

УДК 616-073.97:612.741.1:612.217[616-053.7]-88

DOI: 10.36604/1998-5029-2020-75-40-46

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ИНСПИРАТОРНЫХ МЫШЦ В РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУППАХ

А.И.Мирошниченко, М.А.Сидорова, А.К.Кунарбаева, К.М.Иванов, И.В.Мирошниченко

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, 460000, г. Оренбург, ул. Советская, 6

РЕЗЮМЕ. Цель. Выявить особенности изменений электрической активности инспираторных мышц и их взаимосвязь с антропометрическими показателями в разных возрастных группах. **Материалы и методы.** Обследованы 57 мужчин с одинаковой силой дыхательных мышц, в возрасте от 20 до 65 лет, которые были разделены на 3 группы. В 1 группу вошли 26 лиц молодого возраста, 2 группу составили 20 человек среднего возраста, 3 группу – 11 пациентов пожилого возраста. Обследование включало определение антропометрических показателей, оценку двигательной активности, силы инспираторных мышц, анализ электрической активности инспираторных мышц при выполнении функциональных нагрузочных проб. **Результаты.** У лиц молодого возраста по сравнению с пациентами 2 и 3 групп выявлена достоверная разница антропометрических показателей. У пациентов 1 группы динамика показателей электромиографии (ЭМГ) инспираторных мышц была наибольшей при выполнении функциональных проб. Установлены корреляционные связи между возрастом и динамикой показателей амплитуды ЭМГ наружных межреберных мышц ($r=0,48$, $p<0,05$), грудинно-ключично-сосцевидных мышц ($r=-0,41$, $p<0,05$) и диафрагмы ($r=-0,63$, $p<0,05$); динамикой показателей амплитуды ЭМГ диафрагмы и окружностью грудной клетки на вдохе ($r=-0,77$, $p<0,05$) и выдохе ($r=-0,73$, $p<0,05$); динамикой показателей амплитуды ЭМГ грудинно-ключично-сосцевидных мышц и окружностью грудной клетки на вдохе ($r=-0,61$, $p<0,05$) и выдохе ($r=-0,59$, $p<0,05$). **Заключение.** Установлена отрицательная зависимость динамики показателей амплитуды ЭМГ инспираторных мышц при выполнении функциональных проб с возрастом и окружностью грудной клетки на вдохе и на выдохе. Особенностью электрической активности инспираторных мышц у лиц молодого возраста при выполнении функциональных проб является активное участие вспомогательных мышц, в частности, грудинно-ключично-сосцевидной мышцы. У лиц среднего и пожилого возраста динамика показателей электрической активности инспираторных мышц при выполнении функциональных проб была одинаковой.

Ключевые слова: возраст, дыхательные мышцы, электромиография.

FEATURES OF ELECTRICAL ACTIVITY OF INSPIRATORY MUSCLES IN DIFFERENT AGE GROUPS

A.I.Miroshnichenko, M.A.Sidorova, A.K.Kunarbaeva, K.M.Ivanov, I.V.Miroshnichenko

Orenburg State Medical University, 6 Sovetskaya Str., Orenburg, 460000, Russian Federation

SUMMARY. Aim. To identify features of changes in electrical activity of inspiratory muscles and their relationship with anthropometric indicators in different age groups. **Materials and methods.** There were examined 57 men with the same strength of respiratory muscles, aged 20 to 65 years old, who were divided into 3 groups. The 1st group included 26 young people, the 2nd group consisted of 20 middle-aged people, the 3rd group had 11 elderly patients. The examination included determination of anthropometric indicators, assessment of motor activity, inspiratory muscle strength, analysis of the electrical activity of inspiratory muscles when performing functional tests. **Results.** In young people compared with patients of groups 2 and 3, a significant difference in anthropometric indicators was revealed. In patients of group 1, the

Контактная информация

Анастасия Игоревна Мирошниченко, аспирант кафедры пропедевтики внутренних болезней, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 460000, Россия, г. Оренбург, ул. Советская, 6. E-mail: miroshni4enko.nast@yandex.ru

