

УДК 616.24-002:616-053.6/.71:612.216.2/.217

DOI: 10.36604/1998-5029-2020-77-34-40

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛЫ ДЫХАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ У ЛИЦ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА С ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ ПНЕВМОНИЕЙ

А.А.Дей, А.Г.Кожанов, Б.И.Гельцер

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет», Школа Биомедицины,  
690920, г. Владивосток, о. Русский, пос. Аякс, 10

**РЕЗЮМЕ. Цель.** Дать оценку силы дыхательных мышц (ДМ) у лиц молодого возраста с внебольничной пневмонией (ВП) различной степени тяжести и полноты ее восстановления в период реконвалесценции. **Материалы и методы.** Обследовано 104 мужчины в возрасте 18-23 года, находившихся на стационарном лечении по поводу ВП. Нетяжелая ВП (НВП) диагностирована у 78 (75%) больных и тяжелая (ТВП) – у 26 (25%) пациентов. Регистрировали показатели силы экспираторных и инспираторных ДМ на аппарате MicroRPM (CareFusion, Великобритания) в разгар заболевания и в период реконвалесценции. Измерены антропометрические показатели, рассчитаны абсолютная масса скелетной мускулатуры (МСМ) по формуле Й.Матейки, отношение величины МСМ к общей массе тела (ОМТ), выраженное в процентах. Степень утомления ДМ исследовали посредством проведения нагрузочных проб на побудительных спирометрах с регулируемым экспираторным и инспираторным сопротивлением TheraPEP и Coach 2 (Smiths Medical, Великобритания). Индекс утомления (ИУ) экспираторных и инспираторных ДМ рассчитывали, как отношение разности силы ДМ до и после нагрузки к исходному показателю, выраженное в процентах. **Результаты.** В разгар заболевания средние значения силовых характеристик ДМ у больных ТВП по сравнению с НВП смещались в сторону более низких величин. При этом выраженность дисфункции экспираторных ДМ была более заметной, чем инспираторных. Установлена прямая зависимость индикаторов силы ДМ от МСМ. У реконвалесцентов по мере увеличения МСМ зафиксировано снижение ИУ, что демонстрировало большую устойчивость ДМ к резистивному дыханию у этой категории обследованных. **Заключение.** Функциональный статус ДМ зависит не только от тяжести ВП, но и от МСМ, что указывает на важную роль мышечного компонента в обеспечении легочной вентиляции. Использование экспираторных и инспираторных нагрузочных тестов является полезным инструментом для оценки полноты восстановления силы ДМ после перенесенной ВП.

**Ключевые слова:** функциональный статус дыхательных мышц, сила дыхательных мышц, легочная вентиляция, лица молодого возраста, внебольничная пневмония.

## RESULTS OF RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH STUDY IN YOUNG PERSONS WITH COMMUNITY-ACQUIRED PNEUMONIA

A.A.Dei, A.G.Kozhanov, B.I.Geltser

Far Eastern Federal University, School of Biomedicine, 10 Ajax Bay, FEFU Campus, Building 25, Primorsky Krai,  
690920, Russian Federation

**SUMMARY. Aim.** To evaluate the strength of the respiratory muscles (RM) in young people with community-acquired pneumonia (CAP) of varying severity and the completeness of its recovery during convalescence. **Materials and methods.** The study involved 104 men aged 18-23 years who were in hospital with a diagnosis of CAP. Non-severe CAP was diagnosed in 78 (75%) patients and severe CAP in 26 (25%). The strength indices of expiratory and inspiratory RM were recorded on a MicroRPM device (CareFusion, Great Britain) at the height of the disease and during the period of convalescence. Anthropometric indicators were measured, the mass of skeletal muscles (MSM) was calculated according to

### Контактная информация

Александра Анатольевна Дей, аспирант департамента клинической медицины Школы биомедицины, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», Школа Биомедицины, 690920, г. Владивосток, о. Русский, пос. Аякс, 10. Тел. 8-924-123-45-23. E-mail: phdmd@yandex.ru

### Correspondence should be addressed to

Alexandra A. Dei, MD, Postgraduate student, Department of Clinical Medicine of the FEFU School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, School of Biomedicine, 10 Ajax Bay, FEFU Campus, Building 25, Primorsky Krai, 690920, Russian Federation. Phone: 8-924-123-45-23. E-mail: phdmd@yandex.ru

