

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОЙ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ В КОМПЛЕКСЕ МЕТОДОВ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ КОРОНАВИРУСНУЮ ПНЕВМОНИЮ

<sup>1</sup> Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна (Россия, Москва, ул. Живописная, д. 46);

<sup>2</sup> 12-й Центральный научно-исследовательский институт Минобороны России (Россия, г. Сергиев Посад, ул. Весенняя, д. 2Б);

<sup>3</sup> Санаторно-курортный комплекс «Приволжский» Минобороны России (Россия, г. Самара, Просека 7-я, д. 1)

**Введение.** В условиях непрекращающейся пандемии новой коронавирусной инфекции разработка и применение на практике новых методов медицинской (легочной) реабилитации пациентов является актуальной научно-практической задачей.

**Цель** – оценка эффективности и обоснование возможности использования новой физиотерапевтической технологии на основе биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты в комплексной медицинской реабилитации пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию.

**Методология.** Проведено рандомизированное контролируемое открытое параллельное клиническое исследование, в котором приняли участие 28 пациентов, проходивших медицинскую реабилитацию после перенесенной коронавирусной пневмонии.

**Результаты и их анализ.** По достоверным различиям изменений в показателях внешнего дыхания, психологического статуса и выраженности посттравматических стрессовых расстройств у пациентов основной и контрольной группы до и после курса реабилитационных мероприятий установлено, что применение биоакустической стимуляции дыхательной системы в комплексе реабилитационных мероприятий значительно повышает эффективность медицинской реабилитации пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию.

**Заключение.** Биоакустическая стимуляция дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты может быть рекомендована в качестве эффективного физического метода для включения в комплексную медицинскую реабилитацию пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию.

**Ключевые слова:** медицинская реабилитация, коронавирусная пневмония, функциональное состояние, биоакустическая стимуляция, посттравматическое стрессовое расстройство, когнитивные возможности.

### Введение

В условиях непрекращающейся пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19) одной из важнейших задач, стоящих перед здравоохранением, является проведение эффективной реабилитации большого количества пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию (COVID-пневмонию) – наиболее распространенного клинического проявления COVID-19, представляющую собой особый вид вирусного поражения легких, характеризующийся вовлечением в патологический

процесс интерстициальной ткани легких, альвеолярных стенок и сосудов [1]. Мероприятия по этапной медицинской реабилитации указанных пациентов, начиная со стационара, имеют решающее значение для оптимизации результатов неотложной и специализированной медицинской помощи при COVID-19 и в основном проводятся с целью восстановления функций внешнего дыхания, транспорта и утилизации кислорода тканями, органами и системами, восстановления толерантности к нагрузкам, эмоциональной

✉ Голобородько Евгений Владимирович – канд. мед. наук, зав. науч.-орг. отд. – учен. секретарь, Гос. науч. центр РФ – Федер. мед. биофизич. центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России (Россия, 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46), e-mail: evgeny.goloborodko@gmail.com;

Брагин Михаил Александрович – мл. науч. сотр., Гос. науч. центр РФ – Федер. мед. биофизич. центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России (Россия, 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46), e-mail: mishaman90@mail.ru;

Ерофеев Геннадий Григорьевич – канд. мед. наук, ст. науч. сотр., 12-й Центр. науч.-исслед. ин-т Минобороны России (Россия, 141307, г. Сергиев Посад, ул. Весенняя, д. 2Б), e-mail: yerofeyevgg@rambler.ru;

Сухинин Алексей Владимирович – нач. санаторно-курортного комплекса «Приволжский» Минобороны России (Россия, 443029, г. Самара, Просека 7-я, д. 1), e-mail: a.suhinin78@yandex.ru

стабильности, повседневной активности и участия. При этом значимым для достижения указанной цели, как показала практика, является проведение II этапа медицинской реабилитации в амбулаторных и санаторно-курортных условиях непосредственно после лечения пациентов с COVID-пневмонией в стационаре [12, 13].

В настоящее время разработаны и внедрены в клиническую практику различные программы указанного II этапа реабилитации пациентов с постковидным синдромом, включающие методы и средства, в том числе на основе преформированных лечебных физических факторов, обладающие доказанной эффективностью [8, 9]. В то же время, несмотря на отмеченную рядом исследователей высокую эффективность указанных реабилитационных мероприятий, проведение качественных рандомизированных контролируемых клинических исследований по оценке новых физических методов реабилитации пациентов после COVID-пневмонии является актуальной задачей в области восстановительной медицины [10, 15].

Следует отметить, что частными задачами реабилитации органов дыхания (легочной реабилитации) при COVID-19, в том числе у пациентов после COVID-пневмонии, решаемыми в ходе II этапа медицинской реабилитации, являются улучшение бронхиальной проводимости и равномерности вентиляции легких, устранение диссоциации между альвеолярной вентиляцией и легочным кровотоком, предотвращение раннего экспираторного закрытия дыхательных путей, экономизация работы дыхательных мышц через усиление их мощности и содружественности [3, 6, 7].

