

Роль электромиостимуляции в реабилитационных программах больных хронической обструктивной болезнью легких (клинические примеры)

Н.Н.Мещерякова[✉], Т.В.Кунафина, А.С.Белевский

ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова» Минздрава России. 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1

[✉]m_natalia1967@inbox.ru

Дисфункция скелетной и дыхательной мускулатуры является одним из наиболее распространенных системных эффектов у больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ). В настоящий момент только методы легочной реабилитации, такие как физическая тренировка, могут изменить функциональный статус больных, улучшить физическую активность за счет улучшения работы скелетной и дыхательной мускулатуры. Применение нейромышечной электрической стимуляции является важной программой реабилитации у пациентов с ХОБЛ при тяжелом ограничении физических возможностей. Это подтверждено результатами исследований и клиническими примерами.

Ключевые слова: дисфункция мускулатуры, легочная реабилитация, нейромышечная электрическая стимуляция.

Для цитирования: Мещерякова Н.Н., Кунафина Т.В., Белевский А.С. Роль электромиостимуляции в реабилитационных программах больных хронической обструктивной болезнью легких (клинические примеры). Consilium Medicum. 2017; 19 (3): 61–65.

Case reports

The role of electrical myostimulation rehabilitation programme in patients with chronic obstructive pulmonary disease (clinical examples)

N.N.Meshcheriakova[✉], T.V.Kunafina, A.S.Belevskii

N.I.Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. 117997, Russian Federation, Moscow, ul. Ostrovitianova, d. 1

[✉]m_natalia1967@inbox.ru

Abstract

Dysfunction of skeletal and respiratory muscles is one of the most common systemic effects in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Currently, only the methods of pulmonary rehabilitation, such as physical exercise, can change the functional status of patients, to improve physical activity through the improvement of skeletal and respiratory muscles. The use of neuromuscular electrical stimulation is an important rehabilitation program in COPD patients with severe physical limitations. This is confirmed by the results of studies and clinical examples.

Key words: dysfunction of the muscles, pulmonary rehabilitation, neuromuscular electrical stimulation.

For citation: Meshcheriakova N.N., Kunafina T.V., Belevskii A.S. The role of electrical myostimulation rehabilitation programme in patients with chronic obstructive pulmonary disease (clinical examples). Consilium Medicum. 2017; 19 (3): 61–65.

Дисфункция скелетной и дыхательной мускулатуры является одним из наиболее распространенных системных эффектов у больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ). Дисфункция скелетных мышц, связанная с функциональными и атрофическими изменениями, приводит к снижению силы и выносливости, изменению активности ферментных систем. Одной из причин дисфункции скелетной и дыхательной мускулатуры у больных ХОБЛ является воздействие воспалительных цитокинов: фактор некроза опухоли α и интерлейкин-6 и 1β подавляют продукцию анаболического гормона – инсулиноподобного фактора роста, нарушают дифференцировку и восстановление мышечной ткани, изменяя соотношение миофибрилл 1-го типа (медленных оксидативных) и повышая долю миофибрилл 2-го типа (быстрых гликолитических) [1].

Дисфункция периферической мускулатуры у пациентов с ХОБЛ также может быть связана с единственным воздействием, вызванным уменьшением физической активности из-за одышки или системным воспалением, оксидативным стрессом или курением, гипоксией и гиперкапнией, снижением питательного статуса и уровня анаболических гормонов, пожилым возрастом и использованием кортикостероидов [2]. Усталость ног также вносит свой вклад в низкую физическую активность при хронических

заболеваниях органов дыхания и у некоторых больных является основным лимитирующим симптомом. Мышечная дисфункция часто расценивается пациентом как усталость, и для многих пациентов это является главным ограничительным признаком, особенно в повседневной жизни [3, 4]. Это может быть связано с тем, что изменения в мышцах приводят к более ранней усталости их при физической нагрузке [5, 6]. Все эти процессы приводят к тяжелым ограничениям физической активности.

В настоящий момент только методы легочной реабилитации, такие как физическая тренировка, могут изменить функциональный статус больных, улучшить физическую активность за счет улучшения работы скелетной и дыхательной мускулатуры. Однако для пациентов с тяжелой мышечной дистрофией или тяжелой дыхательной недостаточностью проводить физическую тренировку бывает очень сложно, так как любое движение у данной группы пациентов приводит к усилению и так выраженной одышки. Для больных с тяжелой дыхательной недостаточностью и тяжелой дисфункцией скелетной и дыхательной мускулатуры существует довольно новый метод воздействия на мышечную систему – это нейромышечная электрическая стимуляция (НМЭС).

