



Динамика показателей газообмена на фоне виброакустической легочной терапии у пациентов с послеоперационной дыхательной недостаточностью после длительных абдоминальных хирургических вмешательств

А. В. АНДРЮЩЕНКО^{1*}, В. В. СУББОТИН^{1,2}, К. В. ШАДРИНА¹, Е. Н. САВИНА¹

¹ Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Российская Федерация

² Научно-исследовательский институт общей реаниматологии имени В. А. Неговского Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии, Москва, Российская Федерация

Поступила в редакцию 08.05.2026 г.; дата рецензирования 14.06.2026

РЕЗЮМЕ

Цель. Оценить влияние виброакустической легочной терапии (ВАЛТ) на динамику показателей газообмена (PaO_2 , PaCO_2 , SpO_2 , индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, частота дыхательных движений) в сравнении со стандартным перкуссионным дренажным массажем (ПМ) у пациентов с ранней послеоперационной дыхательной недостаточностью после длительных абдоминальных хирургических вмешательств.

Материалы и методы. Проведено одноцентровое проспективное рандомизированное исследование на базе ГБУЗ МКНЦ им. А. С. Логинова ДЗМ в 2023–2025 гг. Из 2716 пациентов, перенесших длительные (≥ 180 мин с момента индукции анестезии) абдоминальные оперативные вмешательства, послеоперационная дыхательная недостаточность была верифицирована у 124 (4,6%) пациентов. После стратифицированной рандомизации по виду хирургического доступа пациенты были распределены в группы ВАЛТ ($n = 58$) и ПМ ($n = 66$). Газовый состав артериальной крови оценивали до начала терапии и через 30 мин после каждого из трех сеансов. Для внутригрупповой динамики использовали критерий Фридмана с попарными сравнениями методом Дурбина – Коновера и поправкой Бонферрони ($p < 0,008$), для межгрупповых сравнений – критерий Манна – Уитни ($p < 0,05$).

Результаты. Исходные показатели SpO_2 , PaO_2 и частоты дыхательных движений были сопоставимы между группами ($p > 0,05$). В группе ВАЛТ исходно отмечались более низкий индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ и более высокий PaCO_2 , что учитывалось при интерпретации межгрупповых различий. После трех сеансов в группе ВАЛТ PaO_2 увеличился до 86,0 [84,0–94,0] мм рт. ст., PaCO_2 снизился до 38,0 [36,0–39,0] мм рт. ст., индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ достиг 404,0 [389,0–427,0], $\text{SpO}_2 - 97,0$ [96,0–97,0]%, частота дыхательных движений – 16,0 [16,0–17,0] в мин ($p < 0,001$ для внутригрупповой динамики). В группе ПМ динамика была менее выраженной: PaO_2 достиг 74,0 [72,0–90,0] мм рт. ст., PaCO_2 стабилизировался на 44,0 [41,3–45,8] мм рт. ст., индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 - 343,0$ [333,0–359,0], $\text{SpO}_2 - 95,0$ [94,0–95,0]%, частота дыхательных движений – 18,0 [17,0–18,0] в мин. Межгрупповые различия после лечения были статистически значимы по всем изученным показателям.

Заключение. У пациентов с ранней послеоперационной дыхательной недостаточностью после длительных абдоминальных вмешательств включение ВАЛТ в комплекс послеоперационного ведения сопровождалось более выраженным улучшением показателей оксигенации и вентилиции по сравнению со стандартным перкуссионным массажем. Полученные данные позволяют рассматривать ВАЛТ как перспективный компонент ранней респираторной реабилитации; для подтверждения клинического эффекта необходимы дальнейшие исследования с заранее заданными конечными точками.

Ключевые слова: послеоперационная дыхательная недостаточность, виброакустическая легочная терапия, VibroLUNG, PaO_2 , PaCO_2 , индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, газообмен, абдоминальная хирургия, перкуссионный массаж

Для цитирования: Андрищенко А. В., Субботин В. В., Шадрина К. В., Савина Е. Н. Динамика показателей газообмена на фоне виброакустической легочной терапии у пациентов с послеоперационной дыхательной недостаточностью после длительных абдоминальных хирургических вмешательств // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2026. – Т. 23, № 4. – С. 82–88. <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-82-88>.

Dynamics of gas exchange parameters during vibroacoustic pulmonary therapy in patients with postoperative respiratory failure after prolonged abdominal surgery

ANDREY V. ANDRYUSHCHENKO^{1*}, VALERY V. SUBBOTIN^{1,2}, KSENIYA V. SHADRINA¹, ELIZAVETA N. SAVINA¹

¹ Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russian Federation

² V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow, Russian Federation

Received 08.05.2026; review date 14.06.2026

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of vibroacoustic pulmonary therapy (VAPT) on the dynamics of gas exchange parameters (PaO_2 , PaCO_2 , SpO_2 , $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio and respiratory rate) compared with standard percussion drainage massage (PM) in patients with early postoperative respiratory failure after prolonged abdominal surgery.