Методом, который, исходя из результатов его использования в спортивной медицине, может позволить решить часть ранее указанных задач медицинской реабилитации пациентов после COVID-пневмонии, является метод биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты (БСДС) [5], основанный на биологических эффектах взаимодействия высокоинтенсивной звуковой волны с респираторным трактом человека на индивидуально подобранных резонансных частотах [2]. При реализации этого метода воздействие высокоинтенсивных звуков низкой тональной частоты приводит к открытию резервных альвеол, уменьшению тонуса гладких мышц дыхательных бронхиол и, как следствие, увеличению площади их поперечного сечения,

т.е., в конечном итоге, к увеличению жизненной емкости легких, улучшению газообмена и, соответственно, к повышению функциональных резервов дыхательной системы организма человека.

Исходя из этого, а также из указанных выше проявлений нарушения дыхательной функции у пациентов при COVID-пневмонии и решаемых при этом реабилитационных задач, было выдвинуто предположение, что применение БСДС в качестве одного из методов медицинской реабилитации пациентов после COVID-пневмонии позволит у данных пациентов увеличить жизненную емкость легких и, как следствие, улучшить газообмен в легких и повысить толерантность организма к физическим нагрузкам, а также улучшить эмоциональное состояние, снизить выраженность посттравматических стрессовых расстройств.

В связи с этим целью исследования явилось изучение влияния БСДС – новой физиотерапевтической технологии – на динамику функциональных показателей системы дыхания, а также показателей психологического и соматического состояний, выраженности посттравматических стрессовых расстройств и когнитивных возможностей у пациентов, перенесших COVID-19, и оценка эффективности и обоснование возможности использования указанного метода в комплексной медицинской реабилитации.

### Материал и методы

Обследовали 28 пациентов, находившихся сразу после выписки из стационара на медицинской реабилитации в санаторно-курортном учреждении после перенесенной COVID-19 средней–тяжелой степени тяжести, осложненной внебольничной двусторонней полисегментарной пневмонией (COVID-пневмонией) средней–тяжелой степени тяжести. При этом критериями включения в исследование являлись:

- информированное согласие пациента на участие в исследовании;
- возраст пациентов от 40 до 65 лет;
- объективно установленный пациентам в стационаре диагноз COVID-пневмонии средней–тяжелой степени тяжести;
- проведение пациентам учреждения одинакового перечня реабилитационных мероприятий, назначаемых врачом в соответствии с временными методическими рекомендациями «Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» [4].

Пациентов случайным образом разделили на 2 группы:

1-я – 20 пациентов (16 женщин и 4 мужчины), средний возраст – (54,1 ± 2,4) года;

2-я (контрольная) – 8 пациентов (4 мужчины и 4 женщины), средний возраст – (55,5 ± 4,1) года.

Пациентам 1-й группы в дополнение к проводимым в течение 14 дней рекомендованным реабилитационным мероприятиям (физиотерапевтические процедуры, лечебная физкультура и др.) провели 5 сеансов БСДС через день, начиная со 2–3-го дня пребывания в санаторно-курортном учреждении. Каждый сеанс включал по 5 процедур стимуляции длительностью 1,5 мин с интервалом между ними 30 с. Стимуляцию осуществляли при длительности фазы вдоха/выдоха (Tf) 3 с в диапазоне частот 23–38 Гц при амплитуде полигармонического звукового сигнала, составлявшей 70% от максимального уровня стимулирующего звукового давления, равного 130 дБ (63,2 Па). БСДС проводили с использованием специализированной акустической системы, представленной в виде аппаратно-программного комплекса [14]. Пациентам 2-й группы реабилитационные мероприятия проводили в установленном порядке (без БСДС).

В процессе проведения курса БСДС у пациентов 1-й группы непосредственно до и после каждого сеанса определяли сатурацию кислорода (SaO<sub>2</sub>) при помощи пульсоксиметра медицинского «Armed УХ300», форсированные показатели внешнего дыхания ОФВ1 (объем 1-го секундного форсированного выдоха) и ФЖЕЛ (форсированная жизненная емкость легких) при помощи спиротеста «УСПЦ-01», а также по шкале от 0 до 10 баллов (где 5 баллов – нейтрально) пациенты давали субъективную оценку эффективности процедуры.

До и после проведенного курса (5 сеансов по 5 процедур) БСДС (по окончании курса реабилитационных мероприятий в целом) у пациентов 1-й группы при помощи электронного медицинского спирометра «MicroLoop» оценивали показатели системы дыхания; при помощи АПК «Диамед-МБС» – психическое и соматическое состояние функциональных резервов организма [11]; по показателям скорости сложения простых цифр – когнитивные возможности.

Исходя из того, что у многих переболевших COVID-19 может развиваться посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) и формироваться затяжное психическое расстройство в виде «коронавирусного синдро-

ма», у пациентов 1-й группы до и после реабилитации оценивали выраженность ПТСР по Миссисипской шкале (гражданский вариант). Аналогичные исследования проводили также у пациентов 2-й группы до и по окончании реабилитационных мероприятий (перед выпиской из санаторно-курортного учреждения).

