









ИНТЕНСИВНАЯ ТЕРАПИЯ В КАРДИОХИРУРГИИ

<https://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-1-69-78>

Оценка эффективности наружного перкуссионного и виброакустического массажа грудной клетки при респираторной реабилитации у кардиохирургических пациентов: рандомизированное контролируемое исследование

А.А. Еременко *, Т.П. Зюльева , А.П. Алферова ,
Д.В. Фомина , М.С. Грекова , О.О. Гринь ,
С.С. Дмитриева , С.О. Попов 








ГНЦ РФ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», Москва, Россия

Реферат

АКТУАЛЬНОСТЬ: Респираторная реабилитация, направленная на очистку дыхательных путей у кардиохирургических пациентов с нарушениями эвакуации мокроты, является важным звеном в предотвращении послеоперационных легочных осложнений. **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:** Сравнить эффективность курсового использования наружного перкуссионного и виброакустического массажа грудной клетки, проводимого на фоне плановой побудительной спирометрии в ранний послеоперационный период у кардиохирургических больных. **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** Выполнен рандомизированный проспективный набор 90 больных после плановых операций на сердце. Виброакустический массаж легких (ВАМ) (1-я группа — 30 человек) проводили аппаратом VibroLUNG, пациентам 2-й группы (30 человек) выполняли высокочастотную перкуссию грудной клетки с последующим созданием перемежающегося давления в дыхательных путях (ВП + ПД) аппаратом Comfort Cough Plus. Через 10–12 ч после экстубации проводили курс аппаратного массажа 3 раза в сутки в течение 3 суток. Третья группа (30 человек) — группа контроля. До начала и по окончании процедуры на 1-е и 3-и сут при дыхании воздухом регистрировали следующие показатели: SpO₂ (уровень насыщения крови кислородом) и ряд волюметрических показателей. **РЕЗУЛЬТАТЫ:** Сеансы ВАМ способствуют улучшению отхождения мокроты, увеличению средних значений SpO₂ на 4 % ($p < 0,001$), снижению числа пациентов с низкими значениями максимальной емкости вдоха (МЕВд) (200–1200 мл) в 3,6 раза ($p = 0,004$), увеличению жизненной

INTENSIVE CARE IN CARDIAC SURGERY

Evaluation of the effectiveness of external percussion and vibroacoustic chest massage in respiratory rehabilitation in cardiac surgery patients: a randomized controlled trial

A.A. Eremenko *, T.P. Zyulyaeva , A.P. Alferova ,
D.V. Fomina , M.S. Grekova , O.O. Grin ,
S.S. Dmitrieva , S.O. Popov 

Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

Abstract

INTRODUCTION: Respiratory rehabilitation used for cardiac surgery patients with impaired sputum evacuation, is an important aspect of the prevention of postoperative pulmonary complications. **OBJECTIVE:** To compare the effectiveness of the external percussion and vibroacoustic chest massage, against of the planned incentive spirometry in the early postoperative period of cardiosurgery patients. **MATERIALS AND METHODS:** A randomized prospective study included 90 patients who underwent elective cardiac surgery. Vibroacoustic lung massage (VLM) was performed with “VibroLUNG” in the 1-st group (30 patients), high-frequency percussion of the chest followed by the intermittent airway pressure (HFP+IP) with “Comfort Cough Plus” device was performed in the 2-nd group (30 patients). Procedures started 10–12 hours after trachea extubation and were performed 3 times a day during 3 days after surgery. A control group included 30 patients in whom incentive spirometry was used. The following parameters were measured on the 1st and 3rd days: SpO₂ (on room air) and volumetric parameters using bedside spirometry. **RESULTS:** VLM improved sputum clearance, increased mean SpO₂ by 4 % ($p < 0.001$), reduces the number of patients with low MIC (maximal inspiratory capacity < 1200 ml) by 3.6 times ($p = 0.004$) and increase mean VC (Vital Capacity) by 432 ml ($p = 0.034$). HFP-IP increased mean SpO₂ by 4.5 % ($p < 0.001$), decreased the number of patients with MIC ≤ 1200 ml by 5.7 times ($p = 0.002$), and increase mean VC by 574 ml ($p = 0.016$). In the control group no significant changes were noted. Respiratory rehabilitation decreased the number of the patients with radiological signs of hypoventila-

емкости легких (ДЖЕЛ) на 432 мл ($p = 0,034$). После сеансов ВП + ПД средние значения SpO_2 увеличились на 4,5 % ($p < 0,001$), снизилось число пациентов с МЕВд ≤ 1200 мл в 5,7 раза ($p = 0,002$), увеличилась ДЖЕЛ на 574 мл ($p = 0,016$). В группе контроля данных улучшений не отмечено. Респираторная реабилитация способствовала снижению частоты рентгенологических признаков гиповентиляции и ателектазов: в группе ВАМ — в 7,33 раза ($p < 0,001$), в группе ВП + ПД — в 6,48 раза ($p = 0,001$).

ВЫВОДЫ: Методы наружного массажа грудной клетки (ВАМ, ВП + ПД) являются безопасными, оказывают положительное влияние на бронхолегочную систему у кардиохирургических пациентов в процессе их послеоперационной реабилитации и имеют существенные преимущества по сравнению с группой контроля по их воздействию на эвакуацию мокроты, показатели газообмена, параметры дыхания и рентгенологические показатели.

РЕГИСТРАЦИЯ: идентификатор Clinicaltrials.gov: NCT05159401. Зарегистрировано 17 ноября 2021 г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кардиохирургия, респираторная реабилитация, виброакустическая физиотерапия грудной клетки, перкуSSIONный массаж грудной клетки, инсuffлятор-аспиратор, побудительная спирометрия

* *Для корреспонденции:* Еременко Александр Анатольевич — д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии II ГНЦ РФ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», Москва, Россия; e-mail: aereenko54@mail.ru

☑ *Для цитирования:* Еременко А.А., Зюльева Т.П., Алферова А.П., Фомина Д.В., Грекова М.С., Гринь О.О., Дмитриева С.С., Попов С.О. Оценка эффективности наружного перкуSSIONного и виброакустического массажа грудной клетки при респираторной реабилитации у кардиохирургических пациентов: рандомизированное контролируемое исследование. Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2025; 1:69–78. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-1-69-78>

✉ *Поступила:* 22.08.2024

📄 *Принята к печати:* 02.12.2024

📅 *Дата онлайн-публикации:* 31.01.2025

tion: in the group of VLM by 7.33 times ($p < 0.001$), and in the group of HFP+IP by 6.48 times ($p = 0.001$). **CONCLUSIONS:** Methods of mechanical impact on the chest wall during post-operative rehabilitation of cardio-surgical patients are safe. They have a positive effect on the bronchopulmonary clearance and significant advantages over the control in their effect of sputum clearance, gas exchange, respiratory function and X-ray signs of hypoventilation.