### Для цитирования:

Дей А.А., Кожанов А.Г., Гельцер Б.И. Результаты исследования силы дыхательных мышц у лиц молодого возраста с внебольничной пневмонией // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2020. Вып. 77. С.34–40. DOI: 10.36604/1998-5029-2020-77-34-40

### For citation:

Dei A.A., Kozhanov A.G., Geltser B.I. Results of respiratory muscle strength study in young persons with community-acquired pneumonia. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2020; (77):34–40 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2020-77-34-40

the formula of J.Mateika, the ratio of MSM to total body mass (TBM), expressed as a percentage, is determined. The degree of fatigue of RM was studied by means of loading tests on incentive spirometer with adjustable expiratory and inspiratory resistance TheraPEP and Coach 2 (Smiths Medical, Great Britain). The fatigue index (FI) of expiratory and inspiratory RM was calculated as the ratio of the difference in the strength of the RM before and after the load to the initial value, expressed as a percentage. **Results.** At the height of the disease, the average values of the power characteristics of RM in patients with severe CAP compared to non-severe CAP shifted toward lower values. Moreover, the severity of the dysfunction of expiratory RM was more noticeable in comparison with inspiratory ones. The direct dependence of RM strength indicators on MSM was established. In convalescents, with an increase in MSM, a decrease in the FI was recorded, which demonstrated a greater resistance of RM to resistive breathing in this category of patients. **Conclusion.** The functional status of RM depends on the severity of CAP, but also on MSM, which indicates the important role of the muscle component in providing pulmonary ventilation. The use of adjustable expiratory and inspiratory resistance tests is a useful tool for assessing the completeness of the strength recovery of the RM after having CAP.

*Key words:* functional status of respiratory muscles, strength of respiratory muscles, pulmonary ventilation, young people, community-acquired pneumonia.

Внебольничная пневмония (ВП) – одно из наиболее распространенных заболеваний и ведущая причина смерти от инфекционных болезней [1]. Смертность взрослого населения в мире от ВП занимает 6 место среди всех причин смерти, а среди болезней органов дыхания этот показатель составляет около 50% [2]. При этом летальность от тяжелых форм ВП в различных возрастных группах варьирует от 25 до 58% [3]. В повседневной клинической практике стратификация тяжести ВП осуществляется на основе клинических рекомендаций, в которых представлены шкалы и алгоритмы верификации неблагоприятного прогноза развития заболевания (PORT/PSI, CURB/CRB-65, SMART-COP/SMART-CO) [2]. Верификация клинико-функционального статуса больных в этих случаях проводится по результатам стандартных инструментальных и лабораторных исследований, уточняющих терапевтическую стратегию для конкретных пациентов. Вместе с тем, в ряде работ подчеркивается, что совершенствование прогностических технологий в клинической медицине связано с расширением спектра диагностических инструментов, повышающих эффективность риск-стратификации больных [3]. К одним из таких инструментов можно отнести исследование силы дыхательных мышц (ДМ). ДМ являются моторным аппаратом респираторной системы, который обеспечивает альвеолярную вентиляцию в соответствии с текущими запросами организма, а сила ДМ относится к основным индикаторам их функционального состояния [4]. Показано, в частности, что оценка силы ДМ существенно дополняет клинико-функциональную характеристику больных с различными вариантами хронической бронхиальной обструкции, альвеолярного воспаления, а предиктивный потенциал силовых индикаторов доказан при стратификации тяжести легочной патологии, моделировании рисков развития кардиоваскулярных событий и послеоперационных осложнений [5, 6]. Предполагается, что комплексное исследование респираторных функций с учетом эффекторного звена регуляции дыхания позволяет детализировать функциональный статус больных ВП в динамике забо-

левания и оценить полноту его восстановления у реконвалесцентов.

Цель исследования состояла в оценке силы ДМ у лиц молодого возраста с ВП различной степени тяжести и полноты ее восстановления в период реконвалесценции.