Статистическую обработку данных проводили с применением программы Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Сравнение оцениваемых показателей у пациентов до и после курса реабилитационных мероприятий проводили с применением непараметрического Т-критерия Уилкоксона для зависимых выборок.

### Результаты и их анализ

Результаты оценки сатурации кислорода, форсированных показателей внешнего дыхания и субъективной оценки пациентами основной группы эффективности процедуры в ходе курса БСДС представлены в табл. 1.

В результате проведенного исследования было установлено, что 70–80% пациентов, уже начиная с 1–2-го сеанса БСДС, субъективно отмечали облегчение дыхания («стало легче дышать», «свободнее дышится») и углубление вдоха и выдоха («больше вдыхаю и выдыхаю воздуха», «раздышалась»). Начиная с 3-го сеанса стимуляции, в среднем по группе пациентов отмечалось достоверное ( $p < 0,05$ ) по сравнению с 1-м сеансом повышение значений субъективной оценки пациентами эффективности процедуры (см. табл. 1). При этом после каждого сеанса стимуляции у пациентов в среднем по группе определялось достоверное ( $p < 0,05$ ) повышение SaO<sub>2</sub>, увеличение форсированных показателей внешнего дыхания ОФВ1 и ФЖЕЛ на 1–6 и 1–7% от должных значений соответственно. Достоверное ( $p < 0,05$ ) увеличение ОФВ1 и ФЖЕЛ в среднем по группе было определено после 2-, 4-го и 5-го сеансов БСДС. Следует отметить, что увеличение ОФВ1 и ФЖЕЛ на 3,4–12,2 и 2,3–13,9% от должных значений соответственно после 2-го сеанса БСДС наблюдалось у 13 (65%) пациентов.

Обобщенные результаты спирометрического и биоэлектрографического исследований, а также результаты оценки показателей скорости сложения простых цифр и выраженности ПТСР до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий у пациентов 1-й и 2-й группы представлены в табл. 2.

Спирометрическое исследование показало, что у пациентов 1-й группы после проведенного курса БСДС в среднем по группе

Таблица 1

Показатели внешнего дыхания и субъективной оценки эффективности БСДС у пациентов 1-й группы

Показатель	Сеанс биоакустической стимуляции									
	1-й		2-й		3-й		4-й		5-й	
	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после
SaO <sub>2</sub> , %	97,5 ± 0,3	98,6 ± 0,3*	97,0 ± 0,4	98,7 ± 0,3*	97,1 ± 0,3	98,3 ± 0,3*	97,4 ± 0,3	98,6 ± 0,2*	97,3 ± 0,3	98,7 ± 0,3*
ОФВ1, л	2,17 ± 0,14	2,13 ± 0,13*	2,07 ± 0,11	2,20 ± 0,12*	2,12 ± 0,11	2,16 ± 0,11	2,08 ± 0,11	2,11 ± 0,10	2,17 ± 0,10	2,23 ± 0,12*
ОФВ1, % от должного	71,5 ± 3,1	70,1 ± 3,1*	68,8 ± 3,3	72,4 ± 2,7*	70,1 ± 3,1	71,6 ± 2,8	68,9 ± 2,9	70,0 ± 2,6	71,2 ± 2,8	72,9 ± 3,1
ОФВ1, изменение, %	-1,4 ± 0,5		3,6 ± 1,2		1,5 ± 1,4		1,1 ± 1,1		1,8 ± 0,9	
ФЖЕЛ, л	2,36 ± 0,14	2,36 ± 0,15	2,24 ± 0,11	2,42 ± 0,12*	2,31 ± 0,12	2,40 ± 0,11	2,26 ± 0,12	2,32 ± 0,10	2,38 ± 0,11	2,44 ± 0,13
ФЖЕЛ, % от должного	61,8 ± 2,6	61,9 ± 2,9	52,6 ± 2,1	56,4 ± 1,8*	54,0 ± 2,0	56,5 ± 1,9	52,83 ± 2,0	54,4 ± 1,7*	55,3 ± 1,8	56,8 ± 2,3
ФЖЕЛ, изменение, %	0,1 ± 0,9		3,9 ± 1,2		2,5 ± 1,1		1,5 ± 0,8		1,4 ± 0,9	
Субъективная оценка процедуры, балл	5,7 ± 0,2		6,1 ± 0,3		6,1 ± 0,3**		6,3 ± 0,3**		6,9 ± 0,3**	

\* Различия по сравнению с показателями до сеанса; \*\* с данными после 3-го сеанса при p < 0,05.

достоверно (p < 0,05) увеличились показатели внешнего дыхания ЖЕЛ, ОФВ1, ПСВ (пиковая скорость выдоха) и МEF75 (максимальная скорость выдоха на 75% выдыхаемого объема). Положительные изменения указанных показателей наблюдались у 14–16 (70–80%) пациентов. Так, ЖЕЛ увеличилась с (3,1 ±

0,2) до (3,4 ± 0,2) л, ОФВ1 – с (2,3 ± 0,2) до (2,5 ± 0,2) л, ПСВ – с (329,9 ± 27,8) до (389,9 ± 26,1) мл/мин, МEF75 – с (4,83 ± 0,36) до (5,59 ± 0,35) л/с. Показатель ФЖЕЛ в среднем по группе достоверно не увеличился, хотя положительные изменения данного показателя наблюдались у 16 (80%) пациентов.