REGISTRATION: Clinicaltrials.gov identifier: NCT05159401. Registered November 17, 2021.

KEYWORDS: cardiac surgery, respiratory rehabilitation, vibroacoustic chest physiotherapy, percussion chest massage, insufflator-aspirator, incentive spirometry

* *For correspondence:* Aleksandr A. Eremenko — Dr. Med. Sci., Professor, corresponding member of RAS, head of Department of Reanimation and Intensive Care II Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia. e-mail: aereenko54@mail.ru

☑ *For citation:* Eremenko A.A., Zyulyaeva T.P., Alferova A.P., Fomina D.V., Grekova M.S., Grin O.O., Dmitrieva S.S., Popov S.O. Evaluation of the effectiveness of external percussion and vibroacoustic chest massage in respiratory rehabilitation in cardiac surgery patients: a randomized controlled trial. Annals of Critical Care. 2025; 1:69–78. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2025-1-69-78>

✉ *Received:* 22.08.2024

📄 *Accepted:* 02.12.2024

📅 *Published online:* 31.01.2025

DOI: 10.21320/1818-474X-2025-1-69-78

Введение

Несмотря на значительные достижения в технологии искусственной и вспомогательной вентиляции

легких и респираторной терапии, частота развития легочных осложнений у пациентов после кардиохирургических операций остается высокой и достигает 50–55 % [1–6]. Поддержание адекватного газообмена

является непереносимым условием, необходимым для ранней активизации больных после операций на сердце и сокращения времени их пребывания в стационаре. Нарушения функции дыхания в послеоперационном периоде могут быть обусловлены слабостью дыхательных мышц и дисфункцией диафрагмы; снижением функции легких за счет гиповентиляции и ателектазов, что связывают со стернотомией или торакотомией; развитием поверхностного типа дыхания на фоне болевого синдрома; микроателектазированием ткани легких, приводящим к увеличению внутрилегочного шунтирования крови. Среди кардиохирургических пациентов также велика доля больных с ожирением, хронической обструктивной болезнью легких, бронхиальной астмой, легочной гипертензией и др. [5–9]. Также важную роль играют факторы, приводящие к нарушению клиренса дыхательных путей, связанные с общей астенизацией, действием препаратов, применяемых для седации и обезболивания, нарушения сурфактантной системы, связанные с искусственным кровообращением и продленной искусственной вентиляцией легких. Современная респираторная терапия включает в себя не только медикаментозное лечение, но и различные методы реабилитационной физиотерапии, такие как ранняя мобилизация, дыхательная гимнастика, массаж грудной клетки, использование спиротренажеров и устройств для стимуляции кашля, направленных на очистку дыхательных путей у пациентов с усиленной продукцией мокроты или нарушениями ее эвакуации [10–15], однако этим методикам уделяется недостаточное внимание как в клинической практике, так и в литературе. По данным литературы [16, 17], процедура неинвазивного интенсивного виброакустического и резонансного воздействия на грудную клетку влияет как на паренхиму легких, так и на воздухоносные пути. При его применении происходит улучшение вентиляционных показателей за счет увеличения функционального резерва легких, оптимизация дренажных функций трахеобронхиального дерева и вентиляционно-перфузионного соотношения в легких. Что касается высокочастотных компрессионных наружных устройств (жилетов), то в нескольких исследованиях сообщается, что этот метод физиотерапии способствует откашливанию мокроты, а также стабилизации и улучшению дыхательной функции, позволяет ускорить гидростатическое перераспределение жидкости в сочетании с кинетической терапией [18, 19]. В тяжелых случаях, когда есть риск развития ателектазов, виброакустическое воздействие, создаваемое аппаратом, способствует расправлению потенциально жизнеспособных альвеол. Однако сообщения об использовании данных методик в отделениях реанимации и интенсивной терапии у кардиохирургических больных немногочисленны, также отсутствуют работы, посвященные сравнительной оценке различных вибрационных методов воздействия на легкие.

Цель исследования

Сравнительная оценка эффективности курсового использования наружного перкуSSIONного и виброакустического массажа грудной клетки, проводимого на фоне плановой побудительной спирометрии **в ранний послеоперационный период у кардиохирургических больных.**

Материалы и методы

Проспективное рандомизированное исследование у больных после плановых операций на сердце и магистральных сосудах было выполнено в отделении реанимации и интенсивной терапии ГНЦ РФ ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», в 2021–2023 гг. Применялся протокол, зарегистрированный на Clinical Trials.gov, № NCT05159401.

На **I этапе** исследования (10–12 ч после операции в отделении реанимации и интенсивной терапии) проводился скрининг, включение пациента в исследование. Необходимое наименьшее число пациентов для групп исследования (90 человек) определено по программе GPower 3.1 с оценкой вероятности ошибки 1-го рода 0,05, и 1- β -мощности 0,8. Критерии включения в исследование: возраст от 18 лет, перенесенное кардиохирургическое вмешательство в условиях искусственного кровообращения. Критерии исключения: отказ пациента от участия в данном исследовании, снижение уровня сознания, появление гемодинамической нестабильности, нарушения ритма сердца, кровотечения, прогрессирование дыхательных расстройств и потребность в других видах респираторной поддержки. Рандомизацию проводили методом конвертов в первые сутки послеоперационного периода. От всех участников было получено письменное добровольное информированное согласие в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (2013 г.). Критериям исключения соответствовали 12 пациентов, в связи с чем проводился дальнейший набор пациентов в исследование до достижения запланированного количества пациентов в каждой группе.

В 1-ю группу вошло 30 пациентов (возраст — $62,7 \pm 9,1$ лет), которым применялся виброакустический массаж (ВАМ) легких аппаратом BARK VibroLUNG (Казахстан). Принцип его работы основан на воздействии мощного виброакустического сигнала, генерируемого специальными излучателями. Сеансы массажа проводились в режиме «реанимация: профилактика» в течение 5 мин.