#### Материалы и методы исследования

В исследование было включено 104 мужчины в возрасте 18-23 года (средний возраст  $19,4 \pm 0,8$  лет), находившихся на стационарном лечении в пульмонологических отделениях ФГКУ «439 Военный Госпиталь» и ФГКУ «1477 Военно-морской клинический госпиталь» МО РФ. Диагноз нетяжелой (НВП) и тяжелой ВП (ТВП) во всех случаях устанавливали по результатам клинико-рентгенологических, микробиологических и лабораторных исследований с учетом рекомендаций Российского респираторного общества [2]. Лечение проводилось в соответствии с общепринятыми стандартами, а средние сроки госпитализации составили  $14,6 \pm 0,7$  дней. Этиологическая структура ВП была следующей: *Streptococcus pneumoniae* – 64%, *Haemophilus influenzae* – 23%, *Mycoplasma pneumoniae* – 7%, *Ch. Pneumoniae* – 6%.

НВП диагностирована у 78 (75%) больных, ТВП – у 26 (25%). Для больных НВП было характерным наличие преимущественно односторонней субсегментарной воспалительной инфильтрации легочной ткани. У больных ТВП фиксировали наличие полисегментарных, долевых или бидолевых инфильтратов в одном или обоих лёгких. Контрольную группу составили 45 здоровых добровольцев того же возраста и пола. Исследование проводили после подписания участниками информированного согласия. Его дизайн был одобрен Этическим комитетом Школы биомедицины Дальневосточного федерального университета.

У всех обследуемых регистрировали антропометрические показатели: рост, массу тела, окружности грудной клетки, плеча, предплечья, бедра и голени. Средняя толщина кожно-жировых складок измерялась в 9 стандартных точках с помощью электронного цифрового калипера КЭЦ-100 (АО «Тулиновский приборостроительный завод», Россия). Используя эти

данные, рассчитывали индекс массы тела (ИМТ) и абсолютную массу скелетной мускулатуры (МСМ) по формуле Й.Матейки [7]. Определяли отношение величины МСМ к общей массе тела (ОМТ), выраженное в процентах. Регистрация силовых характеристик ДМ у пациентов выполнялась на аппарате MicroRPM (CareFusion, Великобритания) в динамике заболевания: при поступлении и перед выпиской из стационара. Измерение силы ДМ осуществляли путем регистрации максимальных статичных давлений на уровне полости рта и носа при «закрытых» дыхательных путях на аппарате MicroRPM («CareFusion», Великобритания) на 1-3 день заболевания и перед выпиской из стационара. Определяли максимальное инспираторное (MIP – Maximum Inspiratory Pressure), максимальное экспираторное (MEP – Maximum Expiratory Pressure) и интраназальное (SNIP – Sniff Nasal Inspiratory Pressure) давление. MIP и SNIP характеризуют силу инспираторных ДМ, а MEP – экспираторных. Тесная корреляция SNIP со значениями трансдиафрагмального давления позволяет относить данный показатель к маркерам функциональной активности диафрагмы [8]. С помощью дополнительного программного обеспечения PUMA (Micro Medical, Великобритания) определяли максимальную скорость подъема экспираторного и инспираторного давлений в ротовой полости (Maximal Rate of Pressure Development — MRPD<sub>выд</sub> и MRPD<sub>вд</sub>). Измерение показателей ДМ у обследуемых проводилось в положении сидя после 5-кратного выполнения дыхательных маневров. При этом фиксировалась попытка с максимальным результатом. Должные величины для MEP, MIP и SNIP вычисляли, используя ранее разработанную модель [8].

Степень утомления ДМ исследовали посредством проведения нагрузочных проб на побудительных спирометрах с регулируемым экспираторным и инспираторным сопротивлением TheraPEP и Coach 2 (Smiths Medical, Великобритания). Определяли исходные уровни MEP, MIP и SNIP с последующим предъявлением экспираторной (20 см вод. ст.) и инспираторной (10 см вод. ст.) нагрузки на ДМ в течение 10 последовательных дыхательных циклов и повторной регистрацией указанных показателей. Индекс утомления (ИУ) ДМ рассчитывали, как отношение разности силы ДМ до и после нагрузки к исходному показателю, выраженное в процентах [9]. Расчет ИУ проводился отдельно для экспираторных мышц по показателю MEP и для инспираторных – по MIP. Отдельно вычисляли ИУ для диафрагмы по показателю SNIP. Каждая нагрузочная проба проводилась трижды, с периодом отдыха между попытками в 2-3 минуты. Для анализа использовали средние значения измеренных показателей.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Excel 2016 (Microsoft Corporation, США). Использовали описательный и сравнительный анализ количественных переменных. Достоверность различий оценивали по t-критерию