Таблица 2

Результаты обследования пациентов в группах до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий

Показатель	1-я группа		2-я (контрольная) группа	
	Период тестирования			
	до	после	до	после
Спирометрическое исследование (медицинский спирометр «MicroLoop»)				
ЖЕЛ, л	3,11 ± 0,22	3,35 ± 0,17*	3,18 ± 0,40	3,42 ± 0,44
ЖЕЛ, % от должного	91,5 ± 4,3	98,9 ± 3,5*	90,5 ± 6,7	95,5 ± 3,8
ОФВ1, л	2,27 ± 0,17	2,48 ± 0,16*	2,40 ± 0,33	2,39 ± 0,34
ОФВ1, % от должного	79,8 ± 3,4	87,9 ± 3,9*	82,4 ± 6,4	81,1 ± 4,8
ФЖЕЛ, л	2,59 ± 0,18	2,77 ± 0,19	2,58 ± 0,36	2,61 ± 0,37
ФЖЕЛ, % от должного	76,6 ± 3,2	81,8 ± 3,3	73,6 ± 6,9	73,5 ± 5,6
ПСВ, мл/мин	329,9 ± 27,8	389,9 ± 26,1*	372,5 ± 42,1	389,4 ± 61,3
ПСВ, % от должного	77,6 ± 4,6	92,1 ± 3,9*	85,4 ± 4,8	87,3 ± 6,8
MEF75, л/с	4,83 ± 0,36	5,59 ± 0,35*	5,94 ± 0,71	6,14 ± 1,08
MEF75, % от должного	78,5 ± 4,7	90,8 ± 4,5*	92,9 ± 6,5	93,9 ± 10,2
Оценка психического и соматического состояния (АПК «Диамед-МБС»)				
Физическое состояние, балл	3,3 ± 0,2	3,7 ± 0,2	3,1 ± 0,2	3,5 ± 0,2
Эмоциональное состояние, балл	3,4 ± 0,2	3,8 ± 0,2	3,4 ± 0,3	3,4 ± 0,2
Жалобы, п	19,4 ± 2,3	12,9 ± 2,0*	22,1 ± 3,5	14,3 ± 3,6*
Психический статус, усл. ед.	-16,8 ± 9,3	3,7 ± 11,7*	0,1 ± 19,2	13,1 ± 16,9
Оценка показателей скорости сложения простых цифр (когнитивный тест)				
Количество решений, п (Ч/Н)**	38,3 ± 3,3	41,5 ± 2,9*	36,6 ± 1,7	43,0 ± 2,2*
Ошибочные действия, п (Ч/Н)	2,4 ± 0,5	2,9 ± 0,9	3,6 ± 1,1	3,0 ± 1,1
Средняя скорость, мс (Ч/Н)	1791,4 ± 147,8	1581,6 ± 112,7*	1660,1 ± 76,2	1422,5 ± 71,4*
Коэффициент надежности, усл. ед. (Ч/Н)	0,47 ± 0,03	0,50 ± 0,03*	0,44 ± 0,03	0,50 ± 0,03*
Оценка выраженности ПТСР (Миссисипская шкала, гражданский вариант)				
Выраженность ПТСР, балл	80,8 ± 3,6	76,6 ± 3,8*	75,0 ± 3,6	76,1 ± 4,7

\*При сравнении показателей до тестирования; \*\* данных теста сложения простых цифр с четным и нечетным результатом (Ч/Н) при p < 0,05.

Оценка психического и соматического состояния на АПК «Диамед-МБС» показала, что у пациентов 1-й группы по сравнению с исходным уровнем (непосредственно перед 1-м сеансом БСДС) достоверно уменьшилось количество жалоб и улучшился психический статус ( $p < 0,05$ ), а также наблюдалась тенденция оптимизации физического и эмоционального состояния. Указанные изменения наблюдались у 13–20 (45–75%) пациентов из группы.

По Миссисипской шкале у пациентов 1-й группы отмечалось достоверное уменьшение выраженности ПТСР с ( $80,8 \pm 3,6$ ) до ( $76,6 \pm 3,8$ ) балла ( $p < 0,05$ ) после курса БСДС и, в целом, проведенной медицинской реабилитации. Данные значения примерно соответствуют показателям у пожарных – ( $73,8 \pm 13,1$ ) балла и беженцев без ПТСР – ( $79,7 \pm 18,2$ ) балла.

У пациентов 2-й группы при оценке психосоматического состояния на АПК «Диамед-МБС» достоверно уменьшилось количество жалоб ( $p < 0,05$ ). При проведении спирометрического исследования достоверных изменений в показателях внешнего дыхания после курса реабилитационных мероприятий в среднем по группе не отмечено. При этом положительные изменения показателей внешнего дыхания наблюдались у 3–5 (38–63%) пациентов. Так, увеличение ЖЕЛ отмечено у 5 пациентов (63%), ОФВ1 – у 4 (50%), ФЖЕЛ – у 3 (38%), ПСВ – у 5 (63%), МEF75 – у 4 пациентов (50%).