Во 2-ю группу вошло 30 пациентов в возрасте $61,9 \pm 8,7$ лет, которым проводилась высокочастотная перкуссия грудной клетки с последующим созданием перемежающегося давления в дыхательных путях

(ВП + ПД) инсуффлятором-аспиратором механическим Comfort Cough Plus производства компании Seoil Pacific Corporation (Корея). Каждому пациенту в течение 5 мин проводился перкуссионный массаж с помощью жилета, затем пациент трижды по 2 мин дышал с лицевой маской в автоматическом режиме с давлением вдоха +20 см вод. ст. и давлением выдоха –20 см вод. ст.

Третья группа (30 пациентов) — группа контроля (возраст — $60 \pm 8,9$ лет). Сеансы выполнялись через 10–12 ч после экстубации пациента после оценки болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале и далее 3 раза/сут в течение 3 сут после операции. При количестве баллов более 3-х выполнялось обезболивание по принятой в отделении схеме препаратами, не влияющими на функцию дыхания (1 г ацетаминофена внутривенно, 50–100 мг трамадола внутривенно, 100 мг кетопрофена внутримышечно или другие нестероидные противовоспалительные средства).

II этап (1-е–3-и сут после операции). Перед каждым сеансом и через 20 мин после его окончания при дыхании воздухом регистрировали насыщение крови кислородом по пульсоксиметру (SpO_2). Отхождение мокроты при кашле оценивали в баллах: 0 — отсутствие или скудное отхождение мокроты, 1 — продуктивное отхождение мокроты. Максимальную емкость вдоха (МЕВд) в миллилитрах измеряли с помощью побудительного спирометра Coach-2. Фиксировали ряд спирометрических показателей портативным ультразвуковым спирометром Spiro Scout (Schiller, Швейцария) (принцип работы датчика потока ультразвуковой). Для целей данной работы использовался суммарный показатель максимальной емкости вдоха (СМЕВд) — сумма дыхательного объема легких, резервного объема вдоха в миллилитрах и жизненная емкость легких (ЖЕЛ) — сумма дыхательного объема легких, резервного объема вдоха и резервного объема выдоха в миллилитрах. Рассчитывался прирост дыхательных объемов (Δ) у каждого пациента как разница между СМЕВд, МЕВд и ЖЕЛ на 9 и 1-м сеансе, деленный на исходное значе-

ние. В группе 3 проводилось по два исследования: в 1-е и 3-и сут послеоперационного периода. В дооперационный период не было достоверных различий между группами по частоте имевшихся заболеваний в системе дыхания: хроническая обструктивная болезнь легких, бронхиальная астма, хронический бронхит, бронхоэктатическая болезнь (группа ВАМ — 20 %, группа ВП + ПД — 20 %, группа контроля — 26,7 %; $p > 0,05$). Все заболевания находились в стадии ремиссии. Пациенты всех трех групп были обучены самостоятельному проведению дыхательной гимнастики с помощью побудительного спирометра Coach-2 фирмы Smiths Medical (США), которую проводили трижды в сутки.

Статистический анализ выполнен с помощью программы Jamovi (Version 1.6.23.0, Jonathon Love, Damian Drogmann, Ravi Selker, Австралия). Все данные, полученные в ходе исследования, определяли на нормальность распределения в соответствии с критерием Шапиро—Уилка (при количестве наблюдений менее 50). Все количественные данные с нормальным распределением представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm SD$), с ненормальным распределением данные представлены в виде медианы с 10-м и 90-м процентилями. Для оценки различий между тремя независимыми выборками с распределением, отличным от нормального, использовался критерий Краскела—Уоллиса с поправкой на множественность сравнений Двасса—Стила—Кричлоу—Флингера. Для сравнения двух несвязанных выборок с ненормальным распределением использовался критерий Манна—Уитни. Статистически значимыми считались показатели при $p < 0,05$. Для оценки номинальных данных использовался точный критерий Фишера и критерий χ^2 Пирсона.

В табл. 1 представлено распределение больных по видам оперативного вмешательства.

На **III этапе** (до 30 сут после операции) проводился анализ послеоперационных респираторных осложнений (пневмония, трахеобронхит, ателектаз, гиповентиляция).

Таблица 1. Распределение больных по видам оперативного вмешательства (90 больных)

Table 1. Distribution of patients by types of surgical intervention (90 patients)

| Виды операций | Группы | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 1-я (ВАМ) | 2-я (ВП + ПД) | 3-я (контрольная) |
| Протезирование клапанов сердца или пластические операции на клапанах | 18 (60 %) | 10 (33,3 %) | 15 (50 %) |
| Септальная миозектомия | 3 (10 %) | 3 (10 %) | 3 (10 %) |
| Реваскуляризация миокарда | 5 (16,7 %) | 10 (33,3 %) | 10 (33,3 %) |
| Реконструктивные операции на аорте по поводу аневризм различной локализации | 4 (13,3 %) | 5 (16,7 %) | 2 (6,7 %) |
| Прочие с искусственным кровообращением | — | 2 (6,7 %) | — |
| ИТОГО | 30 (100 %) | 30 (100 %) | 30 (100 %) |

Результаты

В табл. 2 представлены все результаты, полученные в ходе исследования, но для наглядности предложено более детально рассмотреть изменения, полученные по каждому показателю.

До начала исследования у 83 пациентов (92,2 % от общего числа) было зафиксировано плохое отхождение мокроты. Применение курса ВАМ способствовало значительному достоверному улучшению отхождения мокроты (в 2,6 раза; $p < 0,002$), однако наилучший эффект отмечался при применении ВП + ПД (в 4,5 раза; $p < 0,002$), в то время как у пациентов контрольной группы эффективность отхождения мокроты существенно не менялась (рис. 1).

Проведение сеансов с использованием ВП + ПД привело к наилучшим результатам как по увеличению МЕВд с 1050 до 2530 мл ($p < 0,001$), так и по снижению числа пациентов с МЕВд ≤ 1200 мл в 5,7 раза ($p < 0,002$) по сравнению с группой контроля. В 1-й группе также отмечено увеличение МЕВд с 800 до 2046 мл ($p < 0,001$ при сравнении с группой контроля) и снижение числа пациентов с низкими значениями МЕВд (200–1200 мл) в 3,6 раза ($p < 0,02$). При этом при сравнении 1-й и 2-й групп статически значимых различий по всем параметрам не отмечалось. В группе контроля к концу 3-х сут число больных, имеющих значения МЕВд ≤ 1200 мл, по сравнению с исходом снизилось только на 10,1 % (рис. 2).