Materials and methods. A single-center prospective randomized study was conducted at Loginov Moscow Clinical Scientific Center in 2023–2025. Among 2,716 patients undergoing prolonged abdominal surgery (≥ 180 min from induction of anesthesia), postoperative respiratory failure was verified in 124 patients (4.6%). After stratified randomization according to surgical approach, patients were allocated to VAPT ($n = 58$) and PM ($n = 66$) groups. Arterial blood gases were assessed before treatment and 30 min after each of three sessions. Within-group dynamics were analyzed using the Friedman test with Durbin – Conover pairwise comparisons and Bonferroni correction ($p < 0.008$); between-group comparisons were performed using the Mann – Whitney U test ($p < 0.05$).

Results. Baseline SpO_2 , PaO_2 and respiratory rate were comparable between groups ($p > 0.05$). In the VAPT group, baseline PaO_2/FiO_2 was lower and $PaCO_2$ was higher; this was considered when interpreting between-group differences. After three sessions in the VAPT group, PaO_2 increased to 86.0 [84.0–94.0] mm Hg, $PaCO_2$ decreased to 38.0 [36.0–39.0] mm Hg, PaO_2/FiO_2 reached 404.0 [389.0–427.0], SpO_2 reached 97.0 [96.0–97.0]%, and respiratory rate decreased to 16.0 [16.0–17.0] per min ($p < 0.001$ for within-group dynamics). In the PM group, changes were less pronounced: PaO_2 reached 74.0 [72.0–90.0] mm Hg, $PaCO_2$ stabilized at 44.0 [41.3–45.8] mm Hg, PaO_2/FiO_2 reached 343.0 [333.0–359.0], SpO_2 reached 95.0 [94.0–95.0]%, and respiratory rate was 18.0 [17.0–18.0] per min. Post-treatment between-group differences were statistically significant for all evaluated parameters.

Conclusion. In patients with early postoperative respiratory failure after prolonged abdominal surgery, inclusion of VAPT in the postoperative management program was associated with more pronounced improvement in oxygenation and ventilation compared with standard percussion massage. These findings allow VAPT to be considered a promising component of early respiratory rehabilitation; further studies with predefined clinical endpoints are needed to confirm its clinical effect.

Keywords: postoperative respiratory failure, vibroacoustic pulmonary therapy, VibroLUNG, PaO_2 , $PaCO_2$, PaO_2/FiO_2 ratio, gas exchange, abdominal surgery, percussion massage

For citation: Andryushchenko A. V., Subbotin V. V., Shadrina K. V., Savina E. N. Dynamics of gas exchange parameters during vibroacoustic pulmonary therapy in patients with postoperative respiratory failure after prolonged abdominal surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2026, Vol. 23, № 4, P. 82–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/2078-5658-2026-23-4-82-88>.

* Для корреспонденции:

Андрей Васильевич Андрияшченко
E-mail: andy.1989@inbox.ru

* Correspondence:

Andrey V. Andryushchenko
E-mail: andy.1989@inbox.ru

Введение

Послеоперационная дыхательная недостаточность (ДН) в раннем послеоперационном периоде после обширных абдоминальных вмешательств остается одной из значимых клинических проблем анестезиологии и интенсивной терапии [11, 14]. По данным крупных многоцентровых наблюдений, респираторные нарушения и послеоперационные легочные осложнения чаще регистрируются у пациентов с исходно повышенным риском и при длительных вмешательствах на органах брюшной полости [6, 13].

В основе формирования послеоперационной ДН лежит комплекс взаимосвязанных патофизиологических механизмов: снижение функциональной остаточной емкости легких, краниальное смещение купола диафрагмы, периоперационная диафрагмальная дисфункция, формирование ателектазов, угнетение мукоцилиарного клиренса и нарушение вентилиционно-перфузионных соотношений [10–12]. В связи с этим восстановление адекватного газообмена является одной из первоочередных задач ранней респираторной реабилитации в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ).

Современные подходы к периоперационному ведению пациентов после абдоминальных операций включают протективную вентиляцию, раннюю активизацию, дыхательные упражнения, побудительную спирометрию и физиотерапевтические методы [1, 3, 8, 9, 15]. Однако эффективность активных методов в первые часы после операции нередко ограничена болевым синдромом, вынужденной иммобилизацией, наличием дренажей, выраженной слабостью и недостаточной способностью пациента к самостоятельному выполнению дыхательных маневров.