НМЭС скелетных мышц является альтернативным методом реабилитации, влияющим на сокращение мышц, их

работу без применения физических тренировок. НМЭС происходит согласно протоколу, в котором интенсивность (амплитуда), частота возбуждения, продолжительность и форма электрической волны выбраны так, чтобы достичь желаемого эффекта, а именно работы скелетных мышц [7–9]. Электрическая амплитуда (интенсивность) стимула определяет силу сокращения мышц. Сокращение мышц, вызванное электронной стимуляцией, не приводит к одышке, имеет минимальные требования к работе сердечно-сосудистой системы, обходит мотивационные и психологические аспекты, которые возникают при обычных физических тренировках [10–14]. НМЭС используется в первую очередь у больных с выраженной слабостью периферических мышц; это прикованные к постели пациенты, как правило, получающие механическую вентиляцию, с выраженной дисфункцией периферических мышц [12]. У пациентов с тяжелой дыхательной недостаточностью, плохой переносимостью физических тренировок из-за тяжести состояния применение НМЭС улучшает силу верхних и нижних конечностей, уменьшает одышку при физической нагрузке, а также может применяться при обострении ХОБЛ, уменьшая время на восстановление пациента [15, 16].

В рандомизированном контролируемом исследовании транскожное возбуждение нерва, проводимое по традиционным акупунктурным точкам, привело к увеличению таких показателей, как объем форсированного выдоха за 1-ю секунду, тест 6-минутной ходьбы, показатели качества жизни по вопроснику Госпиталя Святого Георгия (St.George's Respiratory Questionnaire, SGRQ) и уровень β -эндорфина [17]. В другом исследовании стационарные пациенты с ХОБЛ с низким индексом массы тела, крайне тяжелой обструкцией, тяжелым ограничением физической активности достигли выраженного увеличения силы верхней и нижней группы мышц, уменьшения одышки при привычной физической нагрузке после 4-недельного использования НМЭС с активной тренировкой нижних конечностей по сравнению с пациентами, которые только активно тренировали нижние конечности без применения НМЭС [18].

Механизмы, улучшающие работу мышц под воздействием НМЭС, не полностью поняты, так как активность мышечного волокна под воздействием НМЭС может отличаться от работы во время физической тренировки [19–21]. Кроме того, точный протокол воздействия НМЭС также влияет на восстановление мышечной массы [22], частота стимула НМЭС до 10 Гц, вероятно, может активизировать волокна и улучшать выносливость, тогда как частота более 30 Гц может влиять на выносливость и силу за счет стимула миоцитов как 1, так и 2-го порядка или может выборочно влиять на миоциты, улучшая работу миоцитов 1 или 2-го порядка [23, 24]. Проводимые исследования с положительным результатом у пациентов с ХОБЛ были при частоте стимула 35–50 Гц [8, 12, 15, 25].

Проводимые исследования показывают, что применение НМЭС является важной программой реабилитации у пациентов с ХОБЛ при тяжелом ограничении физических возможностей [26]. Однако, несмотря на полученные данные и положительную реакцию у пациентов на воздействие НМЭС, в настоящее время нет разработанных протоколов для больных ХОБЛ, поэтому исследования в этом направлении являются интересными.

В ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова» Минздрава России на кафедрах госпитальной терапии и пульмонологии факультета дополнительного профессионального образования совместно с ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА России ведется работа по изучению применения методов электромиостимуляции у больных с дыхательной недостаточ-

Рис. 1. Пациент Щ. Электромиостимуляция четырехглавой мышцы бедра.



ностью. Исследование проводится на базе ГБУЗ «Городская клиническая больница им. Д.Д.Плетнева» Департамента здравоохранения г. Москвы. В работу в настоящий момент включены 10 пациентов с тяжелой ХОБЛ с явлениями дыхательной недостаточности как по гипоксемическому, так и по гиперкапническому типу.

