–290
11. Kumar D, Marshall H. Diabetic peripheral neuropathy: amelioration of pain with transcutaneous electrostimulation. *Diabetes Care* 1997; 20:1702–1705
12. Reichstein L, Labrezn S, Ziegler D et al. Effective treatment of symptomatic diabetic polyneuropathy by high-frequency external muscle stimulation. *Diabetologia* 2005; 824–828
13. Dubinsky RM, Miyasaki J. Assessment: efficacy of transcutaneous electric nerve stimulation in the treatment of pain in neurologic disorders (an evidence-based review); report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2010; 74(2): 173–176
14. Maltais F, LeBlanc P, Jobin J et al. Peripheral muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med* 2000; 21:665–77
15. Bourjeily G, Rochester CL. Exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med* 2000; 21:763–81
16. Bourjeily-Habr G, Rochester CL, Alermo F et al. Randomised controlled trial of transcutaneous electrical muscle stimulation of the lower extremities in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2002; Dec, 57(12): 1045–1049
17. Neder JA, Sword D, Ward SA et al. Home based neuromuscular electrical stimulation as a new rehabilitative strategy for severely disabled patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Thorax* 2002; 57:333–7
18. Farese S, Budmiger R, Aregger F et al. Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation and passive cycling movements on blood pressure and removal of urea and phosphate

during hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 2008; 52:745–752

19. Шишкин АН, Федорова ЮЮ. Интрадиализная гипотония: факторы, ассоциированные с процедурой гемодиализа. *Нефрология* 2012; 16(2):64–68

20. Charlson ME, Pompei P, Ales KL et al. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chron Dis* 1987; 40: 373–383

21. Ziegler D, Hanefeld M, Ruhnau KJ, et al. Treatment of symptomatic diabetic peripheral neuropathy with the anti-oxidant alpha-lipoic acid. A 3-week multicentre randomized controlled trial (ALADIN Study). *Diabetologia* 1995;38:1425–1433

22. American Thoracic Society. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am Respir Crit Care Med* 2002; 166: 111–7

23. Manoch Rattanasompattikul, Usama Feroze, Miklos Z. Molnar, Ramanath Dukkupati et al. Charlson comorbidity score is a strong predictor of mortality in hemodialysis patients. *Int Urol Nephrol* 2012 December; 44(6): 1813–1823

24. Parsons TL, Toffelmire EB, King-Van Vlack CE. The effect of an exercise program during hemodialysis on dialysis efficacy, blood pressure, and quality of life in end-stage renal disease patients. *Clin Nephrol* 2004; 61: 261–274

25. Trisha L. Parsons, Edwin B. Toffelmire, Cheryl E. King-VanVlack. Exercise Training During Hemodialysis Improves Dialysis Efficacy and Physical Performance. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87:680–687

26. Burn DJ, Bates D. Neurology and the kidney. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998; 65:810–821

27. Watkins ES, Koeze TH. Spinal cord stimulation and pain relief. *BMJ* 1993; 307:462

28. Mima T, Oga T, Rothwell J et al. Short-term high frequency

transcutaneous electrical nerve stimulation decreases human motor cortex excitability. *Neurosci Lett* 2004;355:85–88

29. Lundeborg T, Kjartansson J, Samuelsson U. Effect of electrical nerve stimulation on healing of ischaemic skin flaps. *Lancet* 1988;2:712–714

30. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice. *Guidelines (Committee on Exercise Testing) Circulation* 2002; 106:1883–92

31. Sietsema KE, Amato A, Adler SG, et al. Exercise capacity as a predictor of survival among ambulatory patients with end-stage renal disease. *Kidney Int* 2004;65(2):719–24

32. Rubim VS, Drumond Neto C, Romeo JL, et al. Prognostic value of the Six-Minute Walk Test in heart failure. *Arq Bras Cardiol* 2006;86(2):120–125

33. Kohl LM, Signori LU, Ribeiro RA, et al. Prognostic value of the six-minute walk test in end-stage renal disease life expectancy: a prospective cohort study. *Clinics* 2012;67(6):581–586

34. Karavidas A, Parissis JT, 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;16:244–249

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 10.11.2013 г.

Принята в печать 13.01.2014 г.