Средний показатель Δ МЕВд в группе контроля составил лишь 30 мл, оказавшись существенно ниже аналогичных показателей у 1-й и 2-й групп, но с высокой степенью достоверности ($p < 0,001$) эти значения отличались от группы контроля только при использовании ВП + ПД (рис. 3).

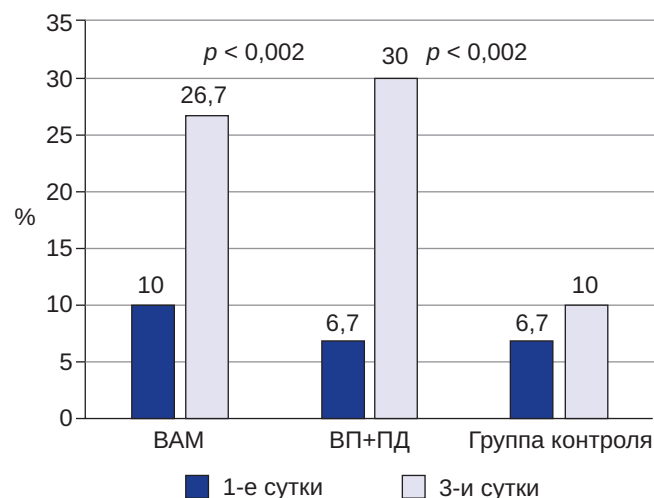


Рис. 1. Процент пациентов с эффективным отхождением мокроты от общего числа пациентов в группе до и после проведения 9 сеансов терапии

Fig. 1. Percentage of patients with effective sputum discharge from the total number of patients in the group before and after 9 therapy sessions

Таблица 2. Результаты изменения емкости вдоха, жизненной емкости легких, SpO_2 , рентгенологических признаков и эффективности отхождения мокроты

Table 2. Results of changes in inhalation capacity, vital lung capacity, SpO_2 , radiological signs and effective sputum discharge

| Показатель | ВАМ | ВП + ПД | Контроль | p |
|----------------------------------|---|---|--|---|
| Δ МЕВд | 67 (21; 150) | 80 (45; 123) | 30 (0; 94) | $p_{1-2} = 0,780$ $p_{2-3} = 0,014$ $p_{1-3} = 0,155$ |
| Δ СМЕВд | 15,9 (-4,45; 51,8) | 25,4 (19,2; 61,4) | 18,8 (6,45; 31,4) | $p_{1-2} = 0,340$ $p_{2-3} = 0,026$ $p_{1-3} = 0,503$ |
| Δ ЖЕЛ | 432 \pm 91 | 574 \pm 140 | 207 \pm 72 | $p_{1-2} = 0,394$ $p_{2-3} = 0,016$ $p_{1-3} = 0,034$ |
| ΔSpO_2 | 4 (3; 6,5) | 4,5 (2,25; 6) | 2,5 (1; 3) | $p_{1-2} = 0,758$ $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} = 0,015$ |
| Эффективность отхождения мокроты | До: 3 пациента (10 %). После: 8 пациентов (26,7 %) | До: 2 пациента (6,7 %). После: 9 пациентов (30 %) | До: 2 пациента (6,7 %). После: 3 пациента (10 %) | $p_{1-2} = 1,000$ $p_{2-3} = 0,520$ $p_{1-3} = 0,181$ |
| Rg-изменения | До: 22 пациента (73 %). После: 3 пациента (10 %) | До: 13 пациентов (43 %). После: 2 пациента (6,7 %) | До: 14 пациентов (46,7 %). После: 13 пациентов (43,3 %) | $p_{1-2} = 1,000$ $p_{2-3} = 0,002$ $p_{1-3} = 0,007$ |

Такая же закономерность обнаружена и при анализе изменения средней Δ СМЕВд у пациентов всех групп к окончанию 9-го сеанса различной респираторной терапии (рис. 4).

При сравнении среднего изменения Δ ЖЕЛ основных групп с группой контроля максимальный прирост отмечен в группе ВП + ПД, где он составил 574 мл ($p = 0,016$). Увеличение этого показателя зафиксировано и в группе ВАМ (432 мл; $p = 0,034$) (рис. 5).

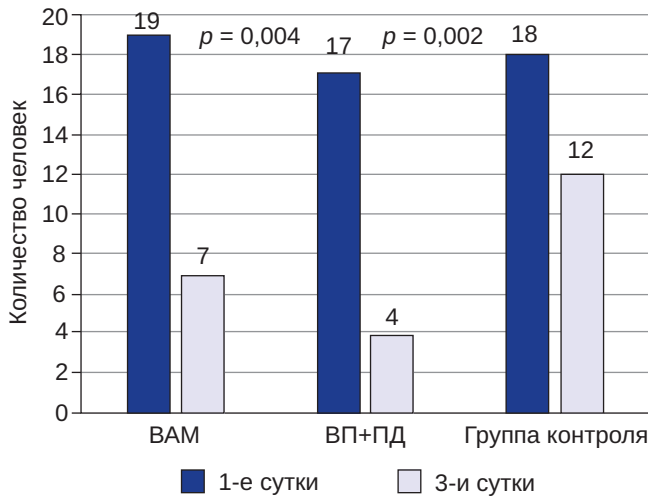


Рис. 2. Количество пациентов с МЕВд ≤ 1200 мл в 1-е и на 3-и сутки в зависимости от вида проводимой респираторной терапии

Fig. 2. The number of patients with MIC ≤ 1200 ml on the 1st and 3rd day, depending on the type of respiratory therapy