Correspondence should be addressed to

Anastasia I. Miroshnichenko, MD, Postgraduate Student of the Department of Propaedeutic of Internal Medicine, Orenburg State Medical University, 6 Sovetskaya Str., Orenburg, 460000, Russian Federation. E-mail: miroshni4enko.nast@yandex.ru

Для цитирования:

Мирошниченко А.И., Сидорова М.А., Кунарбаева А.К., Иванов К.М., Мирошниченко И.В. Особенности электрической активности инспираторных мышц в разных возрастных группах // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2020. Вып.75. С.40–46 DOI: 10.36604/1998-5029-2020-75-40-46

For citation:

Miroshnichenko A.I., Sidorova M.A., Kunarbaeva A.K., Ivanov K.M., Miroshnichenko I.V. Features of electrical activity of inspiratory muscles in different age groups. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2020; (75):40–46 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2020-75-40-46

dynamics of electromyography (EMG) indices of inspiratory muscles was the greatest when performing functional tests. There was revealed correlation between age and dynamics of the EMG amplitude indicators of external intercostal muscles ($r=0.48$, $p<0.05$), sternocleidomastoid muscles ($r=-0.41$, $p<0.05$) and diaphragm ($r=-0.63$, $p<0.05$); dynamics of EMG amplitude indicators of diaphragm and circumference of the chest on the inspiration ($r=-0.77$, $p<0.05$) and expiration ($r=-0.73$, $p<0.05$), dynamics of EMG amplitude indicators of sternocleidomastoid muscles and circumference of chest on inspiration ($r=-0.61$, $p<0.05$) and expiration ($r=-0.59$, $p<0.05$). **Conclusion.** There is a negative relationship between dynamics of EMG amplitude indicators of inspiratory muscles when performing functional tests with age and chest circumference on inspiration and expiration. The main feature of electrical activity of inspiratory muscles in young people when performing functional tests is revealed in active participation of auxiliary muscles, in particular, the sternocleidomastoid muscle. In middle-aged and elderly people, dynamics of indicators of electrical activity of inspiratory muscles during performance of functional tests was the same.

Key words: age, respiratory muscles, electromyography.

Инспираторные мышцы обеспечивают в качестве «респираторной помпы» альвеолярную вентиляцию в соответствии с текущими запросами организма [1]. Установлено, что сила дыхательных мышц уменьшается у пожилых людей, что может быть обусловлено изменениями морфологического и функционального состояния скелетных мышц, происходящих с возрастом, которые проявляются атрофией и контрактурами миофибрилл, уменьшением площади их поперечного сечения, снижением регенеративного потенциала и метаболической активности, усилением протеолитической дегградации мышечных белков на фоне снижения синтеза физиологических регуляторов миогенеза [2–5]. Инволютивные изменения, происходящие с возрастом в скелетных мышцах, могут снижать их электрическую активность [6–9], однако, сведений об изменении электрической активности дыхательных мышц с возрастом и зависимости этих показателей от антропометрических данных недостаточно.

Цель исследования: выявить особенности изменений электрической активности инспираторных дыхательных мышц и их взаимосвязь с антропометрическими показателями в разных возрастных группах.

Материалы и методы исследования

Исследование одобрено локальным этическим комитетом и проводилось при грантовой поддержке Оренбургского государственного медицинского университета.

Согласно критериям включения были обследованы 57 мужчин с одинаковой силой дыхательных мышц, подписавшие информированное добровольное согласие на участие в исследовании, в возрасте от 20 до 65 лет, которые были разделены на 3 группы в соответствии с классификацией возраста ВОЗ (2018). В 1 группу вошли 26 лиц молодого возраста, 2 группу составили 20 человек среднего возраста, 11 пациентов пожилого возраста были включены в 3 группу.

Критерии исключения: отказ от участия в исследовании, сложные нарушения ритма сердца, сердечная недостаточность, перенесенный инфаркт миокарда, острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе, ожирение 3 степени, заболевания органов системы дыхания, операции на органах грудной клетки,

заболевания с нарушением нервно-мышечной передачи, прием замедляющих нервно-мышечное проведение лекарственных средств, наличие выраженных деформаций грудной клетки и патологических форм грудной клетки.