Для определения работы скелетных мышц используется электромиограф – компьютерная система, которая записывает потенциалы, идущие от нервно-мышечной системы. Она усиливает их, высчитывает амплитуду, длительность и частоту колебаний, уменьшает помехи («шумы»), проводит стимуляцию мышц. У пациентов проводится поверхностная электромиография (ЭМГ) четырехглавой мышцы бедра (musculus quadriceps femoris). Так как работа еще только в самом начале, мы приводим два клинических примера использования НМЭС.

Клинический пример 1

Пациент Щ., 70 лет, диагноз ХОБЛ установлен около 10 лет назад (рис. 1). В качестве терапии использовал β_2 -агонисты короткого действия по требованию. В течение последнего года (2016 г.) отмечал нарастание одышки, слабости, снижение массы тела, в связи с чем передвигался на костылях. Одышка возникает при ходьбе на расстояние до 50 м. Стаж курения – 55 лет по 20 сигарет в день (индекс курящего – 55 пачко-лет). В настоящее время поставлен диагноз: ХОБЛ по эмфизематозному типу, крайне тяжелое течение, тяжелое обострение (GOLD 4, D). Острая дыхательная недостаточность на фоне хронической дыхательной недостаточности по гиперкапническому типу. В отделении проводилась терапия: системные и ингаляционные глюкокортикостероиды, бронхолитические препараты в сочетании с кислородотерапией со скоростью потока до 2 л/мин и респираторной поддержкой в режиме ST (IPAP 24 см H_2O + EPAP 6 см H_2O) не менее 6–8 ч в сутки.

При объективном осмотре обращает на себя внимание выраженное снижение массы тела. Индекс массы тела 18,4 кг/м². Больной самостоятельно ответил по вопроснику COPD Assessment Test (CAT), получив 32 балла, по мо-

Рис. 2. Данные ЭМГ при первичном обследовании.

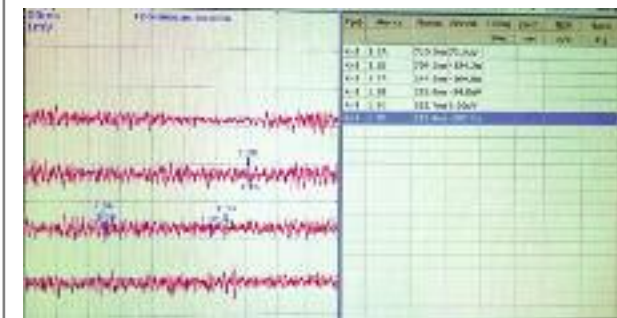


Рис. 3. Данные ЭМГ после проведения 14 сеансов НМЭС.

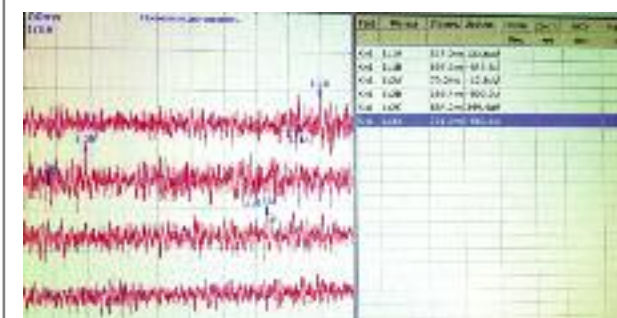


Рис. 4. Пациент Р. Сеанс электромиостимуляции четырехглавой мышцы бедра.



дернизированной шкале выраженности одышки (modified Medical Research Council – mMRC) – 4 балла (очень тяжелая одышка).

По полученным результатам исследования в газовом анализе артериальной крови отмечалось повышение уровня парциального давления углекислого газа (pCO_2) – 56,9 мм рт. ст., парциальное давление кислорода (pO_2) – 72,4 мм рт. ст. (забор крови на кислороде).

По данным компьютерной томографии легких форма грудной клетки эмфизематозная. Очаговых и инфильтративных теней не выявлено. В верхних, средних и нижних отделах легких определяются участки внутридольковой и панацинарной эмфиземы.

Проведение спирометрии не представлялось возможным в связи с тяжестью состояния больного.

По данным ЭМГ в режиме покоя фоновая активность четырехглавой мышцы не превышает 5–10 мкВ, амплитуда при максимальном мышечном сокращении составляет 297 мкВ (норма 600–1200 мкВ); рис. 2. Больному проводилась электромиостимуляция четырехглавой мышцы аппаратом COMPEX (модель Energy).