Следует особо отметить, что в группах, в целом, улучшались показатели когнитивного теста на скорость сложения цифр. Так, в обеих группах после проведенных реабилитационных мероприятий, включая БСДС, по сравнению с исходным уровнем достоверно увеличилось количество решений за 1 мин ( $p < 0,05$ ), соответственно решениям (четная или нечетная сумма предъявленных цифр) достоверно уменьшилась средняя скорость их принятия ( $p < 0,05$ ), а также увеличился расчетный показатель «Коэффициент надежности» ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, в ходе проведения и по завершении комплекса реабилитационных мероприятий, включающих курс БСДС, у пациентов, перенесших COVID-пневмонию, субъективно отмечались облегчение дыхания и углубление вдоха и выдоха, улучшение общего самочувствия, а по объективным данным – статистически достоверное ( $p < 0,05$ ) повышение сатурации кислорода, увеличе-

ние показателей внешнего дыхания (жизненной емкости легких, объема 1-го секундного форсированного выдоха, пиковой скорости выдоха и мгновенной объемной скорости после выдоха 75% форсированной жизненной емкости легких), улучшение психического статуса, физического и эмоционального состояния, а также достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение выраженности ПСТР и повышение когнитивных возможностей, что соответствует цели легочной реабилитации пациентов после COVID-пневмонии – восстановление функций внешнего дыхания, транспорта и утилизации кислорода тканями, органами и системами, толерантности к нагрузкам, эмоциональной стабильности.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение БСДС в комплексе реабилитационных мероприятий позволяет более успешно решать значительную часть задач по улучшению функциональных показателей органов дыхания у пациентов после COVID-пневмонии, обеспечивая реализацию адекватного газообмена при минимальном напряжении компенсаторных механизмов.

Исходя из того, что аналогичные задачи решаются при лечении и медицинской реабилитации пациентов с другими острыми и хроническими заболеваниями легких, при которых нарушение дыхательной функции чаще всего связано с изменением механизма дыхательного акта (нарушение правильного соотношения фазы вдоха, фазы выдоха и паузы, появление поверхностного и учащенного дыхания, дискоординация дыхательных движений), что приводит к нарушению легочной вентиляции, нарушению газообмена в легких и, как следствие, к снижению толерантности организма к физическим нагрузкам, представляется возможным рекомендовать БСДС в качестве метода лечения и медицинской (пульмонологической, легочной) реабилитации пациентов с острыми и хроническими заболеваниями легких.

### **Заключение**

Таким образом, применение биоакустической стимуляции дыхательной системы значительно повышает эффективность медицинской реабилитации пациентов, перенесших COVID-пневмонию, обеспечивая облегчение дыхания и углубление вдоха и выдоха, улучшение общего самочувствия, достоверное повышение сатурации кислорода, увеличение показателей внешнего дыхания, оптимизации психического статуса, физического

и эмоционального состояния, а также достоверное снижение выраженности посттравматических стрессовых расстройств и повышение когнитивных возможностей.

Биоакустическая стимуляция дыхательной системы может быть рекомендована в качестве эффективного физического метода для включения в комплексную медицинскую реабилитацию пациентов, перенесших COVID-пневмонию, а также в программы лечения и медицинской (пульмонологической,

легочной) реабилитации больных с другими острыми и хроническими заболеваниями органов дыхания.

Полученные данные в совокупности с результатами других исследований могут послужить основой для разработки валидных клинических рекомендаций по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы в комплексе лечебных и реабилитационных мероприятий при острых и хронических заболеваниях легких.