Обследование включало определение антропометрических показателей: измерение роста, массы тела, окружности грудной клетки на вдохе и на выдохе, расчет индекса массы тела (ИМТ). Оценка двигательной активности проводилась с использованием индекса двигательной активности университета Дюка (Duke Activity Status Index). Для оценки силы инспираторных мышц использовалось измерение MIP по стандартной методике (ATS/ERS, 2002) на аппарате MicroRPM (CareFusion, Великобритания). Регистрацию электрической активности инспираторных мышц проводили с использованием биполярной поверхностной электромиографии (ЭМГ) на многофункциональном компьютерном комплексе Нейро-МВП (Нейрософт, Россия). Оценка электрической активности инспираторных мышц: диафрагмы, наружных межреберных мышц (НММ) и грудино-ключично-сосцевидной мышцы (ГКСМ) проводилась с использованием показателей средней амплитуды (мкВ) и частоты (1/с). Регистрация показателей проводилась в покое и при последовательном выполнении двух функциональных нагрузочных проб различной мощности. Пациент занимал удобное положение, сидя на стуле с прямой спинкой. Предварительно у обследуемого определялась величина максимального инспираторного усилия по шкале тягонапомера. Затем проводилась первая нагрузочная проба с инспираторным усилием мощностью 30% от максимального инспираторного усилия с удержанием нагрузки в течение 15 секунд и с регистрацией показателей ЭМГ на 5, 10 и 15 секундах. Вторая нагрузочная проба проводилась с инспираторным усилием мощностью 50% от максимального инспираторного усилия, с удержанием нагрузки в течение 5 секунд. Каждая нагрузочная проба проводилась 3 раза, с периодом отдыха между попытками в 3 мин. Для анализа использовались средние значения показателей ЭМГ, полученные в результате 3 попыток при выполнении каждой нагрузочной пробы. Чтобы избежать помех от сердца электроды при проведении ЭМГ накладывались с правой стороны тела. Для регистрации электрической

активности диафрагмы электроды накладывались в 7 межреберье на уровне наружного края прямой мышцы живота; НММ – по среднеключичной линии в 3 межреберье; ГКСМ – на брюшко мышцы на 2-3 см выше ключицы [10]. Поверхностные электроды представляли собой металлические диски диаметром 8 мм, смонтированные в фиксирующую колодку с межэлектродным расстоянием 12 мм. В месте наложения электродов кожа обрабатывалась этиловым спиртом, затем наносился гель.

Статистический анализ материала осуществлялся с использованием непараметрических методов в пакете прикладных программ STATISTICA 10.0 (StatSoft, RUSSIA), достоверными считались показатели при $p < 0,05$. Данные представлены в виде Me (Q1; Q3). Для оценки достоверности различий между группами использовался критерий Краскела-Уоллиса, для оценки достоверности динамики показателей внутри группы – критерий Вилкоксона, корреляционный анализ проводился с помощью коэффициента корреляции Спир-

мена (r).

Результаты исследования и их обсуждение

У лиц молодого возраста по сравнению с пациентами 2 и 3 групп выявлена достоверная разница роста, веса, ИМТ, окружности грудной клетки на вдохе и выдохе (табл.). ИМТ в 1 группе был меньше на 34,1% данного показателя во 2 группе и на 38,4% в 3 группе. Окружность грудной клетки на вдохе в 1 группе была меньше, чем во 2 группе на 15,5%, и на 10,0% – чем в 3 группе, окружность грудной клетки на выдохе – на 18,8 и 11,8%, соответственно. Показатели антропометрии во 2 и 3 группах достоверно не различались. Следует отметить уменьшение физической активности с возрастом: у лиц среднего возраста в сравнении с обследованными в 1 группе физическая активность была ниже на 20,2%, в пожилом возрасте – на 49,8%. Средние показатели силы инспираторных мышц в обследованных группах не различались.