Виброакустическая легочная терапия (ВАЛТ) является пассивным методом воздействия, при котором акустические колебания передаются

через накожные излучатели на грудную стенку. В публикациях, посвященных аппаратным вибрационным методам, обсуждаются возможные механизмы улучшения бронхиального клиренса, мобилизации секрета и влияния на вентиляцию нижележащих отделов легких [2, 5]. При этом данных о динамике газообмена при использовании ВАЛТ у пациентов с ранней послеоперационной ДН после длительных абдоминальных вмешательств недостаточно.

Цель исследования – оценить влияние ВАЛТ на динамику показателей газообмена (PaO_2 , $PaCO_2$, SpO_2 , индекс PaO_2/FiO_2 , частота дыхательных движений) в сравнении со стандартным перкуссионным дренажным массажем (ПМ) у пациентов с ранней послеоперационной ДН после длительных абдоминальных хирургических вмешательств.

Материалы и методы

Дизайн исследования. Проведено одноцентровое проспективное рандомизированное исследование на базе ОРИТ ГБУЗ МКНЦ им. А. С. Логинава ДЗМ в 2023–2025 гг. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом учреждения (протокол № 11/2023 от 26.10.2023 г.). Все пациенты подписали информированное добровольное согласие на участие в исследовании и обработку медицинских данных.

Размер выборки определялся числом всех доступных последовательно включенных пациентов в пределах установленного периода наблюдения. Из 2716 пациентов, перенесших длительные абдоминальные оперативные вмешательства, послеоперационная ДН была верифицирована у 124 (4,6%) пациентов.

Критерии включения и исключения. Критерии включения: возраст ≥ 51 года; физический статус ASA I–III; абдоминальное оперативное вмешательство продолжительностью ≥ 180 мин с момента индукции в анестезию; наличие признаков ранней

послеоперационной ДН. ДН верифицировали при наличии хотя бы одного из критериев: $SpO_2 < 95\%$, $PaO_2 < 75$ мм рт. ст., $PaO_2/FiO_2 < 350$ или частота дыхательных движений > 20 в мин. При поступлении в ОРИТ дополнительно учитывали периоперационный риск послеоперационных легочных осложнений с опорой на факторы, используемые в шкале ARISCAT [7].

Критерии исключения: имплантированный кардиостимулятор, гипертонический криз, гемофилия, острое повреждение ребер давностью до 48 часов, риск судорожного синдрома, флотирующие тромбы в сердце или венозной системе, массивная кровопотеря.

Рандомизация и группы сравнения. После верификации ДН проводили стратифицированную рандомизацию методом запечатанных конвертов с учетом хирургического доступа. Метод запечатанных конвертов обеспечивал скрытое случайное распределение пациентов, однако не предполагал фиксированной блочной рандомизации, поэтому строго равная численность групп не являлась обязательной.

Были сформированы четыре первичные группы: лапароскопия + ВАЛТ ($n = 35$), лапаротомия + ВАЛТ ($n = 23$), лапароскопия + ПМ ($n = 33$), лапаротомия + ПМ ($n = 33$). Для анализа динамики газообмена группы были объединены по методу респираторной терапии: ВАЛТ ($n = 58$) и ПМ ($n = 66$).

Методика вмешательства. Кратность сеансов в обеих группах составляла не менее 3 раз в сутки. ВАЛТ выполняли аппаратом VibroLUNG по предустановленной программе «Профилактика» с мощностью 80–100% терапевтического диапазона. Длительность одного сеанса составляла 5 мин. Воздействие выполняли билатерально с акцентом на заднебазальные сегменты, последовательно от заднелатеральных к передним отделам грудной клетки.

В группе сравнения выполняли мануальный перкуссионный дренажный массаж продолжительностью 10 мин с воздействием на аналогичные зоны грудной клетки. Все пациенты получали единый стандартный комплекс послеоперационного ведения: кислородотерапию по клиническим показаниям, побудительную спирометрию, лечебную физкультуру и раннюю активизацию в соответствии с принципами ERAS.

Оценка газообмена и гемодинамики. Забор артериальной крови выполняли до начала терапии (точка 0) и через 30 мин после каждого из трех проведенных сеансов (точки 1, 2 и 3). Анализ газового состава артериальной крови выполняли на анализаторах ABL 800 Flex (Radiometer Medical ApS, Дания) и GEM Premier 4000/5000 (Werfen, США). Определяли PaO_2 , $PaCO_2$, FiO_2 , рассчитывали индекс PaO_2/FiO_2 . Одновременно регистрировали SpO_2 , частоту дыхательных движений, частоту сердечных сокращений, систолическое и среднее артериальное давление.