Данный аппарат имеет следующие характеристики: 4 канала полного сопротивления, изолированные друг от друга, заземленные. Форма импульса: прямоугольный, постоянный, компенсированный с целью исключения постоянной составляющей и недопущения остаточной поляризации на каждом уровне. Максимальная интенсивность импульса: 100 мА. Прирост интенсивности: ручное регулирование в диапазоне от 0 до 694 (энергия) с минимальным шагом 0,5 мА, длительность импульса от 60 до 400 нс. Максимальный электрический заряд импульса – 80 мкКл (2×40 мкКл, компенсированный), время нарастания стандартного импульса – 3 нс (20–80% максимального тока).

У данного пациента использовалось чередование программ Sport|Strength (сопротивление и сила) – данная программа позволяет достичь увеличения силы и скорости сокращения мышц во время тренировок или занятий спортом, требующих интенсивного воздействия в короткий промежуток времени, – и Aesthetic|Firming (укрепление),

характеризующейся созданием крепких, хорошо развитых мышц и восстановлением эластичности опорных тканей. Кроме того, она помогает компенсировать недостаточную мышечную активность путем активации усиленной работы ослабших участков в течение 14 дней с интенсивностью до 27–32 мА.

Через 14 дней были оценены результаты: было получено снижение показателей САТ до 26 баллов за счет увеличения двигательной активности, при этом одышка по MRC сохранялась до 4 баллов. В газовом анализе артериальной крови: pCO_2 45,2 мм рт. ст., pO_2 63,6 мм рт. ст.

ЭМГ четырехглавой мышцы бедра в режиме покоя: фоновая активность сохранилась на прежнем уровне и не превышает 5–10 мкВ. Амплитуда при максимальном мышечном сокращении увеличилась до 662 мкВ (норма 600–1200 мкВ); рис. 3.

В результате проведенной НМЭС пациент стал ходить в пределах палаты без костылей, выходить в коридор и мог приступить к физическим тренировкам.

Клинический пример 2

Пациент Р., 62 года, диагноз: ХОБЛ по эмфизематозному типу, тяжелое течение, тяжелое обострение (GOLD 4, D). Острая дыхательная недостаточность на фоне хронической дыхательной недостаточности по гипоксемическому типу. Диагноз установлен около 6 мес назад. Стаж курения 30 лет по 20 сигарет в день (индекс курящего 30 пачко-лет). Базисная терапия – салметерола ксинафоат/флутиказона пропионат 25/250 мкг 2 ингаляции 2 раза в день, тiotропия бромид 18 мкг по 1 дозе 1 раз в день. В течение последних 6 мес отмечал снижение массы тела, усиление слабости в ногах. В течение последней недели до госпитализации отметил усиление одышки (рис. 4). Пациент из-за слабости прекратил двигательную активность. Госпитализирован в связи с обострением на фоне выраженных системных проявлений, таких как одышка, слабость в мышцах, снижение массы тела.

При объективном осмотре – выраженное снижение массы тела. Индекс массы тела 18,29 кг/м². Больной самостоятельно ответил по вопроснику САТ, получив 39 баллов,

Рис. 5. Данные ЭМГ при первичном обследовании.

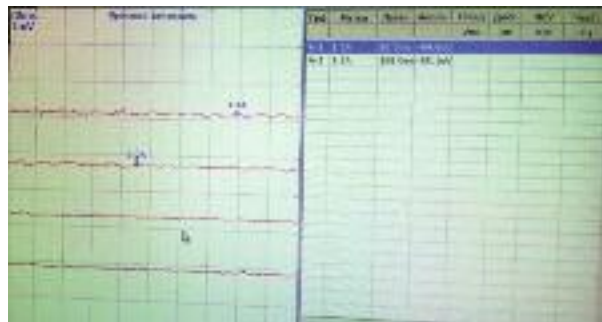
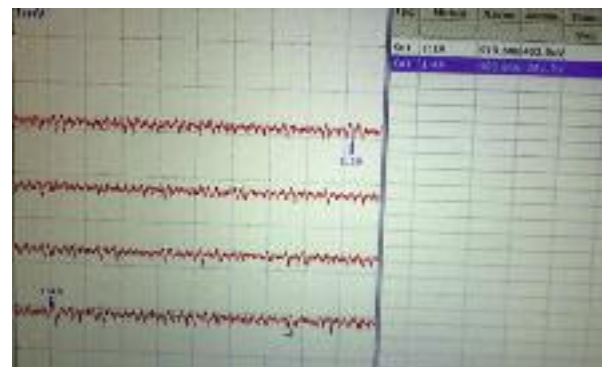


Рис. 6. Данные ЭМГ после проведения 14 сеансов НМЭС.