Таблица

Показатели антропометрии, физической активности и силы инспираторных дыхательных мышц в обследованных группах

Показатели	Обследованные группы			p
	1 группа (n=26)	2 группа (n=20)	3 группа (n=11)	
Средний возраст, лет	20,0 (20,0; 21,0)	55,0 (46,8; 57,3)	61,0 (60,0; 63,5)	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,001$
Индекс Дюка, баллы	58,2 (58,2; 58,2)	46,5 (34,7; 58,2)	29,2 (18,0; 34,7)	$p_{1-2} = 0,002$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,02$
ИМТ, кг/м ²	22,8 (21,2; 26,1)	30,6 (27,8; 33,8)	31,6 (30,2; 31,8)	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,73$
Окружность грудной клетки на вдохе, см	100,0 (97,0; 104,0)	115,5 (106,5; 120,8)	110,0 (107,0; 115,0)	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} = 0,001$ $p_{2-3} = 0,27$
Окружность грудной клетки на выдохе, см	93,0 (90,0; 100,0)	110,5 (102,8; 114,3)	104,0 (103,0; 108,0)	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,27$
МIP, мм вод. ст.	103 (92,5; 124,5)	111,0 (87,5; 120,0)	104,0 (98,0; 125,5)	$p_{1-2} = 0,49$ $p_{1-3} = 0,62$ $p_{2-3} = 0,32$

При выполнении функциональной нагрузочной пробы мощностью 30% от максимального инспираторного усилия выявлена различная динамика показателей электрической активности инспираторных мышц в группах.

В 1 группе амплитуда ЭМГ диафрагмы увеличилась на 7,2% от 5 к 10 секунде, от 10 к 15 секунде – на 22,0% ($p < 0,05$), во 2 группе – на 3,2 и 5,8%, соответственно ($p < 0,05$). В 3 группе динамика увеличения амплитуды была наименьшей: так, к 10 секунде она увеличилась

на 2,3%, к 15 секунде – на 2,7% ($p < 0,05$) (рис. 1). Частота ЭМГ диафрагмы уменьшалась в 1 группе на 6,1% от 5 к 10 секунде, от 10 к 15 секунде – на 15,0% ($p < 0,05$), во 2 группе – на 4,7 и 13,1%, соответственно ($p < 0,05$), в 3 группе – на 4,5 и 8,4%, соответственно ($p < 0,05$).

Динамика амплитуды ЭМГ НММ отличалась от динамики амплитуды ЭМГ диафрагмы менее выраженным увеличением в 1 группе: к 10 секунде этот показатель увеличился на 3,3%, к 15 секунде – на

12,0% ($p<0,05$) (рис. 2), во 2 группе – на 8,4 и 15,0%, соответственно ($p<0,05$), в 3 группе – на 11,7 и 23,6%, соответственно ($p<0,05$). Частота ЭМГ НММ уменьшилась в 1 группе от 5 к 10 секунде на 6,5% и на 15,3% – от 10 к 15 секунде ($p<0,05$), во 2 группе – на 8,1 и 15,8%, соответственно ($p<0,05$), в 3 группе – на 8,1 и 16,6%, соответственно ($p<0,05$).

Увеличение амплитуды ЭМГ ГКСМ при выполнении функциональной нагрузочной пробы было наи-