Статистический анализ. Количественные данные представлены как медиана и межквартильный интервал: $Me [Q_{25}-Q_{75}]$. Для оценки внутригрупповой динамики в четырех временных точках применяли критерий Фридмана; попарные сравнения временных точек выполняли методом Дурбина – Коновера с поправкой Бонферрони (уровень статистической значимости $p < 0,008$). Межгрупповые сравнения в каждой временной точке выполняли с использованием критерия Манна–Уитни ($p < 0,05$). Статистический анализ выполнен в Statistica 10 (StatSoft Inc., США) и IBM SPSS Statistics 25.0 (IBM Corp., США).

Результаты

Группы ВАЛТ и ПМ были сопоставимы по возрасту (67,0 [60,8–72,3] и 65,0 [60,0–73,0] года соответственно), полу, индексу массы тела, структуре сопутствующей патологии и длительности анестезии ($p > 0,05$ для всех сравнений).

Исходные показатели газообмена были сопоставимы по SpO_2 (91,0 [90,0–92,0]% в обеих группах, $p = 0,084$), PaO_2 (65,0 [62,0–71,0] и 67,0 [64,0–73,0] мм рт. ст., $p = 0,064$) и частоте дыхательных движений (19,0 [18,0–20,0] в мин в обеих группах, $p = 0,146$). При этом исходный индекс PaO_2/FiO_2 в группе ВАЛТ был ниже, чем в группе ПМ (295,0 [286,0–305,0] и 305,0 [295,0–319,0], $p < 0,001$), а $PaCO_2$ – несколько выше (48,0 [44,0–48,0] и 46,0 [42,0–47,0] мм рт. ст., $p = 0,002$). Эти различия учитывали при интерпретации последующей динамики.

Динамика SpO_2 . В группе ВАЛТ SpO_2 последовательно увеличивалась при каждом сеансе: 91,0 → 95,0 → 96,0 → 97,0%, при статистической значимости всех попарных сравнений ($p < 0,001$). В группе ПМ динамика также была статистически значимой, но менее выраженной: 91,0 → 93,0 → 94,0 → 95,0%. Межгрупповые различия появились после 1-го сеанса и сохранялись до завершения наблюдения.

Динамика PaO_2 . В группе ВАЛТ PaO_2 увеличился с 65,0 [62,0–71,0] до 86,0 [84,0–94,0] мм рт. ст.; прирост сохранялся на каждом этапе, включая интервал между 2-м и 3-м сеансами ($p < 0,001$). В группе ПМ PaO_2 увеличился с 67,0 [64,0–73,0] до 74,0 [72,0–90,0] мм рт. ст.; между 2-м и 3-м сеансами статистически значимой динамики не отмечено ($p = 0,053$).

Динамика $PaCO_2$. В группе ВАЛТ $PaCO_2$ снижался последовательно: 48,0 → 43,0 → 40,0 → 38,0 мм рт. ст. ($p < 0,001$ для попарных сравнений). В группе ПМ после начального снижения $PaCO_2$ до 44,0 мм рт. ст. дальнейшей значимой динамики не наблюдалось; показатель стабилизировался на уровне 44,0 [41,3–45,8] мм рт. ст.

Динамика индекса PaO_2/FiO_2 . В группе ВАЛТ индекс PaO_2/FiO_2 увеличился с 295,0 [286,0–305,0] до 404,0 [389,0–427,0]. В группе ПМ прирост был менее выраженным: с 305,0 [295,0–319,0] до 343,0 [333,0–359,0]. Несмотря на более низкие исходные

Таблица 1. Сравнительная динамика показателей газообмена в группах ВАЛТ и ПМ, Ме [$Q_{25}-Q_{75}$]
Table 1. Comparative dynamics of gas exchange parameters in the VAPT and PM groups, Ме [$Q_{25}-Q_{75}$]