оценка одышки по шкале mMRC составила 4 балла. В стационаре проводилась терапия: системные и ингаляционные глюкокортикостероиды, бронхолитические препараты, муколитические препараты, кислородотерапия со скоростью потока до 2 л/мин.

В газовом анализе артериальной крови $p\text{CO}_2$ 52,7 мм рт. ст., $p\text{O}_2$ 54,2 мм рт. ст.

Выполнена компьютерная томография легких, где форма грудной клетки эмфизематозная, отмечаются участки пневмофиброза в верхней доле правого легкого на фоне эмфизематозной трансформации («исчезающий легочный рисунок»). В средней и нижней долях правого легкого определяются участки внутридолевой, парасептальной и внутридолевой сливной эмфиземы.

По данным ЭМГ в режиме покоя фоновая активность четырехглавой мышцы не превышает 5–10 мкВ, амплитуда при максимальном мышечном сокращении составляет 55,1 мкВ (норма 600–1200 мкВ); рис. 5. Больному проводилась НМЭС четырехглавой мышцы аппаратом COMPEX (модель Energy) с чередованием программ Sport|Resistance и Aesthetic|Firming в течение 14 дней с интенсивностью до 25–30 мА. На фоне электромиостимуляции пациент смог самостоятельно проходить по коридору до 80 м. Однако, учитывая низкий нутритивный статус, у пациента сохраняются низкие значения по вопроснику САТ до 34 баллов и выраженная одышка по шкале mMRC до 4 баллов. В газовом анализе артериальной крови: $p\text{CO}_2$ 45,6 мм рт. ст., $p\text{O}_2$ 65,1 мм рт. ст.

Через 14 дней были оценены результаты по данным ЭМГ четырехглавой мышцы. В режиме покоя фоновая активность не превышает 5–10 мкВ. Амплитуда при максимальном мышечном сокращении составляет 261 мкВ (норма 600–1200 мкВ); рис. 6.

Пациент самостоятельно передвигается по палате, выходит в коридор, выполняет минимальные упражнения со спортивной палкой из положения сидя. Это начало физической реабилитации при крайне низких показателях функционирования бронхолегочной системы.

Пациенты из описанных случаев отличаются крайне низким нутритивным статусом, низкой толерантностью к физической нагрузке и атрофией скелетной мускулатуры. На фоне применения методов НМЭС удалось несколько улучшить состояние мышечных волокон четырехглавой мышцы бедра. Это позволило в дальнейшем начать у пациентов физическую тренировку, включающую в себя увеличение двигательной активности, за счет использования тренажера степпер и тредмила, увеличения силы и выносливости верхней группы мышц (упражнения со спортивной палкой и гантелями) и применения дыхательных тренажеров для тренировки инспираторных мышц. Увеличение двигательной активности привело к улучшению у пациентов приверженности лекарственной терапии.

Исследование по применению методов НМЭС только в самом начале, мы пытаемся разработать наиболее эффективные протоколы использования мышечной стимуляции разных групп мышц у больных с дыхательной недостаточностью.