Стьюдента. Статистически значимыми считали отличия при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

Показатели силы ДМ у лиц молодого возраста с ВП в различные периоды заболевания отличались вариативностью, что иллюстрировалось широким диапазоном размаха между максимальными и минимальными значениями измеренных показателей. Средние значения силовых характеристик ДМ у больных ТВП по сравнению с НВП смещались в сторону более низких величин, что было наиболее заметным в разгар заболевания (табл. 1). В этот период отклонения фактически измеренных величин от должных составляли для MEP, MIP, SNIP, соответственно, 83,8, 75,6 и 78,5% при НВП, и 68,3, 68,1 и 71,3% – при ТВП. Полученные данные свидетельствуют о том, что даже НВП провоцирует развитие дисфункции ДМ, которая в нашем исследовании проявлялась относительно равномерным снижением кинетической энергии экспираторного и инспираторного воздушных потоков. У больных ТВП снижение силы экспираторных ДМ было более выраженным, чем инспираторных. Это иллюстрировалось сокращением абсолютных значений MEP по отношению к контролю в 2 раза, а MIP – в 1,4 раза. При этом ограничение сократительной функции диафрагмы было менее заметным (в 1,3 раза). При ТВП наиболее выраженным было снижение максимальной скорости подъема экспираторного давления в ротовой полости (в 2,2 раза). Это указывало на высокую информативность данного показателя в оценке сократительного потенциала ДМ, обеспечивающих генерацию экспираторного усилия при «закрытых» дыхательных путях.

У реконвалесцентов ВП сохранялись признаки дисфункции ДМ, наиболее заметные после перенесенной ТВП. В этой группе обследованных абсолютные значения MEP и MIP были ниже показателей контроля в 1,6 и 1,25 раза, соответственно. При этом уровень SNIP при НВП достигал референсного диапазона, а при ТВП он был ниже его. У реконвалесцентов после ТВП показатели MRPD<sub>вд</sub> и MRPD<sub>выд</sub> были ниже контроля в 1,4 и 1,7 раза, соответственно, что свидетельствует о сохраняющемся ограничении сократительной функции ДМ.

Анализ силы ДМ у здоровых и больных ВП с различной МСМ выявил определенные отличия в группах сравнения, указывающие на важную роль мышечного компонента в обеспечении респираторных функций (табл. 2). Так, у лиц контрольной группы с отношением МСМ/ОМТ менее 35% и более 40% достоверные различия силовых индикаторов имели место по всем измеренным параметрам за исключением SNIP. Среди здоровых молодых людей с минимальным и максимальным объемом МСМ расхождения анализируемых показателей для MEP, MIP, MRPD<sub>вд</sub> и MRPD<sub>выд</sub> составили 27, 39, 77 и 26%, соответственно. В разгар ВП

у больных различия показателей МЕР и МІР в аналогичных группах сравнения были менее заметными (14 и 30%, соответственно), а для МRPДвд и МRPДвыд они соответствовали уровню расхождений у здоровых лиц (80 и 29%, соответственно). Полученные результаты свидетельствуют о том, что индикаторы силы ДМ достаточно тесно ассоциированы с показателем МСМ, что дополняет характеристику эффекторного компонента респираторной системы. Необходимо также отметить, что меньшая степень расхождений показате-

лей МЕР и МІР у больных ВП с различной МСМ по отношению к здоровым лицам может объясняться исходным снижением их уровня в разгар заболевания, в том числе за счет ограничения амплитуды сокращения ДМ в результате вовлечения в воспалительный процесс плевры. Плеврогенный фактор может вызывать болевые ощущения при выполнении испытываемыми дыхательных маневров в процессе измерения силы ДМ, что имело место почти у трети больных в разгар ВП.