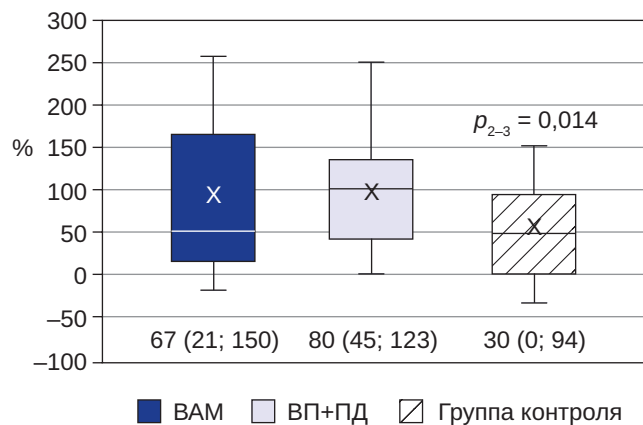


Рис. 3. Значение прироста максимальной емкости вдоха между исходными значениями и полученными в конце исследования при проведении различных методов респираторной терапии

Fig. 3. The difference in maximum inspiration capacity between the initial values and those obtained at the end of the study during various methods of respiratory therapy

Проведение сеансов наружного массажа также привело к улучшению SpO_2 у пациентов обеих групп при сравнении с группой контроля: группа ВАМ показала увеличение уровня ΔSpO_2 на 4 % ($p < 0,001$), группа ВП + ПД — на 4,5 % ($p < 0,001$), однако статистически значимого различия между данными группами не было. В группе контроля прирост уровня SpO_2 составил всего лишь 2,5 % ($p < 0,001$) (рис. 6).

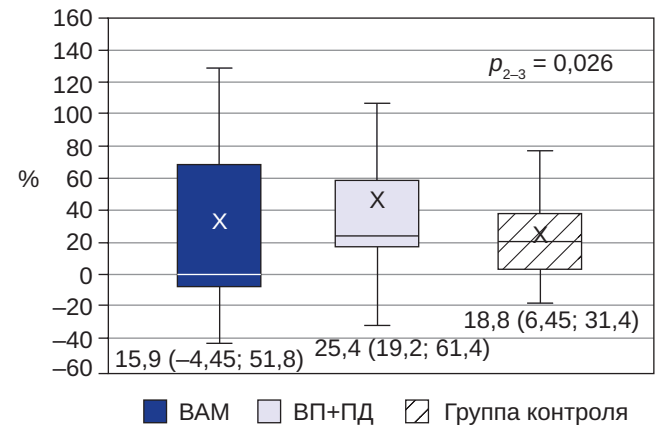


Рис. 4. Значение прироста суммарного показателя максимальной емкости вдоха между исходными значениями и полученными в конце исследования при проведении различных методов респираторной терапии

Fig. 4. The increase of the total maximum inhalation capacity between the initial values and those obtained at the end of the study during various methods of respiratory therapy

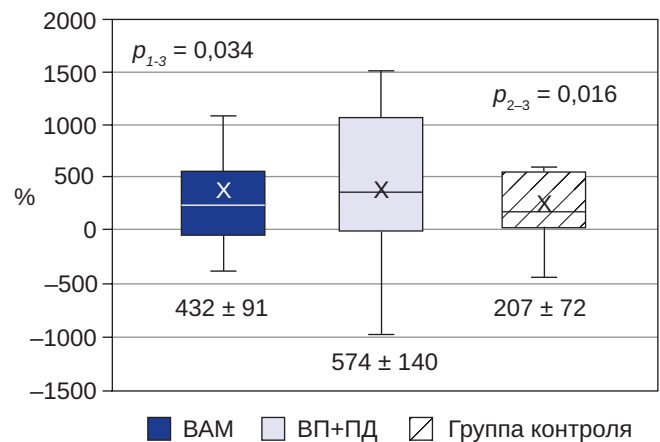


Рис. 5. Значение прироста жизненной емкости легких между исходными значениями и полученными в конце исследования при проведении различных методов респираторной терапии

Fig. 5. The difference in vital capacity of the lung between the initial values and those obtained at the end of the study during various methods of respiratory therapy

Для оценки влияния различных видов наружного массажа на динамику рентгенологических изменений в легких (наличие гиповентиляции легочной ткани, ателектазы или сочетание того и другого) проведен сравнительный анализ выявленных изменений до начала воздействия и по окончании проведения сеансов в исследуемых группах (к 4-м сут после операции). До проведения легочной реабилитации у пациентов всех трех групп в большом проценте случаев регистрировались различного рода рентгенологические изменения в легких (гиповентиляция легочной ткани, ателектазы или

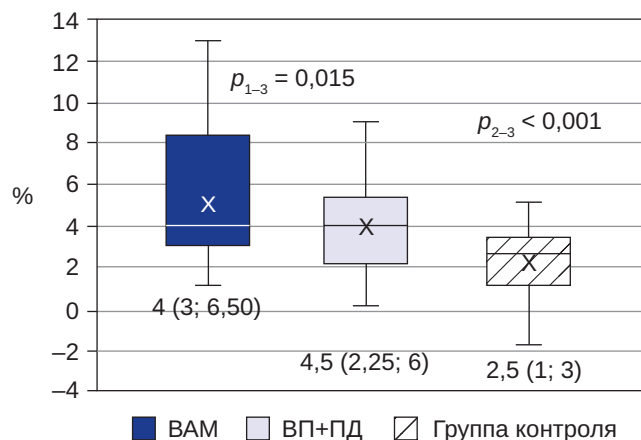


Рис. 6. Динамика изменения ΔSpO_2 (1-е-3-и сутки) при проведении различных методов респираторной терапии

Fig. 6. Dynamics of ΔSpO_2 (1-3 days) during various methods of respiratory therapy

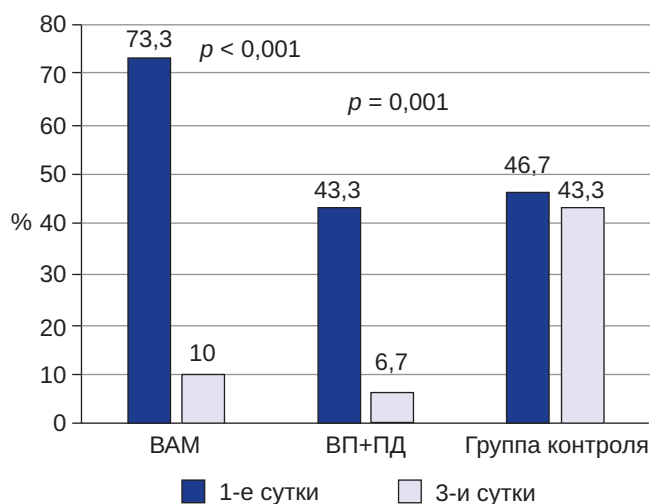


Рис. 7. Частота встречаемости рентгенологических изменений в легких (ателектаз/гиповентиляция) в зависимости от метода респираторной терапии