Литература/References

- Agusti A. Systemic effects of chronic obstructive pulmonary disease. *Proc Am Thorac Soc* 2005; 2: 367–70.
- Gosselink R, Troosters T, Decramer M. Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153: 976–80.
- Maltais F, Simard AA, Simard C et al. Oxidative capacity of the skeletal muscle and lactic acid kinetics during exercise in normal subjects and in patients with COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153 (1): 288–93.
- Killian KJ, LeBlanc P, Martin DH et al. Exercise capacity and ventilator, circulatory, and symptom limitation in patients with chronic airflow limitation. *Am Rev Respir Dis* 1992; 142: 935–40.
- Mador MJ, Kufel TJ, Pineda L. Quadriceps fatigue after cycle exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 447–53.
- Seay D, Debigare R, LeBlanc P et al. Contractile leg fatigue after cycle exercise: a factor limiting exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168: 425–30.
- Eberstein A, Eberstein S. Electrical stimulation of denervated muscle: is it worthwhile? *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 1463–9.
- Vivodtzev I, Lacasse Y, Maltais F. Neuromuscular electrical stimulation of the lower limbs in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2008; 28: 79–91.
- Sillen MJ, Speksnijder CM, Eterman RM et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation of muscles of ambulation in patients with chronic heart failure or COPD: a systematic review of the English – language literature. *Chest* 2009; 136: 44–61.
- Maillefert JF, Eicher JC, Walker P et al. Effects of low-frequency electrical stimulation of quadriceps and calf muscles in patients with chronic heart failure. *J Cardiopulm Rehabil* 1998; 18: 277–82.
- Quittan M, Wiesinger GF, Sturm B et al. Improvement of thigh muscles by neuromuscular electrical stimulation in patients with refractory heart failure: a single-blind, randomized, controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil* 2001; 80: 206–14; quiz 215–6, 224.
- Bourjeily-Habr G, Rochester CL, Palermo F et al. Randomised controlled trial of transcutaneous electrical muscle stimulation of the lower extremities in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 2002; 57: 1045–9.
- Sillen MJ, Janssen PP, Akkermans MA et al. The metabolic response during resistance training and neuromuscular electrical stimulation (NMES) in patients with COPD, a pilot study. *Respir Med* 2008; 102: 786–9.
- Sillen MJ, Wouters EF, Franssen FM et al. Oxygen uptake, ventilation, and symptoms during low – frequency versus high-frequency NMES in COPD: a pilot study. *Lung* 2011; 189: 21–6.
- 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.
- Adbellaoui A, Prefaut C, Gouze F et al. Skeletal muscle effects of electrostimulation after COPD exacerbation: a pilot study. *Eur Respir J* 2011; 38: 781–8.
- Ngai SP, Jones AY, Hui-Chan CW et al. Effect of 4 weeks of Acu-TENS on functional capacity and b-endorphin level in subjects with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *Respir Physiol Neurobiol* 2010; 173: 29–36.
- Vivodtzev I, Pepin JL, Vottero G et al. Improvement in quadriceps strength and dyspnea in daily tasks after 1 month of electrical stimulation in severely deconditioned and malnourished COPD. *Chest* 2006; 129: 1540–8.

19. Gregory CM, Bickel CS. Recruitment pattern in human skeletal muscle during electrical stimulation. *Phys Ther* 2005; 85: 358–64.
20. Marquestle T, Hug F, Decherchi P, Jammes Y. Changes in neuromuscular function after training by functional electrical stimulation. *Muscle Nerve* 2003; 28: 181–8.
21. Requena Sanchez B, Padial Puche P, Gonzalez-Badillo JJ. Percutaneous electrical stimulation in strength training an update. *J Strength Cond Assoc* 2005; 19: 438–48.
22. Vanderthommen M, Duchateau J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. *Exerc Sport Sci Rev* 2007; 35: 180–5.
23. Kwende MM, Jarvis JC, Salmons S. The input-output relation of skeletal muscle. *Proc Biol Sci* 1995; 261: 193–201.
24. Selkowitz DM. Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. *Phys Ther* 1985; 65: 186–96.
25. Zanotti E, Felicetti G, Maini M, Fracchia C. Peripheral muscle strength training in bed-bound patients with COPD receiving mechanical ventilation: effect of electrical stimulation. *Chest* 2003; 124: 292–6.
26. Dal Corso S, Napolis L, Malaguti C et al. Skeletal muscle structure and function in response to electrical stimulation in moderately impaired COPD patients. *Respir Med* (In press).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мещерякова Наталья Николаевна – канд. мед. наук, доц. каф. пульмонологии ФДПО ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И.Пирогова». e-mail: m_natalia1967@inbox.ru

Кунафина Татьяна Викторовна – ассистент каф. госпитальной терапии педиатрического факультета ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И.Пирогова»

Белевский Андрей Станиславович – д-р мед. наук, проф., зав. каф. пульмонологии ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И.Пирогова»