Таблица 1

Показатели силы ДМ у больных ВП различной степени тяжести (M±m)

Показатели силы ДМ	Здоровые лица (n=45)	Больные НВП (n=78)	Больные ТВП (n=26)	Реконвалесценты (n=104)
МЕР, см вод. ст.	133,7±4,8	78,6±5,1*	65,7±3,7*	<u>104,3±4,2*</u> 84,5±3,3*Δ
МЕР, % от должного	106,8±2,1	82,8±3,1*	68,3±2,4*Δ	<u>88,5±3,8</u> 75,7±5,1*
МІР, см вод. ст.	94,8±3,9	84,5±4,3	67,4±4,1*Δ	<u>88,4±6,2</u> 75,7±3,7*
МІР, % от должного	98,5±3,7	78,6±5,2*	68,1±2,8*	<u>83,7±4,5</u> 74,2±6,1*
SNIP, см вод. ст.	95,6±3,8	78,6±4,2	73,2±3,3*	<u>85,3±5,3</u> 77,4±2,8*
SNIP, % от должного	98,4±3,1	78,5±3,2*	75,3±2,1*	<u>79,6±5,9</u> 72,8±3,7*
MRPDвд, см вод. ст./с	464,6±34,1	377,5±36,2	272,4±11,2*	<u>392,8±18,6</u> 314±14,2*
MRPDвыд, см вод. ст./с	662,2±52,4	316,5±21,7*	301,5±19,8*	<u>487±17,3*</u> 378,4±11,4*Δ

Примечание: \* – достоверность различий (p<0,05) по отношению к здоровым лицам; Δ – достоверность различий (p<0,05) между больными НВП и ТВП; в числителе – реконвалесценты НВП, в знаменателе – реконвалесценты ТВП.

Таблица 2

Показатели силы ДМ у здоровых и больных ВП с различной массой скелетной мускулатуры (M±m)

Группы	МСМ/ОМТ, %	Показатели силы ДМ				
		МЕР, см вод. ст.	МІР, см вод. ст.	SNIP, см вод. ст.	MRPDвд, см вод. ст./с	MRPDвыд, см вод. ст./с
Здоровые лица	<35% (n=13)	108,3±4,7	87,4±3,5	90,3±4,6	352,6±24,2	594,8±47,3
	35-40% (n=15)	125,2±8,3	94,2±7,1	89,4±3,8	412,4±38,6	612,4±37,8
	>40% (n=17)	138,6±6,5Δ	121,2±5,7Δ	98,6±4,7	624,3±28,4Δ	748,7±46,5Δ
Больные ВП	<35% (n=27)	<u>76,2±3,7*</u> 88,4±4,2*	<u>65,3±2,7*</u> 72,2±2,4*	<u>64,2±3,2*</u> 84,4±4,3	<u>215,2±14,3*</u> 317,8±19,6	<u>237,4±17,6*</u> 412,7±20,7*
	35-40% (n=41)	<u>80,4±5,3*</u> 115,8±6,8	<u>78,4±3,6*</u> 92,6±5,4	<u>71,3±5,2*</u> 93,2±3,8	<u>312,6±17,4*</u> 384,5±21,2	<u>317,4±15,6*</u> 518,4±28,3
	>40% (n=36)	<u>87,3±5,7*</u> 127±8,1	<u>85,4±4,2*</u> 117,2	<u>73,5±4,1*</u> 94,8±3,7	<u>387,4±24,5*</u> 527,5±33,4	<u>305,5±18,7*</u> 734,3±27,8

Примечание: в числителе – показатели силы ДМ в разгар заболевания, знаменателе – перед выпиской; \* – обозначена достоверность различий (p<0,05) по отношению к здоровым лицам с аналогичным отношением МСМ/ОМТ; Δ – достоверность различий (p<0,05) между здоровыми по отношению к группе с МСМ/ОМТ <35%.