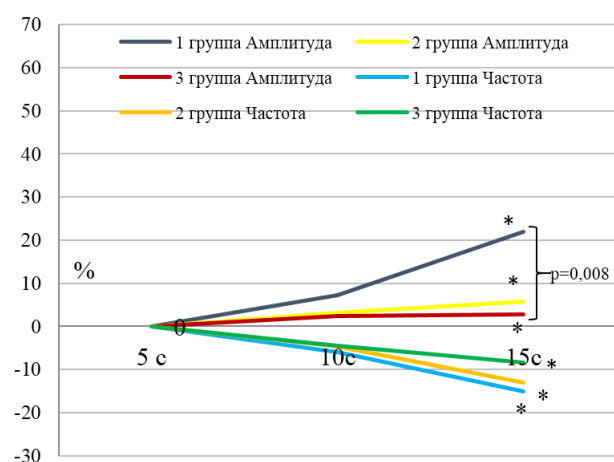


Рис. 1

большим в 1 группе: от 5 к 10 секунде оно составило 23,2% и от 10 к 15 секунде – 58,5% ($p<0,05$), во 2 группе – 15,9 и 24,4%, соответственно ($p<0,05$), в 3 группе – 6,3 и 12,2%, соответственно ($p<0,05$) (рис. 3). Уменьшение частоты ЭМГ ГКСМ в 1 группе от 5 к 10 секунде составило 10,4%, от 10 к 15 секунде – 23,6% ($p<0,05$), во 2 группе – 7,5 и 13,0%, соответственно ($p<0,05$), в 3 группе – 4,3 и 7,0%, соответственно ($p<0,05$).

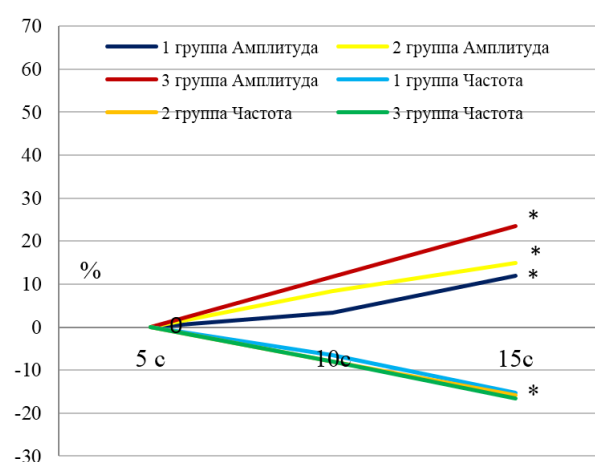


Рис. 2

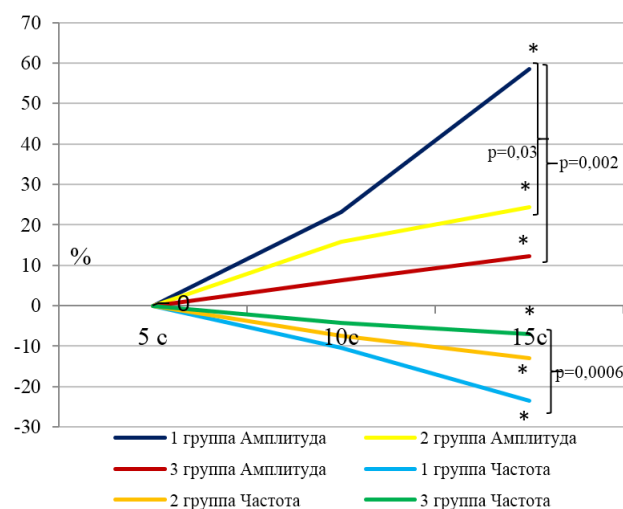


Рис. 3

При сравнении результатов функциональной пробы с нагрузкой мощностью 50% от максимального инспираторного усилия на 5 секунде и результатов функциональной пробы с нагрузкой мощностью 30% от максимального инспираторного усилия на 5 секунде были выявлены следующие особенности (рис. 4). В 1 группе амплитуда ЭМГ диафрагмы была выше на 21,4% ($p<0,05$), во 2 группе – на 6,6% ($p<0,05$), в 3 группе – на 3,3% ($p<0,05$); частота ЭМГ диафрагмы в 1 группе была ниже на 21,4% ($p<0,05$), во 2 группе – на 8,4% ($p<0,05$), в 3 группе – на 3,1% ($p<0,05$). Амплитуда ЭМГ НММ в 1 группе была выше на 6,3%, в 3 группе – на 13,2% ($p<0,05$) при выполнении нагрузки

Рис. 1. Динамика показателей электрической активности Д при выполнении функциональной пробы с мощностью 30% от максимального инспираторного усилия от 5 секунды к 10 и 15 секунде.

Рис. 2. Динамика показателей электрической активности НММ при выполнении функциональной пробы с мощностью 30% от максимального инспираторного усилия от 5 секунды к 10 и 15 секунде.