Fig. 7. Frequency of occurrence of radiological changes in the lungs (atelectasis/hypoventilation) on the different methods of respiratory therapy

сочетание того и другого) (рис. 7). К окончанию исследования частота данных изменений снизилась. Это снижение самым значительным было в группе использования VAM: с 73,3 % до 10 %, то есть в 7,33 раза ($p < 0,001$). В группе ВП + ПД снижение было отмечено в 6,48 раза ($p = 0,001$), в то время как в группе контроля рентгенологические изменения в легких остались на прежнем высоком уровне практически почти у половины пациентов. Следует отметить, что развитие пневмонии не выявлено ни у одного из пациентов сравниваемых групп.

Анализ побочных эффектов при использовании аппаратного массажа грудной клетки показал его хорошую переносимость больными в ранний послеоперационный период. Однако многие пациенты 1-й и 2-й групп (21 из 60 пациентов, 35 %) испытывали различного рода дискомфорт при проведении прикроватной ультразвуковой спирографии, которым она выполнялась 6 раз в день. Во время исследования отмечали тошноту, сердцебиение, головокружение, что усложняло выполнение спирографии, использование же побудительного спирометра у данных больных подобных отрицательных жалоб не вызывало. Никаких побочных эффектов со стороны послеоперационной раны (кровоточивость, расхождение швов), связанных с использованием наружного массажа грудной клетки при проведении VAM или ВП + ПД, не было. Из 60 пациентов 1-й и 2-й групп у двух (3,3 %) на 3-и сут после операции развились пароксизмы фибрилляции предсердий (нормосистолия с частотой сердечных сокращений до 75-80 в минуту), данные события были расценены как не связанные с выполнением процедур. Летальных исходов во всех группах не было. Средняя продолжительность госпитализации составила $7,1 \pm 1,56$, $7,2 \pm 1,7$ и $7,7 \pm 1,8$ сут соответственно в 1-й, 2-й и контрольной группах без достоверной разницы.

Обсуждение

В исследовании выполнено сравнение эффективности VAM и ВП + ПД, которые проводили у пациентов в ранние сроки после кардиохирургических вмешательств на фоне планового использования побудительной спирометрии. В группе контроля применяли только побудительную спирометрию. Обнаружено, что использование как аппарата VibroLung, так и Comfort Cough Plus приводило к улучшению отхождения мокроты, к более быстрому восстановлению дыхательных объемов и оксигенирующей функции легких. Наилучшие результаты по сравнению с группой контроля получены при ВП + ПД, однако отсутствие статистически значимых различий по оцениваемым параметрам с VAM позволяет сделать вывод, что применение любого из изучаемых методов респираторной терапии в дополнение к побудительной спирометрии оказывает

положительное влияние на респираторную функцию. Наши данные согласуются с результатами других исследований о позитивном влиянии внешних вибрационных воздействий на легкие, которые стимулируют отхождение мокроты, существенно снижая риск развития пневмонии [20], способствует более быстрому восстановлению дыхательных объемов легких [21] и расправлению ателектазов. В ряде исследований [22–25] было показано, что после абдоминальных операций, операций аортокоронарного шунтирования с искусственным кровообращением ранняя и усиленная физическая активность, глубокое дыхание, использование стимулирующего спирометра, перкуссии грудной клетки, массажеров может предотвратить длительное пребывание в отделении интенсивной терапии и сократить продолжительность госпитализации при одновременном улучшении послеоперационных гемодинамических и оксиметрических параметров. Похожие результаты были получены исследователями и у пациентов общехирургического профиля, у больных с хронической бронхоэктатической болезнью и обструктивной болезнью легких, после перенесенной коронавирусной инфекции и др., которые указывали на то, что различные виды вибромассажа являются перспективными немедикаментозными методами воздействия в сочетании с основным лечением, оказывая значительное влияние на функцию легких и, как следствие, на исход заболевания у пациентов в процессе реабилитации [17–19, 26].

Данное исследование продемонстрировало сложности в выполнении спирографии в ранние сроки после кардиохирургических операций даже с использованием прикроватного ультразвукового спирографа, что было связано с тяжелым состоянием пациентов. Значительное число пациентов из основных групп (35 %) испытывало дискомфорт во время выполнения данного исследования. Пациенты сообщали о появлении тошноты, учащенного сердцебиения и головокружения во время этой процедуры, что затрудняло ее выполнение. В то же время использование побудительного спирометра у тех же пациентов не вызывало подобных негативных реакций. В опубликованной ранее работе при сравнении измерений, полученных с помощью прикроватного ультразвукового спирографа и побудительного спирометра, мы не получили статистически значимых различий в измеряемой максимальной инспираторной емкости легких [27]. Это позволило сделать вывод о допустимости использования побудительного спирометра для измерения волюметрических показателей у тяжелых пациентов. Полученные результаты имеют важное значение, поскольку доказывают необходимость расширения спектра методов респираторной реабилитации за счет внешних вибрационных воздействий, оказывающих позитивное влияние на дренажную функцию легких, показатели газообмена и объемных характеристик функции внешнего дыхания. Важность

проблемы обостряется тем, что до настоящего времени отсутствуют стандарты проведения респираторной реабилитации и оценки ее эффективности в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии, не представлены рекомендации по выбору конкретной методики для отдельных групп пациентов (например, пациентов с ожирением, дефицитом массы тела), чрезвычайно мало работ, посвященных изучению данной проблемы у кардиохирургических пациентов [28, 29]. Нами был предложен протокол проведения респираторной реабилитации в течение 3 сут после операции с использованием двух методик с оценкой эффективности на основании измерения дыхательных объемов, оценки оксигенирующей функции легких и отхождения мокроты. Представляется, что будущие исследования следует направить на изучение оптимальных методов респираторного воздействия для каждого пациента, учитывая его особенности, характер операционного вмешательства и индивидуальную переносимость.