Для более точной оценки функционального статуса ДМ у реконвалесцентов использовали тесты с добавочной экспираторной и инспираторной нагрузкой (табл. 3). Результаты исследования показали, что у лиц контрольной группы ИУ ДМ был минимальным и варьировал для отдельных показателей от 0,6 до 1,4%. Сопоставление этих данных в отдельных группах здоровых молодых людей свидетельствовало о том, что резистивная нагрузка умеренной интенсивности не приводит к утомлению экспираторных и инспираторных ДМ, а показатель ИУ существенно не зависит от МСМ. При этом ИУ инспираторных ДМ, включая диафрагму, был ниже, чем экспираторных, что указывало на их более высокую толерантность к предъявляемым воздействиям. У реконвалесцентов с МСМ <35% от ОМТ отмечен максимальный уровень ИУ, что свидетельствовало о значительном снижении толерантности ДМ различной функциональной принадлежности к

респираторным нагрузкам.

По мере увеличения МСМ у реконвалесцентов зафиксировано снижение ИУ, что демонстрировало возрастающую устойчивость ДМ к резистивному дыханию. При сопоставлении результатов измерения силы ДМ у здоровых и реконвалесцентов с МСМ <35% было установлено, что у последних значения ИУ экспираторных и инспираторных ДМ увеличивались в 8,5, 12, и 7 раз, а в группах с МСМ >40% в 4, 9 и 3 раза, соответственно. Необходимо отметить, что выраженность утомления ДМ в нашем исследовании не зависела от тяжести, перенесенной ВП и ее этиологии.

Анализ научной литературы показал, что роль ДМ в патогенезе ВП до конца не изучена. Отмечено, в частности, что снижение пиковой скорости выдоха в разгар ВП связано не с повышением бронхиального сопротивления экспираторному потоку воздуха, а с дисфункцией ДМ [10].

Таблица 3

Индекс утомления ДМ у здоровых и реконвалесцентов ВП в зависимости от МСМ, %

Группы	МСМ/ОМС, %	Показатели, %		
		ИУ экспираторных ДМ	ИУ инспираторных ДМ	ИУ диафрагмы
Здоровые лица (n=45)	<35% (n=13)	1,4	0,9	1
	35-40% (n=15)	1,3	0,6	0,65
	>40% (n=17)	1,2	0,85	0,7
Реконвалесценты (n=104)	<35% (n=27)	12	11	7
	35-40% (n=41)	8	8	7
	>40% (n=36)	6	4	3

Доказано патофизиологическое значение эндогенной интоксикации в развитии дисфункции ДМ при альвеолярном воспалении [11, 12]. Ее формирование в этих случаях связано с воздействием на ДМ системных факторов острого воспаления, в том числе продуктов оксидативного стресса, избыточного протеолиза, бактериальных токсинов, провоспалительных цитокинов и других медиаторов воспаления, ухудшающих эффективность работы респираторных миофибрилл. В ранее проведенном исследовании установлено, что при ВП даже эндогенная интоксикация легкой степени способна вызывать ограничение сократительной функции ДМ [13]. В условиях резистивного дыхания усиленно сокращающиеся миоциты способны трансформироваться в метаболический плацдарм, продуцирующий спектр провоспалительных цитокинов [12, 13]. При этом сопротивление дыханию рассматривается как «иммунный вызов» организму с избыточным синтезом медиаторов воспаления. Установлено, что утомление ДМ может развиваться и у здоровых лиц при интенсивных респираторных мышечных нагрузках [14]. Результаты проведенного исследования позволяют предположить, что системные проявления локального

воспалительного процесса в легочной ткани сохраняются и в период его разрешения. Это иллюстрируется результатами тестирования силы ДМ с использованием нагрузочных тестов у реконвалесцентов.

### Выводы

1. У лиц молодого возраста в разгар ВП развивается дисфункция ДМ, выраженность которой более заметна при тяжелом течении заболевания.
2. Функциональный статус ДМ зависит не только от тяжести ВП, но и от массы скелетной мускулатуры, что указывает на важную роль мышечного компонента в обеспечении легочной вентиляции.
3. У реконвалесцентов силовые показатели ДМ не достигают референсных значений. Использование экспираторных и инспираторных резистивных нагрузок является полезным инструментом для оценки полноты восстановления респираторной системы после перенесенного заболевания.

### Источники финансирования

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-

03131.

#### **Funding Sources**

The study was supported by RFBR (project No. 18-29-03131).