Показатель / точка измерения	ПМ (n = 66)	ВАЛТ (n = 58)	p*
SpO ₂ , %			
До терапии	91,0 [90,0–92,0]	91,0 [90,0–92,0]	0,084
После 1-го сеанса	93,0 [92,0–94,0]	95,0 [94,0–95,0]	< 0,001
После 2-го сеанса	94,0 [94,0–95,0]	96,0 [95,0–96,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	95,0 [94,0–95,0]	97,0 [96,0–97,0]	< 0,001
PaO ₂ , мм рт. ст.			
До терапии	67,0 [64,0–73,0]	65,0 [62,0–71,0]	0,064
После 1-го сеанса	72,0 [68,0–80,0]	79,0 [74,0–86,0]	0,001
После 2-го сеанса	74,0 [69,0–87,0]	84,0 [78,0–90,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	74,0 [72,0–90,0]†	86,0 [84,0–94,0]	< 0,001
PaCO ₂ , мм рт. ст.			
До терапии	46,0 [42,0–47,0]	48,0 [44,0–48,0]	0,002
После 1-го сеанса	44,0 [42,0–46,0]‡	43,0 [41,0–45,0]	0,008
После 2-го сеанса	44,0 [42,0–46,0]‡	40,0 [39,0–42,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	44,0 [41,3–45,8]‡	38,0 [36,0–39,0]	< 0,001
PaO ₂ /FiO ₂			
До терапии	305,0 [295,0–319,0]	295,0 [286,0–305,0]	< 0,001
После 1-го сеанса	324,0 [313,0–343,0]	352,0 [333,0–381,0]	< 0,001
После 2-го сеанса	337,0 [329,0–347,0]	376,0 [357,0–409,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	343,0 [333,0–359,0]	404,0 [389,0–427,0]	< 0,001
Частота дыхательных движений, в мин			
До терапии	19,0 [18,0–20,0]	19,0 [18,0–20,0]	0,146
После 1-го сеанса	18,0 [17,0–19,0]‡	18,0 [17,0–18,0]	< 0,001
После 2-го сеанса	18,0 [17,0–19,0]‡	17,0 [16,0–17,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	18,0 [17,0–18,0]‡	16,0 [16,0–17,0]	< 0,001

Примечание: * – межгрупповое сравнение в каждой временной точке по U-критерию Манна – Уитни; † – отсутствие значимой динамики между 2-м и 3-м сеансами (p = 0,053); ‡ – отсутствие значимого изменения по сравнению с предыдущей точкой (p ≥ 0,008 по тесту Дурбина – Коновера с поправкой Бонферрони).

Таблица 2. Сравнительная динамика гемодинамических показателей в группах ВАЛТ и ПМ, Ме [$Q_{25}-Q_{75}$]
Table 2. Comparative dynamics of hemodynamic parameters in the VAPT and PM groups, Ме [$Q_{25}-Q_{75}$]

Показатель / точка измерения	ПМ (n = 66)	ВАЛТ (n = 58)	p*
ЧСС, в мин			
До терапии	88,0 [81,0–90,0]	90,0 [83,0–92,0]	0,196
После 1-го сеанса	85,0 [80,0–88,0]	82,0 [78,0–86,0]	0,014
После 2-го сеанса	86,0 [80,0–88,0]	80,0 [75,0–82,0]	< 0,001
После 3-го сеанса	84,0 [81,0–88,0]	78,0 [75,0–80,0]	< 0,001
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.			
До терапии	118,0 [114,0–124,0]	120,0 [116,0–124,0]	0,701
После 3-го сеанса	123,0 [117,0–126,0]	120,0 [119,0–122,0]	0,045
Среднее артериальное давление, мм рт. ст.			
До терапии	84,0 [80,0–88,0]	83,0 [81,0–89,0]	0,952
После 3-го сеанса	86,0 [82,0–90,0]	84,0 [83,0–87,0]	0,171

Примечание: * – межгрупповое сравнение по U-критерию Манна – Уитни.

значения индекса $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ в группе ВАЛТ, после лечения значения данного показателя были выше, чем в группе ПМ.

Динамика частоты дыхательных движений. В группе ВАЛТ частота дыхательных движений снижалась последовательно: $19,0 \rightarrow 18,0 \rightarrow 17,0 \rightarrow 16,0$ в мин. В группе ПМ снижение прекратилось после 1-го сеанса, и в последующих точках показатель оставался на уровне 18,0 в мин.

Гемодинамические показатели. Исходные показатели гемодинамики в группах были сопоставимы. На фоне терапии в обеих группах наблюдалось снижение ЧСС, более выраженное в группе ВАЛТ. Показатели артериального давления оставались клинически стабильными; статистически значимых межгрупповых различий по среднему артериальному давлению не выявлено.

Обсуждение

В настоящем исследовании включение ВАЛТ в комплекс раннего послеоперационного ведения пациентов с ДН после длительных абдоминальных операций сопровождалось более выраженной положительной динамикой показателей газообмена по сравнению со стандартным перкуссионным массажем. Улучшение отмечалось как по параметрам оксигенации (SpO_2 , PaO_2 , индекс $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), так и по показателям вентилиции (PaCO_2 , частота дыхательных движений).