### Литература

1. Александрова Н.П. Патогенез дыхательной недостаточности при коронавирусной болезни (COVID-19) // Интегративная физиология. 2020. № 4. С. 285–293. DOI: 10.33910/2687-1270-2020-1-4-285-293.
2. Богомолов А.В., Драган С.П., Ерофеев Г.Г. Математическая модель поглощения звука легкими при акустической стимуляции дыхательной системы // Докл. Акад. наук. 2019. Т. 487, № 1. С. 97–101. DOI: 10.31857/S0869-5652487197-101.
3. Бубнова М.Г., Персиянова-Дуброва А.Л., Лямина Н.П., Аронов Д.М. Реабилитация после новой коронавирусной инфекции (COVID-19): принципы и подходы // CardioСоматика. 2020. Т. 11, № 4. С. 6–14. DOI: 10.26442/22217185.2020.4.200570.
4. Временные методические рекомендации «Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Версия 2 (31.07.2020). М. : Минздрав России, 2020. 150 с.
5. Драган С.П., Разинкин С.М., Ерофеев Г.Г. Метод акустической стимуляции дыхательной системы // Мед. техника. 2020. № 3. С. 26–28. DOI: 10.1007/s10527-020-10001-x.
6. Ефименко Н.В., Кайсинова А.С., Тер-Акопов Г.Н. [и др.]. Медицинская реабилитация на курорте больных, перенесших новую коронавирусную инфекцию (2019-nCoV) // Курортная медицина. 2020. № 2. С. 4–13. DOI: 10.51871/2588-0500\_2021\_05\_01\_2.
7. Ефименко Н.В., Абрамцова А.В., Симонова Т.М., Семухин А.Н. Оценка функционального состояния кардиореспираторной системы у пациентов после перенесенной COVID-19 пневмонии при проведении медицинской реабилитации на курорте // Современ. вопр. биомедицины. 2021. Т. 5, № 1 (14). С. 2–22.
8. Малявин А.Г., Адашева Т.В., Бабак С.Л. [и др.]. Медицинская реабилитация больных, перенесших COVID-19 инфекцию: метод. рекомендации // Терапия. 2020. № 5. С. 1–48. DOI: 10.18565/therapy.2020.5suppl.1-48.
9. Мещерякова Н.Н., Белевский А.С., Кулешов А.В. Проведение легочной реабилитации у пациентов с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) внебольничной двусторонней пневмонии : метод. рекомендации. М., 2020. 22 с.
10. Оленская Т.Л., Николаева А.Г., Соболева Л.В. Реабилитация в пульмонологии. Витебск : ВГМУ, 2016. 142 с.
11. Разинкин С.М., Киш А.А. Объективная психодиагностика. Аппаратно-программный комплекс «Диамед-МБС». М. : Науч. кн., 2019. 228 с.
12. Разумов А.Н., Пономаренко Г.Н., Бадтиева В.А. Медицинская реабилитация пациентов с пневмониями, ассоциированными с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 // Вопр. курортологии, физиотерапии и лечеб. физ. культуры. 2020. Т. 97, № 3. С. 5–13. DOI: 10.17116/kurort2020970315.
13. Соловьева Н.В., Макарова Е.В., Кичук И.В. «Коронавирусный синдром»: профилактика психотравмы, вызванной COVID-19 // Рус. мед. журн. 2020. № 9. С. 18–22.
14. Устройство для звуковой стимуляции дыхательной системы : пат. на полезную модель № 154260 RU / С.П. Драган, А.В. Богомолов, С.М. Разинкин [и др.]. Заявка 2015102477/14, 27.01.2015 ; опубликовано 20.08.2015, Бюл. 23.
15. Фесюн А.Д., Лобанов А.А., Рачин А.П. [и др.]. Вызовы и подходы к медицинской реабилитации пациентов, перенесших осложнения COVID-19 // Вестн. восстановит. медицины. 2020. № 3. С. 3–13.

Поступила 26.11.2021 г.

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

**Участие авторов:** Е.В. Голобородько – разработка дизайна исследования, редактирование окончательного варианта статьи; М.А. Брагин – сбор, анализ и интерпретация данных; Г.Г. Ерофеев – обзор литературы, сбор, анализ и интерпретация данных, написание первого варианта статьи. А.И. Сухинин – разработка дизайна исследования, редактирование окончательного варианта статьи.

**Для цитирования.** Голобородько Е.В., Брагин М.А., Ерофеев Г.Г., Сухинин А.В. Оценка эффективности применения новой физиотерапевтической технологии в комплексе методов медицинской реабилитации пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2022. № 1. С. 12–19. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-1-12-19

## Evaluation of the effectiveness of a new physiotherapy technology in the comprehensive medical rehabilitation program for patients recovered from coronavirus pneumonia

Goloborodko E.V.<sup>1</sup>, Bragin M.A.<sup>1</sup>, Yerofeyev G.G.<sup>2</sup>, Suhinin A.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency  
(46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123098, Russia);

<sup>2</sup> 12 Central Research Institute of the Ministry of Defense of Russia (2B, Vesennaya Str., Sergiev Posad, 141307, Russia);

<sup>3</sup> Sanatorium and resort complex "Privolzhsky" of the Ministry of Defense of Russia (1, Glade 7th, Samara, 443029, Russia)

✉ Evgeny Vladimirovich Goloborodko – PhD Med. Sci., Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123098, Russia), e-mail: evgeny.goloborodko@gmail.com  
Mikhail Aleksandrovich Bragin – Junior Research Associate. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (46, Zhivopisnaya Str., Moscow, 123098, Russia), e-mail: mishaman90@mail.ru;  
Gennady Grigorievich Erofeev – PhD Med. Sci., Senior Research Associate, 12 Central Research Institute of the Ministry of Defense of Russia (2B, Vesennaya Str., Sergiev Posad, 141307, Russia), e-mail: yerofeyevgg@rambler.ru;  
Aleksy Vladimirovich Suhinin – director, Privolzhsky Sanatorium Complex of the Ministry of Defense of Russia (1, Glade 7th, Samara, 443029, Russia), e-mail: a.suhinin78@yandex.ru

### Abstract

**Relevance.** In the context of the ongoing pandemic of new coronavirus infection, the development and implementation of new methods for medical (pulmonary) rehabilitation of patients is an urgent scientific and practical task.

**Intention.** To assess the effectiveness and substantiate the possibility of using a new physiotherapeutic technology based on bioacoustic stimulation of the respiratory system with high-intensity low-frequency sounds in the comprehensive medical rehabilitation of patients with coronavirus pneumonia.