Рис. 3. Динамика показателей электрической активности ГКСМ при выполнении функциональной пробы с мощностью 30% от максимального инспираторного усилия от 5 секунды к 10 и 15 секунде.

Примечание: * – статистически значимые различия показателей в динамике исследования ($p<0,05$).

большой мощности, но достоверных изменений показателей частоты ЭМГ НММ в этих группах выявлено не было. Во 2 группе значения амплитуды ЭМГ НММ были выше на 7,6% ($p<0,05$), значения частоты – ниже на 9,0% ($p<0,05$). Следует отметить отсутствие достоверности различий показателей амплитуды и частоты ЭМГ НММ между группами. Наиболее выраженные изменения амплитуды ЭМГ ГКСМ наблюдались при выполнении нагрузки более высокой мощности в 1 группе, где она была выше на 111,6% ($p<0,05$), при этом частота была ниже на 34,0% ($p<0,05$). Во 2 группе и 3 группе амплитуда ЭМГ ГКСМ была выше, соответственно, на 24,5 и 28,1% ($p<0,05$), а значения частоты

– ниже, соответственно, на 19,0 и 11,8% ($p<0,05$). Отмечалось отсутствие достоверности различий показате-

телей амплитуды и частоты ЭМГ инспираторных мышц между 2 и 3 группами.

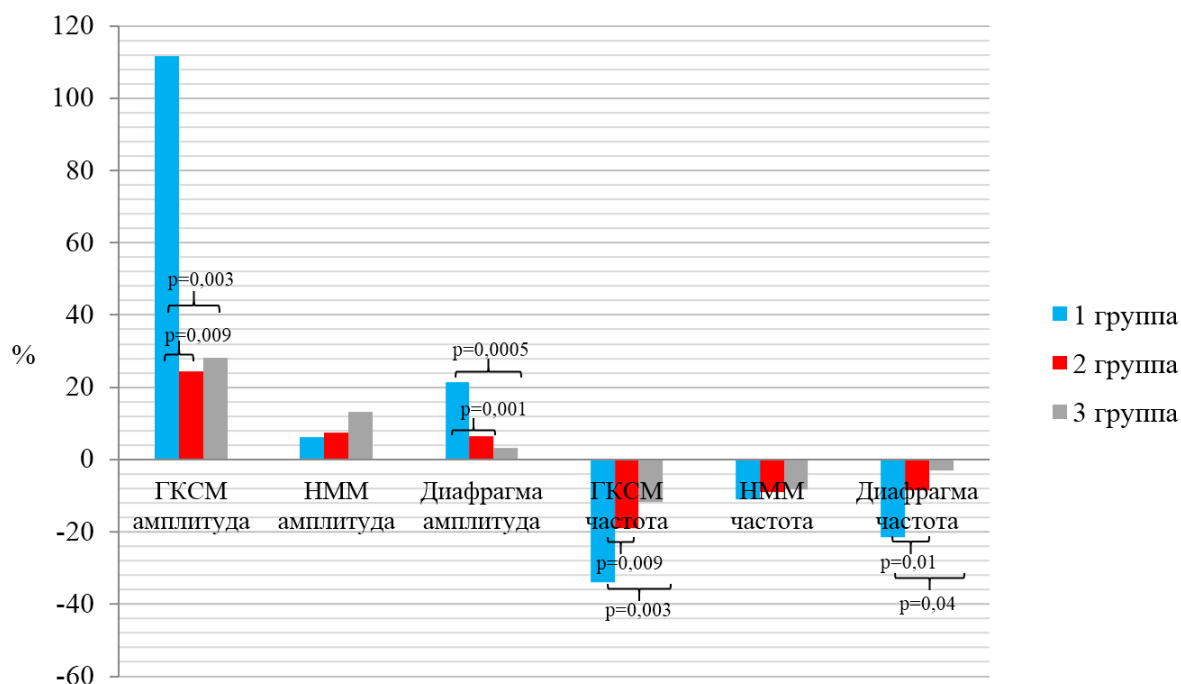


Рис. 4. Динамика показателей электрической активности инспираторных мышц при увеличении нагрузки от 30 до 50% от максимального инспираторного усилия.