Выводы

Использование методов наружного массажа грудной клетки (виброакустического воздействия или высокочастотной перкуссии грудной клетки жилетом с последующим созданием перемежающего давления в дыхательных путях с помощью маски), проводимых на фоне плановой побудительной спирометрии, оказывает положительное влияние на бронхолегочную систему у кардиохирургических пациентов в процессе их послеоперационной реабилитации.

Оба метода продемонстрировали существенные преимущества в сравнении с группой контроля (использование только побудительной спирометрии) по их воздействию на эвакуацию мокроты, показатели газообмена и волюметрические параметры дыхания. Вместе с тем некоторая тенденция к более значительной эффективности наружной перкуссии через жилет в сочетании с созданием перемежающегося давления в дыхательных путях по сравнению с виброакустическим массажем легких не была статистически достоверной.

В связи с трудностями выполнения прикроватной спирометрии в ранние сроки после кардиохирургических операций, связанных с тяжелым состоянием пациентов, при оценке динамики дыхательных объемов допустимо ориентироваться на данные, полученные с помощью побудительного спирометра.

Респираторная реабилитация с использованием методов виброакустического массажа легких и высокочастотной перкуссии грудной клетки жилетом с последующим созданием перемежающего давления хорошо переносится пациентами, не приводит к травматическим и другим осложнениям и может безопасно использоваться у пациентов после операций на сердце и аорте.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare no competing interests.

Вклад авторов. Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Author contribution. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Этическое утверждение. Проведение исследования было одобрено локальным этическим комитетом ГНЦ РФ ФГБНУ «Российский научный центр хи-

рургии им. акад. Б.В. Петровского», протокол № 12 от 28.10.2021.

Ethics approval. This study was approved by the local Ethical Committee of Petrovsky National Research Centre of Surgery (reference number 12-28.10.2021).

Информация о финансировании. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Декларация о наличии данных. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, находятся в открытом доступе в репозитории Mendeley Data, <http://doi.org/10.17632/zpb2kzzv3f.2>

Data Availability Statement. The data that support the findings of this study are openly available in repository Mendeley Data, <http://doi.org/10.17632/zpb2kzzv3f.2>

ORCID авторов:

Еременко А.А. — 0000-0001-5809-8563

Зюляева Т.П. — 0000-0002-3375-2300

Алферова А.П. — 0000-0003-2209-6069

Фомина Д.В. — 0000-0002-3694-9328

Грекова М.С. — 0000-0002-3010-2142

Гринь О.О. — 0000-0003-1773-1291

Дмитриева С.С. — 0000-0002-4292-5306

Попов С.О. — 0000-0002-4488-1597

Литература/References

- [1] Mathis M.R., Duggal N.M., Likosky D.S., et al. Intraoperative Mechanical Ventilation and Postoperative Pulmonary Complications after Cardiac Surgery. *Anesthesiology*. 2019; 131(5): 1046–62. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002909
- [2] Баутин А.Е., Кашерининов И.Ю., Лалетин Д.А. и др. Распространенность и структура острой дыхательной недостаточности в раннем послеоперационном периоде кардиохирургических вмешательств. *Вестник интенсивной терапии*. 2016; 4: 19–26. [Bautin A.E., Kasherininov I. Yu., Laletin D.A., et al. Prevalence and structure of acute respiratory failure in the early postoperative period of cardiac surgery. *Annals of Critical Care* 2016; 4: 19–26 (In Russ)]
- [3] Hassoun-Kheir N., Hussein K., Abboud Z., et al. Risk factors for ventilator-associated pneumonia following cardiac surgery: case-control study. *J Hosp Infect*. 2020. DOI: 10.1016/j.jhin.2020.04.009
- [4] Fischer M.O., Brotons F., Briant A.R., et al. Postoperative Pulmonary Complications After Cardiac Surgery: The VENICE International Cohort Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2022; 36(8 Pt A): 2344–51. DOI: 10.1053/j.jvca.2021.12.024
- [5] Salling S.L., Jensen J.H., Mosegaard S.B., et al. Risk stratification for post-operative pulmonary complications following major cardiothoracic or abdominal surgery: Validation of the PPC Risk Prediction Score for physiotherapist's clinical decision-making. *Clin Respir J*. 2023; 17(3): 229–40. DOI: 10.1111/crj.13579
- [6] Miskovic A., Lumb A.B. Postoperative pulmonary complications. *Br J Anaesth*. 2017; 118(3): 317–34. DOI: 10.1093/bja/aex002
- [7] Еременко А.А., Зюляева Т.П. Проблема послеоперационной острой дыхательной недостаточности в кардиохирургии. *Хирургия. Журнал имени Н.И. Пирогова*. 2019; 8: 5–11. [Eremenko A.A., Zyulyaeva T.P. The problem of postoperative acute respiratory failure in cardiac surgery. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2019; 8: 5–11. DOI: 10.17116/hirurgia20190815 (In Russ)]
- [8] Laghlam D., Lê M.P., Srour A., et al. Diaphragm Paralysis after Cardiac Surgery: A Frequent Cause of Post-Operative Respiratory Failure. *Research Square*. 2020; DOI: 10.21203/rs.3.rs-97833/v1
- [9] Niyayeh Saffari N.H., Nasiri E., Mousavinasab S.N., et al. Frequency Rate of Atelectasis in Patients Following Coronary Artery Bypass Graft and Its Associated Factors at Mazandaran Heart Center in 2013–2014. *Glob J Health Sci*. 2015; 7(7 Spec No): 97–105. DOI: 10.5539/gjhs.v7n7p97
- [10] Aquino T.N., Prado J.P., Crisafulli E., et al. Efficacy of Respiratory Muscle Training in the Immediate Postoperative Period of Cardiac Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2024; 39(1): e20220165. DOI: 10.21470/1678-9741-2022-0165