**Methodology.** A randomized controlled open parallel clinical trial of 28 patients was conducted to assess effectiveness of medical rehabilitation after coronavirus pneumonia.

**Results and Discussion.** Changes in external respiration indicators, psychological status and severity of post-traumatic stress disorders statistically significantly differed in the intervention and control groups before and after the course of rehabilitation. Therefore, bioacoustic stimulation of the respiratory system as part of comprehensive medical rehabilitation program after coronavirus pneumonia significantly increases its effectiveness.

**Conclusion.** Bioacoustic stimulation of the respiratory system with high-intensity low-frequency sounds can be recommended as an effective physical method for inclusion in the comprehensive medical rehabilitation program for patients recovered from coronavirus pneumonia.

**Keywords:** medical rehabilitation, coronavirus pneumonia, functional status, bioacoustic stimulation, post-traumatic stress disorder, cognitive capabilities.

### References

1. Aleksandrova N.P. Patogenez dyhatel'noj nedostatochnosti pri koronavirusnoj bolezni (COVID-19) [Pathogenesis of respiratory failure in coronavirus disease (COVID-19)]. *Integrativnaya fiziologija* [Integrative Physiology]. 2020. N 4. Pp. 285–293. DOI: 10.33910/2687-1270-2020-1-4-285-293. (In Russ.)
2. Bogomolov A.V., Dragan S.P., Erofeev G.G. Matematicheskaja model' pogloshhenija zvuka ljogkimi pri akusticheskoj stimuljacii dyhatel'noj sistemy [Mathematical model of sound absorption by lungs with acoustic stimulation of the respiratory system]. *Doklady Akademii nauk* [Doklady Biochemistry and Biophysics]. 2019. Vol. 487, N 1. Pp. 97–101. DOI: 10.31857/S0869-5652487197-101. (In Russ.)
3. Bubnova M.G., Persijanovna-Dubrova A.L., Lyamina N.P., Aronov D.M. Reabilitacija posle novej koronavirusnoj infekcii (COVID-19): principy i podhody [Rehabilitation after new coronavirus infection (COVID-19): principles and approaches]. *CardioSomatika* [CardioSomatics]. 2020. Vol. 11, N 4. Pp. 6–14. DOI: 10.26442/22217185.2020.4.200570. (In Russ.)
4. Vremennye metodicheskie rekomendacii "Medicinskaja reabilitacija pri novej koronavirusnoj infekcii (COVID-19)". Versija 2 (31.07.2020) [Temporary guidelines "Medical rehabilitation for new coronavirus infection (COVID-19)". Version 2 (31.07.2020)]. Moskva. 2020. 150 p. (In Russ.)
5. Dragan S.P., Razinkin S.M., Erofeev G.G. Metod akusticheskoj stimuljacii dyhatel'noj sistemy [A method for acoustic stimulation of the respiratory system]. *Medicinskaja tehnika* [Biomedical Engineering]. 2020. N 3. Pp. 26–28. DOI: 10.1007/s10527-020-10001-x. (In Russ.)
6. Efimenko N.V., Kaisinova A.S., Ter-Akopov G.N. [et al.] Medicinskaja reabilitacija na kurorte bol'nyh, perenessih novuju koronavirusnuju infekciju (2019-nCoV) [Medical rehabilitation of patients suffering from a new coronavirus infection (2019-nCoV) at the resort]. *Kurortnaja medicina* [Resort medicine]. 2020. N 2. Pp. 4–13. (In Russ.)
7. Efimenko N.V., Abramtsova A.V., Simonova T.M., Semukhin A.N. Ocenka funkcional'nogo sostojanija kardiorespiratornoj sistemy u pacientov posle perenesennoj COVID-19 pnevmonii pri provedenii medicinskoj reabilitacii na kurorte [Evaluation of functional state of the cardiorespiratory system in patients after the COVID-19 pneumonia during medical rehabilitation at the resort]. *Sovremennye voprosy biomeditsiny* [Modern issues of biomedicine]. 2021. Vol. 5, N 1. Pp. 2–22. DOI: 10.51871/2588-0500\_2021\_05\_01\_2. (In Russ.)
8. Malyavin A.G., Adasheva T.V., Babak S.L. [et al.] Medicinskaja reabilitacija bol'nyh, perenessih COVID19 infekciju: metodicheskie rekomendacii [Medical rehabilitation of COVID-19-survived patients. Methodological recommendations]. *Terapija* [Therapy]. 2020. N 5. Pp. 1–48. DOI: 10.18565/therapy.2020.5suppl.1-48. (In Russ.)

9. Meshherjakova N.N., Belevskij A.S., Kuleshov A.V. Provedenie legochnoj rehabilitacii u pacientov s novoj koronavirusnoj infekciej (COVID-19) vnebol'nicnoj dvustoronnej pnevmonii [Conduct of pulmonary rehabilitation in patients with new coronavirus infection (COVID-19) bilateral community-acquired pneumonia]: guidelines. Moskva. 2020. 22 p. (In Russ.)