Установлены корреляционные связи между возрастом и динамикой показателей амплитуды ЭМГ НММ ($r=0,48$, $p<0,05$), ГКСМ ($r=-0,41$, $p<0,05$) и диафрагмы ($r=-0,63$, $p<0,05$); динамикой показателей амплитуды ЭМГ диафрагмы и окружностью грудной клетки на вдохе ($r=-0,77$, $p<0,05$) и выдохе ($r=-0,73$, $p<0,05$), показателями амплитуды ЭМГ ГКСМ и окружностью грудной клетки на вдохе ($r=-0,61$, $p<0,05$) и выдохе ($r=-0,59$, $p<0,05$).

Выводы

1. Имеется отрицательная зависимость динамики показателей амплитуды ЭМГ инспираторных мышц при выполнении функциональных проб с возрастом и окружностью грудной клетки на вдохе и на выдохе.

2. Особенностью электрической активности инспи-

раторных мышц у лиц молодого возраста при выполнении функциональных проб является активное участие вспомогательных мышц, в частности грудинно-ключично-сосцевидной мышцы.

3. У лиц среднего и пожилого возраста динамика показателей электрической активности инспираторных мышц при выполнении функциональных проб одинакова.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

ЛИТЕРАТУРА

- Сегизбаева М.О., Александрова Н.П., Тимофеев Н.Н., Курьянович Е.Н. ЭМГ-анализ утомления разных групп инспираторных мышц человека при тяжелых физических нагрузках // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. №6-5. С.898–902. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=9723>
- Гельцер Б.И., Курпатов И.Г., Котельников В.Н. Силовые характеристики дыхательных мышц у здоровых лиц: возрастные, гендерные и конституциональные особенности // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. 2017. Т.103, №12. С.1425–1433.
- Degens H., Gayan-Ramirez G., van Hees H.W. Smoking-induced skeletal muscle dysfunction: from evidence to mechanisms // Am. J. Respir. Crit. Care Med. 2015. Vol.191, №6. P.620–625. doi: 10.1164/rccm.201410-1830PP
- Hunter S.K., Pereira X.H.M., Keenan K.G. The aging neuromuscular system and motor performance // J. Appl. Physiol. 2016. №121, №4. P.982–995. doi: 10.1152/jappphysiol.00475.2016
- Heymsfield S.B., Gonzalez M.C., Lu J., Jia J., Zheng J. Skeletal muscle mass and quality: evolution of modern measurement concepts in the context of sarcopenia // Proc. Nutr. Soc. 2015. Vol.74, №4. P.355–366. doi: 10.1017/S0029665115000129

6. Kirk E.A., Gilmore K.J., Rice C.L. Neuromuscular changes of the aged human hamstrings. *J. Neurophysiol.* 2018. Vol.120, №2. P.480–488. doi: 10.1152/jn.00794.2017
7. Weavil J.C., Hureau T.J., Thurston T.S., Sidhu S.K., Garten R.S., Nelson A.D., McNeil C.J., Richardson R.S., Amann M. Impact of age on the development of fatigue during large and small muscle mass exercise // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2018. Vol.315, №4. P.741–750. doi: 10.1152/ajpregu.00156.2018
8. Wu R., Delahunt E., Ditroilo M., Lowery M., De Vito G. Effects of age and sex on neuromuscular-mechanical determinants of muscle strength // *Age (Dordr).* 2016. Vol.38, №3. P.57. doi: 10.1007/s11357-016-9921-2
9. Чалая В.А., Сеитмететова С.А. Возрастные изменения мышечной ткани. Саркопения // *Международный студенческий научный вестник.* 2019. №1. URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=19469>.
10. Ершов С. П., Перельман Ю. М. Электрофизиологическая характеристика дыхательных мышц у больных хроническим бронхитом // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания* 1999. Вып.5. С.28–35.