Особое значение имеет то, что в группе ПМ по ряду показателей формировалось раннее плато: PaO_2 переставал значимо увеличиваться между 2-м и 3-м сеансами, а PaCO_2 и частота дыхательных движений существенно не менялись после начального этапа терапии. В группе ВАЛТ, напротив, динамика сохранялась на протяжении всех трех сеансов. Это может быть связано с различиями в механизме воздействия: мануальный перкуссионный массаж преимущественно способствует мобилизации секрета из проксимальных отделов трахеобронхиального дерева, тогда как виброакустическое воздействие потенциально может вовлекать более глубокие и заднебазальные отделы легких, наиболее склонные к ателектазированию после абдоминальных операций [4, 11, 12].

Последовательное снижение PaCO_2 в группе ВАЛТ с 48,0 до 38,0 мм рт. ст. позволяет предположить, что эффект метода не ограничивается улучшением оксигенации, а может быть связан с улучшением альвеолярной вентилиции. Одним из возможных объяснений является уменьшение функционального мертвого пространства вследствие рекрутирования ранее гиповентилируемых участков легочной ткани. Вместе с тем данное предположение требует подтверждения в исследованиях с прямой оценкой вентилиционно-перфузионных соотношений и инструментальной визуализацией ателектазов.

Гемодинамическая стабильность на фоне ВАЛТ представляет практический интерес для раннего

послеоперационного периода. Более выраженное снижение ЧСС при стабильных значениях артериального давления может отражать уменьшение симпатической активации по мере улучшения оксигенации и снижения дыхательного усилия. Однако причинно-следственная связь между динамикой ЧСС и газообмена в рамках настоящего исследования специально не изучалась, поэтому данный результат следует рассматривать как дополнительное клиническое наблюдение.

В целом полученные данные позволяют рассматривать ВАЛТ как потенциально полезный компонент ранней респираторной реабилитации у пациентов после длительных абдоминальных операций. При этом формулировка клинических выводов должна оставаться осторожной: исследование демонстрирует положительную краткосрочную динамику газообмена, но не предназначено для окончательной оценки влияния метода на частоту послеоперационных легочных осложнений, длительность пребывания в ОРИТ или госпитальную летальность.

Ограничения исследования. Исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, оно выполнено в одном центре, что ограничивает возможность прямой экстраполяции результатов на другие клинические условия. Во-вторых, характер вмешательства не позволял выполнить полноценное ослепление персонала и пациентов. В-третьих, оценивался краткосрочный эффект трех сеансов терапии, тогда как отдаленные клинические исходы не являлись основной конечной точкой. В-четвертых, исходные различия по PaCO_2 и индексу $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ между группами требуют осторожности при интерпретации межгрупповых сравнений. Дополнительные исследования с большим числом пациентов, заранее заданными клиническими конечными точками и инструментальной оценкой ателектазов позволят уточнить место ВАЛТ в структуре послеоперационной респираторной реабилитации.

Заключение

У пациентов с ранней послеоперационной дыхательной недостаточностью после длительных абдоминальных хирургических вмешательств ВАЛТ в составе комплексного послеоперационного ведения сопровождалась более быстрым и выраженным улучшением показателей газообмена по сравнению со стандартным перкуссионным массажем. К 3-му сеансу в группе ВАЛТ отмечались более высокие значения PaO_2 и индекса $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, более низкий уровень PaCO_2 и меньшая частота дыхательных движений. Полученные данные позволяют рассматривать ВАЛТ как перспективный компонент ранней респираторной реабилитации; для окончательного подтверждения клинических преимуществ метода необходимы дальнейшие многоцентровые исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.
Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Вклад каждого из авторов: Субботин В. В. – разработка концепции и дизайна исследования, научное руководство, редактирование, утверждение рукописи для публикации; Андрищенко А. В. – организация исследования, включение пациентов, выполнение вмешательств, анализ и интерпретация данных, написание текста статьи, утверждение рукописи для публикации; Шадрина К. В. – сбор клинических данных, анализ литературы, подготовка разделов рукописи, утверждение рукописи для публикации; Савина Е. Н. – сбор клинических данных, оформление таблиц, участие в статистической обработке и редактировании текста, утверждение рукописи для публикации.