10. Olenskaja T.L., Nikolaeva A.G., Soboleva L.V. Reabilitacija v pul'monologii [Rehabilitation in pulmonology]. Vitebsk. 2016. 142 p. (In Russ.)

11. Razinkin S.M., Kish A.A. Ob#ektivnaja psihodiagnostika. Apparatno-programmnyj kompleks "Diamed-MBS" [Objective psychodiagnostics. Hardware and software complex "Diamed-MBS"]. Moskva. 2019. 228 p. (In Russ.)

12. Razumov A.N., Ponomarenko G.N., Badtieva V.A. Medicinskaja reabilitacija pacientov s pnevmonijami, associirovannymi s novoj koronavirusnoj infekciej COVID-19 [Medical rehabilitation of patients with pneumonia associated with the new COVID-19 coronavirus infection]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoj kul'tury* [Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoj kul'tury]. 2020. Vol. 97, N 3. Pp. 5–13. DOI: 10.17116/kurort2020970315. (In Russ.)

13. Solov'eva N.V., Makarova E.V., Kichuk I.V. Koronavirusnyj sindrom»: profilaktika psihotravmy, vyzvannoj COVID-19 ["Coronavirus syndrome": prevention of psychotrauma caused by COVID-19]. *Russkij medicinskij zhurnal* [Russian Medical Journal]. 2020. N 9. Pp. 18–22. (In Russ.)

14. Ustrojstvo dlja zvukovoj stimuljacii dyhatel'noj sistemy : patent na poleznuju model' № 154260 RU [Device for sound stimulation of the respiratory system: Pat. for utility model No. 154260 RU]. S.P. Dragan, A.V. Bogomolov, S.M. Razinkin [et al.]. application 2015102477/14, 27.01.2015, published 20.08.2015, bull. 23. (In Russ.)

15. Fesyun A.D., Lobanov A.A., Rachin A.P. [et al.]. Vyzovy i podhody k medicinskoj reabilitacii pacientov, perenessih oslozhnenija COVID19 [Challenges and approaches to medical rehabilitation of patients with COVID-19 complications]. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny* [Journal of restorative medicine & rehabilitation]. 2020. N 3. Pp. 3–13. (In Russ.)

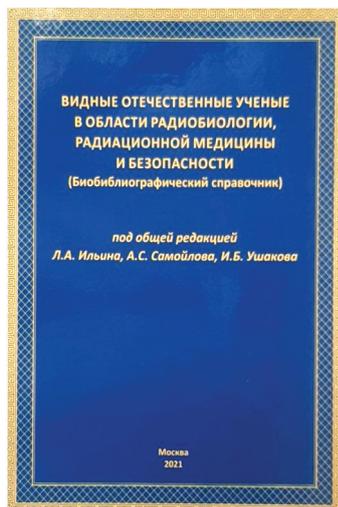
Received 26.11.2021

**For citing:** Goloborodko E.V., Bragin M.A., Yerofeyev G.G., Suhinin A.V. Ocenka jeffektivnosti primenenija novoj fizioterapevticheskoj tehnologii v komplekse metodov medicinskoj reabilitacii pacientov, perenessih koronavirusnuju pnevmoniju. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnykh situatsiyakh*. 2022. N 1. Pp. 12–19. (In Russ.)

Goloborodko E.V., Bragin M.A., Yerofeyev G.G., Suhinin A.V. Evaluation of the effectiveness of a new physiotherapy technology in the comprehensive medical rehabilitation program for patients recovered from coronavirus pneumonia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2022. N 1. Pp. 12–19. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-1-12-19



## Вышла в свет книга



Видные отечественные ученые в области радиобиологии, радиационной медицины и безопасности (биобиблиографический справочник) / под общ. ред. Л.А. Ильина, А.С. Самойлова, И.Б. Ушакова. М. : ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2021. 616 с.

ISBN 978-5-905926-94-5. Тираж 1500 экз.

Авторы-составители: Абрамов Ю.В., Аклеев А.В., Алексанин С.С. [и др.].

Впервые в формате кратких научных биографий представлена алфавитно-историческая галерея видных ученых, занимавшихся медико-биологическими и физико-техническими исследованиями воздействий излучений на человека и биологические объекты. Все собранные в справочнике ученые внесли значительный вклад в решение фундаментальных и прикладных проблем обеспечения радиационной безопасности человека на протяжении 125 лет развития радиобиологии и родственных ей наук. Представлены ученые по следующим направлениям радиобиологической науки: фундаментальная (общая) радиобиология, радиобиология организма, молекулярная радиобиология, радиационная цитология, радиационные биохимия, генетика, иммунология, морфология, физиология и патофизиология, экология, нейрорадиобиология, дозиметрия для биомедицины, медицинская радиобиология и радиационная медицина, противолучевая защита, восстановление и реабилитация облученного организма, радиационная гигиена, радиационная эпидемиология, системы радиационной безопасности, авиакосмическая

радиобиология. Научные биографии многих ученых публикуются впервые. Они снабжены уточненными по архивам сведениями и краткими списками основных научных трудов, явившимися важными вехами научного творчества. Книга предназначена для тех, кому дорога история отечественной радиобиологии, радиационной медицины и радиационной безопасности.