#### **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**

1. Инфекционная заболеваемость в Российской Федерации. URL: <http://www.rosпотrebnadzor.ru>
2. Чучалин А.Г., Синопальников А.И., Козлов Р.С., Авдеев С.Н., Тюрин И.Е., Руднов В.А., Рачина С.А., Фесенко О.В. Российское респираторное общество (РРО). Межрегиональная ассоциация по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии (МАКМАХ). Клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике тяжелой внебольничной пневмонии у взрослых // Пульмонология. 2014. №4. С.13–48. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2014-0-4-13-48>
3. Постникова Л.Б., Клишкин П.Ф., Болдина М.В., Гудим А.Л., Кубышева Н.И. Фатальная тяжелая внебольничная пневмония: факторы риска, особенности течения и ошибки ведения пациентов в условиях стационара // Терапевтический архив. 2020. Т.92, №3. С.42–49. doi: 10.26442/00403660.2020.03.000538
4. Александрова Н. П., Бреслав И. С. Дыхательные мышцы человека: три уровня управления // Физиология человека. 2009. Т.35. №2. С.103–111.
5. Кожанов А.Г., Копяев В.А., Гельцер Б.И. Оценка силы дыхательных мышц в ранние сроки после торакальных вмешательств // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2020. Вып.75. С.32–39. <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2020-75-32-39>
6. Pedersen B.K., Febbraio M.A. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ // Nat. Rev. Endocrinol. 2012. Vol.8, №8. P.457–465. doi: 10.1038/nrendo.2012.49
7. Щанкин А.А. Связь конституции человека с физиологическими функциями. М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. 105 с.
8. Гельцер Б.И., Шахгельдян К.И., Курпатов И.Г., Котельников В.Н. Результаты моделирования должных величин силы дыхательных мышц на основе метода искусственных нейронных сетей // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. 2018. Т.104. №9. С.1065–1074. <https://doi.org/10.7868/S0869813918090058>
9. 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.
10. Тетенов Ф.Ф., Агеева Т.С., Даниленко В.Ю., Дубаков А.В., Дубоделова А.В. Проходимость бронхов при внебольничной пневмонии // Терапевтический архив. 2007. Т.79, №3. С.48–52.
11. Гельцер Б.И., Дей А.А., Титоренко И.Н., Котельников В.Н. Сравнительный анализ силы дыхательных мышц при внебольничной пневмонии с различной тяжестью эндогенной интоксикации // Терапевтический архив. 2020. Т.92, №3. С.19–24. doi: 10.26442/00403660.2020.03.000372
12. Калинина Е.П., Гельцер Б.И., Дей А.А., Денисенко Ю.К., Новгородцева Т.П. Оценка взаимосвязей индикаторов оксидантно-антиоксидантной системы и силы дыхательных мышц при внебольничной пневмонии // Туберкулез и болезни легких. 2020. Т.98. №3. С.45–51. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2020-98-3-45-51>
13. Капилевич Л.В., Кабачкова А.В., Захарова А.Н., Лалаева Г.С., Кироненко Т.А., Дьякова Е.Ю., Орлов С.Н. Секреторная функция скелетных мышц: механизмы продукции и физиологические эффекты миокинов // Успехи физиологических наук. 2016. Т.47, №2. С.7–26.
14. Сегизбаева М.О., Александрова Н.П. Оценка функционального состояния дыхательных мышц: методические аспекты и интерпретация данных // Физиология человека. 2019. Т.45, №2. С.115–127. doi: 10.1134/S0131164619010120

### **REFERENCES**

1. Infectious morbidity in the Russian Federation. Available at: <http://www.rosпотrebnadzor.ru> (in Russian).
2. Chuchalin A.G., Sinopal'nikov A.I., Kozlov R.S., Avdeev S.N., Tyurin I.E., Rudnov V.A., Rachina S.A., Fesenko O.V. Russian Respiratory Society. Interregional association on clinical microbiology and antimicrobial chemotherapy. Clinical guidelines on diagnosis, treatment and prevention of severe community-acquired pneumonia in adults. *Pulmonologiya* 2014; (4):13–48 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2014-0-4-13-48>
3. Postnikova L.B., Klimkin P.F., Boldina M.V., Gudim A.L., Kubysheva N.I. Fatal severe community-acquired pneumonia: risk factors, clinical characteristics and medical errors of hospital patients. *Ter. Arkh.* 2020; 92(3):42–49 (in Russian). doi: 10.26442 / 00403660.2020.03.000538
4. Aleksandrova N.P., Breslav I.S. Human respiratory muscle: three levels of control. *Human physiology* 2009;