The contribution of the authors. All the authors made a significant contribution to the preparation of the article, read and approved the final version before publication. Contribution of each of the authors: Subbotin V. V. – development of the study concept and design, scientific supervision, editing, approval of the manuscript for publication; Andryushchenko A. V. – study organization, patient enrollment, interventions, data analysis and interpretation, writing the text of the article, approval of the manuscript for publication; Shadrina K. V. – collection of clinical data, literature analysis, preparation of manuscript sections, approval of the manuscript for publication; Savina E. N. – collection of clinical data, preparation of tables, participation in statistical processing and text editing, approval of the manuscript for publication.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белкин А. А., Алашеев А. М., Белкин В. А. и др. Реабилитация в отделении реанимации и интенсивной терапии: методические рекомендации // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2022. – № 2. – С. 7–40. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2022-2-7-40>.
2. Еременко А. А., Зюльева Т. П., Рябова Д. В. и др. Сравнительная оценка эффективности вибрационных физиотерапевтических методов в ранние сроки после кардиохирургических вмешательств // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2021. – Т. 18, № 6. – С. 80–89. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-6-80-89>.
3. Заболотских И. Б., Грищан А. И., Киров М. Ю. и др. Периоперационное ведение пациентов с дыхательной недостаточностью: методические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2022. – № 4. – С. 7–23. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2022-4-7-23>.
4. Кузков В. В., Суборов Е. В., Фот Е. В. и др. Послеоперационные дыхательные осложнения и ОРДС легче предупредить, чем лечить // Анестезиология и реаниматология. – 2016. – Т. 61, № 6. – С. 461–468.
5. Салухов В. В., Харитонов М. А., Макаревич А. М. и др. Опыт применения аппарата Bark VibroLUNG в комплексном лечении внебольничной пневмонии // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2021. – Т. 23, № 1. – С. 51–58. <https://doi.org/10.17816/brmma63576>.
6. Ярошецкий А. И., Трембач Н. В., Парванян С. Г. и др. Периоперационная респираторная поддержка и послеоперационные исходы: российский национальный эпидемиологическое исследование «РуВент-А»: протокол исследования // Вестник интенсивной терапии имени А. И. Салтанова. – 2025. – № 2. – С. 47–57. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-2-47-57>.
7. Canet J., Gallart L., Gomar C. et al. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort // Anesthesiology, 2010. – Vol. 113, № 6. – P. 1338–1350. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181fc6e0a>.
8. Cassidy M.R., Rosenkranz P., McCabe K. et al. COUGH: reducing postoperative pulmonary complications with a multidisciplinary patient care program // JAMA Surgery. – 2013. – Vol. 148, № 8. – P. 740–745. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2013.358>.
9. Futier E., Constantin J.M., Paugam-Burtz C. et al. A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery // New England Journal of Medicine. – 2013. – Vol. 369, № 5. – P. 428–437. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1301082>.
10. Goligher E.C., Laghi F., Detsky M.E. et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity // Intensive Care Medicine. – 2015. – Vol. 41, № 4. – P. 642–649. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-3724-2>.
11. Hedenstierna G., Edmark L. Mechanisms of atelectasis in the perioperative period // Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology. – 2010. – Vol. 24, № 2. – P. 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2009.12.002>.

REFERENCES

1. Belkin A. A., Alasheev A. M., Belkin V. A. et al. Rehabilitation in the intensive care unit: guidelines. *Annals of Critical Care*, 2022, no. 2, pp. 7–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2022-2-7-40>.
2. Eremenko A. A., Zyulyaeva T. P., Ryabova D. V. et al. Comparative assessment of effectiveness of vibration physiotherapy methods in the early period after cardiac surgery. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2021, vol. 18, no. 6, pp. 80–89. (In Russ.). <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2021-18-6-80-89>.
3. Zabolotskikh I. B., Gritsan A. I., Kirov M. Yu. et al. Perioperative management of patients with respiratory failure: guidelines of the Russian Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists. *Annals of Critical Care*, 2022, no. 4, pp. 7–23. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2022-4-7-23>.
4. Kuzkov V. V., Suborov E. V., Fot E. V. et al. Postoperative respiratory complications and ARDS are easier to prevent than to treat. *Anesteziologiya i Reanimatologiya*, 2016, vol. 61, no. 6, pp. 461–468. (In Russ.).
5. Salukhov V. V., Kharitonov M. A., Makarevich A. M. et al. Experience with the Bark VibroLUNG device in the complex treatment of community-acquired pneumonia. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2021, vol. 23, no. 1, pp. 51–58. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/brmma63576>.
6. Yaroshetskiy A. I., Trembach N. V., Parvanyan S. G. et al. Perioperative respiratory support and postoperative outcomes: Russian national epidemiological study RuVent-A: study protocol. *Annals of Critical Care*, 2025, no. 2, pp. 47–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-2-47-57>.
7. Canet J., Gallart L., Gomar C. et al. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort. *Anesthesiology*, 2010, vol. 113, no. 6, pp. 1338–1350. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181fc6e0a>.
8. Cassidy M.R., Rosenkranz P., McCabe K. et al. COUGH: reducing postoperative pulmonary complications with a multidisciplinary patient care program. *JAMA Surgery*, 2013, vol. 148, no. 8, pp. 740–745. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2013.358>.
9. Futier E., Constantin J.M., Paugam-Burtz C. et al. A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery. *New England Journal of Medicine*, 2013, vol. 369, no. 5, pp. 428–437. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1301082>.
10. Goligher E.C., Laghi F., Detsky M.E. et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Medicine*, 2015, vol. 41, no. 4, pp. 642–649. <https://doi.org/10.1007/s00134-015-3724-2>.
11. Hedenstierna G., Edmark L. Mechanisms of atelectasis in the perioperative period. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 2010, vol. 24, no. 2, pp. 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2009.12.002>.