REFERENCES

1. Segizbaeva M.O., Aleksandrova N.P., Timofeev N.N., Kuryanovich E.N. EMG-analysis of the different inspiratory muscles fatigue during exhaustive exercise. *International Journal of Applied and Fundamental Research* 2016; (6):898–902 (in Russian). Available at: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=9723>
2. Geltser B.I., Kurpatov I.G., Kotelnikov V.N. Powerful characteristics of respiratory muscles in healthy persons: age, gender and constitutional features. *Russian Journal of Physiology* 2017; 103(12):1425–1433 (in Russian).
3. Degens H., Gayan-Ramirez G., van Hees H.W. Smoking-induced skeletal muscle dysfunction: from evidence to mechanisms. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2015; 191(6):620–625. doi: 10.1164/rccm.201410-1830PP
4. Hunter S.K., Pereira X.H.M., Keenan K.G. The aging neuromuscular system and motor performance. *J. Appl. Physiol.* 2016; 121(4):982–995. doi: 10.1152/jappphysiol.00475.2016
5. Heymsfield S.B., Gonzalez M.C., Lu J., Jia J., Zheng J. Skeletal muscle mass and quality: evolution of modern measurement concepts in the context of sarcopenia. *Proc. Nutr. Soc.* 2015; 74(4):355–366. doi: 10.1017/S0029665115000129
6. Kirk E.A., Gilmore K.J., Rice C.L. Neuromuscular changes of the aged human hamstrings. *J. Neurophysiol.* 2018; 120(2):480–488. doi: 10.1152/jn.00794.2017
7. Weavil J.C., Hureau T.J., Thurston T.S., Sidhu S.K., Garten R.S., Nelson A.D., McNeil C.J., Richardson R.S., Amann M. Impact of age on the development of fatigue during large and small muscle mass exercise. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2018; 315(4):741–750. doi: 10.1152/ajpregu.00156.2018
8. Wu R., Delahunt E., Ditroilo M., Lowery M., De Vito G. Effects of age and sex on neuromuscular-mechanical determinants of muscle strength. *Age (Dordr).* 2016; 38(3):57. doi: 10.1007/s11357-016-9921-2
9. Chalaya V.A., Seitmetetova S.A. Age changes of muscular tissue. Sarcopenia. *Mezhdunarodnyy studentcheskiy nauchnyy vestnik* 2019; (1) (in Russian). doi:10.17513/msnv.19469
10. Ershov S.P., Perelman J.M. Respiratory muscle electrophysiological evaluation in patients with chronic bronchitis. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 1999; (5):28–35 (in Russian).

Информация об авторах:

Анастасия Игоревна Мирошниченко, аспирант кафедры пропедевтики внутренних болезней, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: miroshni4enko.nast@yandex.ru

Марина Айткалиевна Сидорова, ассистент кафедры пропедевтики внутренних болезней, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: amankulova@mail.ru

Адель Камидуллоевна Кунарбаева, аспирант кафедры пропедевтики внутренних болезней, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: kunarbaeva.adel@yandex.ru

Author information:

Anastasia I. Miroshnichenko, MD, Postgraduate Student of the Department of Propaedeutic of Internal Medicine, Orenburg State Medical University; e-mail: miroshni4enko.nast@yandex.ru

Marina A. Sidorova, MD, Assistant of the Department of Propaedeutic of Internal Medicine, Orenburg State Medical University; e-mail: amankulova@mail.ru

Adel K. Kunarbaeva, MD, Postgraduate Student of the Department of Propaedeutic of Internal Medicine, Orenburg State Medical University; e-mail: kunarbaeva.adel@yandex.ru

Константин Михайлович Иванов, д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: kmiwanov@mail.ru

Konstantin M. Ivanov, MD, PhD, D.Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Propaedeutic of Internal Medicine, Orenburg State Medical University; e-mail: kmiwanov@mail.ru

Игорь Васильевич Мирошниченко, д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой нормальной физиологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: miv_2000@mail.ru

Igor V. Miroshnichenko, MD, PhD, D.Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Normal Physiology, Orenburg State Medical University; e-mail: miv_2000@mail.ru

*Поступила 13.02.2020
Принята к печати 25.02.2020*

*Received February 13, 2020
Accepted February 25, 2020*