- [11] Phillips, J., Hing, W., Pope, R., et al. Active cycle of breathing technique versus oscillating PEP therapy versus walking with huffing during an acute exacerbation of bronchiectasis: a randomised, controlled trial protocol. *BMC Pulm Med* 23, 36. 2023; DOI: 10.1186/s12890-023-02324-8
- [12] Swingwood E.L., Stilma W., Tume L.N., et al. The Use of Mechanical Insufflation-Exsufflation in Invasively Ventilated Critically Ill Adults. *Respir Care*. 2022; 67(8): 1043–57. DOI: 10.4187/respcare.09704
- [13] Yáñez-Brage I., Pita-Fernández S., Juffé-Stein A., et al. Respiratory physiotherapy and incidence of pulmonary complications in off-pump coronary artery bypass graft surgery: an observational follow-up study. *BMC Pulm Med*. 2009; 9: 36. DOI: 10.1186/1471-2466-9-36.
- [14] Eden A., Matthews E., Page A., et al. ACPRC scoping review of post-operative physiotherapy in people undergoing cardiac surgery. *ACPRC Journal* 2023; 55(1): 114–50. DOI: 10.56792/ZUGA7227
- [15] Ramos Dos Santos P.M., Aquaroni Ricci N., Aparecida Bordignon Suster É., et al. Effects of early mobilisation in patients after cardiac surgery: a systematic review. *Physiotherapy*. 2017; 103(1): 1–12. DOI: 10.1016/j.physio.2016.08.003
- [16] Щикота А.М., Морозова С.А., Турова Е.А. и др. Возможности виброакустической терапии в коррекции респираторных проявлений постковидного синдрома. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2022; 99(6): 5–12. [Shchikota A.M., Morozova S.A., Turova E.A., et al. Capacity of vibroacoustic therapy for correction of respiratory manifestations of post COVID-19 syndrome. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2022; 99(6): 5–12. DOI: 10.17116/kurort2022990615 (In Russ)]
- [17] Konkayev A., Bekniyazova A. Vibroacoustic therapy in the treatment of patients with COVID-19 complicated by respiratory failure: a pilot randomized controlled trial. *Front Med (Lausanne)*. 2023; 10: 1225384. DOI: 10.3389/fmed.2023.1225384
- [18] Çelik M., Yayık A.M., Kerget B., et al. High-Frequency Chest Wall Oscillation in Patients with COVID-19: A Pilot Feasibility Study. *Eurasian J Med*. 2022; 54(2): 150–6. DOI: 10.5152/eurasianjmed.2022.21048
- [19] Troxell D.A., Bach J.R., Nilsestuen J.O. Mechanical Insufflation-Exsufflation Implementation and Management, Aided by Graphics Analysis. *Chest*. 2023; 164(6): 1505–11. DOI: 10.1016/j.chest.2023.07.007
- [20] Smith, M.C.L., Ellis, E.R. Is retained mucus a risk factor for the development of postoperative atelectasis and pneumonia? Implications for the physiotherapist. *Physiotherapy Theory and Practice*, 2000; 16(2), 69–80. DOI: 10.1080/095939800407268
- [21] Козлов И.А., Дзыбинская Е.В., Романов А.А. и др. Коррекция нарушения оксигенирующей функции легких при ранней активизации кардиохирургических больных. *Общая реаниматология*. 2009; 2: 37–43. DOI: 10.15360/1813-9779-2009-2-37. [Kozlov I.A., Dzybinskaya Ye.V., Romanov A.A., et al. Correction of Pulmonary Oxygenizing Dysfunction in the Early Activation of Cardiosurgical Patients. *General Reanimatology*. 2009; 2: 37–43. DOI: 10.15360/1813-9779-2009-2-37 (In Russ)]
- [22] Salehi Derakhtanjani A., Ansari Jaberli A., Haydari S., et al. Comparison the Effect of Active Cyclic Breathing Technique and Routine Chest Physiotherapy on Pain and Respiratory Parameters After Coronary Artery Graft Surgery: A Randomized Clinical Trial. *Anesth Pain Med*. 2019; 9(5): e94654. DOI: 10.5812/aapm.94654
- [23] Afxonidis G., Moysidis D.V., Papazoglou A.S., et al. Efficacy of Early and Enhanced Respiratory Physiotherapy and Mobilization after On-Pump Cardiac Surgery: A Prospective Randomized Controlled Trial. *Healthcare (Basel)*. 2021; 9(12): 1735 DOI: 10.3390/healthcare9121735
- [24] 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; 73(1): 51–8. DOI: 10.17816/brmma63576. [Salukhov V.V., Kharitonov M.A., Makarevich A.M., et al. Experience of using the “Bark Vibrolung” device in the complex treatment of community-acquired pneumonia. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2021; 73(1): 51–8. DOI: 10.17816/brmma63576 (In Russ)]
- [25] Alwekhyan S.A., Alshraideh J.A., Yousef K.M., et al. Nurse-guided incentive spirometry use and postoperative pulmonary complications among cardiac surgery patients: A randomized controlled trial. *Int J Nurs Pract*. 2022; 28(2): e13023. DOI: 10.1111/ijn.13023
- [26] Chen B., Xie G., Lin Y., et al. A systematic review and meta-analysis of the effects of early mobilization therapy in patients after cardiac surgery. *Medicine (Baltimore)*. 2021; 100(15): e25314. DOI: 10.1097/MD.00000000000025314
- [27] Еременко А.А., Зюляева Т.П., Рябова Д.В. и др. Сравнительная оценка результатов измерения емкости вдоха с помощью побудительного спирометра и метода ультразвуковой спирографии в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов. *Общая реаниматология*. DOI: 10.15360/1813-9779-2023-1-2256. 2023; 19(1): 14–9 [Eremenko A.A., Zyulyaeva T.P., Ryabova D.V., et al. Comparing the Inspiratory Capacity Measurements Obtained by Incentive Spirometry and Ultrasonic Spirography in the Early Postoperative Period in Cardiac Surgery Patients. *General reanimatology*. 2023; 19(1): 14–9. DOI: 10.15360/1813-9779-2023-1-2256 (In Russ)]
- [28] Fabero-Garrido R., Del Corral T., Plaza-Manzano G., et al. Effects of Respiratory Muscle Training on Exercise Capacity, Quality of Life, and Respiratory and Pulmonary Function in People With Ischemic Heart Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *Phys Ther*. 2024; 104(3): pzad164. DOI: 10.1093/ptj/pzad164
- [29] Sullivan K.A., Churchill I.F., Hylton D.A., et al. Use of Incentive Spirometry in Adults following Cardiac, Thoracic, and Upper Abdominal Surgery to Prevent Post-Operative Pulmonary Complications: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Respiration*. 2021; 100(11): 1114–27. DOI: 10.1159/000517012
- [30] Lott C., Truhlář A., Alfonso A. et al. European resuscitation council guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation*. 2021; 161: 152–219. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.011