12. Hu J., Guo R., Li H. et al. Perioperative diaphragm dysfunction // *Journal of Clinical Medicine*. – 2024. – Vol. 13, № 2. – Article 519. <https://doi.org/10.3390/jcm13020519>.
13. LAS VEGAS investigators. Epidemiology, practice of ventilation and outcome for patients at increased risk of postoperative pulmonary complications // *European Journal of Anaesthesiology*. – 2017. – Vol. 34, № 8. – P. 492–507. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000646>.
14. Miskovic A., Lumb A.B. Postoperative pulmonary complications // *British Journal of Anaesthesia*. – 2017. – Vol. 118, № 3. – P. 317–334. <https://doi.org/10.1093/bja/aex002>.
15. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: an updated systematic review // *Chest*. – 2013. – Vol. 144, № 3. – P. 825–847. <https://doi.org/10.1378/chest.12-2930>.
12. Hu J., Guo R., Li H. et al. Perioperative diaphragm dysfunction. *Journal of Clinical Medicine*, 2024, vol. 13, no. 2, Article 519. <https://doi.org/10.3390/jcm13020519>.
13. LAS VEGAS investigators. Epidemiology, practice of ventilation and outcome for patients at increased risk of postoperative pulmonary complications. *European Journal of Anaesthesiology*, 2017, vol. 34, no. 8, pp. 492–507. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000646>.
14. Miskovic A., Lumb A.B. Postoperative pulmonary complications. *British Journal of Anaesthesia*, 2017, vol. 118, no. 3, pp. 317–334. <https://doi.org/10.1093/bja/aex002>.
15. Stiller K. Physiotherapy in intensive care: an updated systematic review. *Chest*, 2013, vol. 144, no. 3, pp. 825–847. <https://doi.org/10.1378/chest.12-2930>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы, 111123, Российская Федерация, Москва, ул. Новогиреевская, д. 1, корп. 1

Научно-исследовательский институт общей реаниматологии имени В. А. Неговского Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии, 107031, Российская Федерация, Москва, ул. Петровка, д. 5, стр. 2

Андрющенко Андрей Васильевич, врач – анестезиолог-реаниматолог, Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы (Москва, Россия), e-mail: andy.1989@inbox.ru, ORCID: 0009-0006-4209-3067; **Субботин Валерий Вячеславович**, доктор медицинских наук, руководитель центра анестезиологии и реанимации, Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы, ведущий научный сотрудник лаборатории клинических исследований Научно-исследовательского института общей реаниматологии имени В. А. Неговского Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии (Москва, Россия), e-mail: v.subbotin@mknc.ru, ORCID: 0000-0002-0921-7199, SPIN: 4089-9559; **Шадрина Ксения Владимировна**, врач – анестезиолог-реаниматолог, Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы (Москва, Россия), e-mail: ksusha.shadrina@gmail.com; **Савина Елизавета Николаевна**, врач – анестезиолог-реаниматолог, Московский клинический научный центр имени А. С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы (Москва, Россия), e-mail: maximum.try@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Moscow Healthcare Department, 1, Novogireevskaya str., bldg. 1, Moscow, Russian Federation, 111123

V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, 5, Petrovka str., bldg. 2, Moscow, Russian Federation, 107031

Andryushchenko Andrey V., Anesthesiologist-Intensivist, Loginov Moscow Clinical Scientific Center (Moscow, Russia), e-mail: andy.1989@inbox.ru, ORCID: 0009-0006-4209-3067; **Subbotin Valery V.**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Center of Anesthesiology and Intensive Care, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Leading Research Fellow, Clinical Research Laboratory, V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology (Moscow, Russia), e-mail: v.subbotin@mknc.ru, ORCID: 0000-0002-0921-7199, SPIN: 4089-9559; **Shadrina Kseniya V.**, Anesthesiologist-Intensivist, Loginov Moscow Clinical Scientific Center (Moscow, Russia), e-mail: ksusha.shadrina@gmail.com; **Savina Elizaveta N.**, Anesthesiologist-Intensivist, Loginov Moscow Clinical Scientific Center (Moscow, Russia), e-mail: maximum.try@yandex.ru.