35(2):222–229. doi: 10.1134/s0362119709020133

5. Kozhanov A.G., Kopaev V.A., Gelzer B.I. Assessment of respiratory muscle strength in the early stages after thoracic interventions. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2020; (75):32–39 (in Russian). <https://doi.org/10.36604/1998-5029-2020-75-32-39>

6. Pedersen B.K., Febbraio M.A. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2012; 8(8):457–465. doi: 10.1038/nrendo.2012.49

7. Shchankin A.A. The relationship of the human constitution with physiological functions. Moscow-Berlin: Direct Media; 2015 (in Russian).

8. Geltzer B.I., Shakhgelyan K.I., Kurpatov I.G., Kotelnikov V.N. The results of modeling the proper strengths of the respiratory muscles based on the method of artificial neural networks. *Russian Journal of Physiology* 2018; 104(9):1065–1074 (in Russian). <https://doi.org/10.7868/S0869813918090058>

9. Geltzer 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).

10. Tetenev F.F., Ageeva T.S., Danilenko V.Yu., Dubakov A.V., Dubodelova A.V. Bronchial capacity in community pneumonia. *Ter. Arkh.* 2007; 79(3):48–52 (in Russian).

11. Geltzer B.I., Dej A.A., Titorenko I.N., Kotelnikov V.N. Comparative analysis of the strength of the respiratory muscles in community-acquired pneumonia with different severity of endogenous intoxication. *Ter. Arkh.* 2020; 92(3):19–24 (in Russian). doi: 10.26442 / 00403660.2020.03.000372

12. Kalinina E.P., Geltzer B.I., Dey A.A., Denisenko Y.K., Novgorodtseva T.P. Evaluation of relationships between indicators of the oxidative-antioxidative system and force of respiratory muscles in the case of community-acquired pneumonia. *Tuberculosis and Lung Diseases* 2020; 98(3):45–51 (in Russian). <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2020-98-3-45-51>

13. Kapilevich L.V., Kabachkova A.V., Zakharova A.N., Lalaeva G.S., Kironenko T.A., Dyakova E.Yu., Orlov S.N. Secretory function of skeletal muscle: production mechanisms and myokines physiological effect. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk* 2016; 47(2):7–26 (in Russian).

14. Segizbaeva M.O., Aleksandrova N.P. Assessment of the functional state of respiratory muscles: methodological aspects and data interpretation. *Human physiology* 2019; 45(2):213–224. doi: 10.1134/S0362119719010110

---

**Информация об авторах:**

**Александра Анатольевна Дей**, аспирант департамента клинической медицины, Школа биомедицины, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2626-412X>; e-mail: phdmd@yandex.ru

**Алексей Геннадьевич Кожанов**, аспирант департамента клинической медицины, Школа Биомедицины, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4667-5444>; e-mail: kozhanov.ag@dvfu.ru

**Борис Израйлевич Гельцер**, д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор департамента клинической медицины ДВФУ, Школа Биомедицины, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9250-557X>; e-mail: Boris.Geltser@vvsu.ru

---

**Author information:**

**Alexandra A. Dei**, MD, Postgraduate student of Department of Clinical Medicine, School of Biomedicine, Far Eastern Federal University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2626-412X>; e-mail: phdmd@yandex.ru

**Aleksei G. Kozhanov**, MD, Postgraduate student of Department of Clinical Medicine, School of Biomedicine, Far Eastern Federal University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4667-5444>; e-mail: kozhanov.ag@dvfu.ru

**Boris I. Geltser**, MD, PhD, D.Sc. (Med.), Professor, Corresponding member of RAS, Director of the Department of Clinical Medicine FEPU, School of Biomedicine, Far Eastern Federal University; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9250-557X>; e-mail: Boris.Geltser@vvsu.ru

---

Поступила 11.06.2020  
Принята к печати 26.06.2020

---

Received June 11, 2020  
Accepted June 26, 2020