ЭКСПЕРТИЗА И РЕАБИЛИТАЦИЯ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Косенков А.Н.¹, Винокуров И.А.¹, Аль-Юсеф А.Н.²

СТЕРНОМЕДИАСТИНИТ ПОСЛЕ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ (ВОПРОСЫ ЛЕЧЕНИЯ И РЕАБИЛИТАЦИИ)

¹ ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

² ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», Москва, Российская Федерация

Стерномедиастинит является одним из грозных осложнений кардиохирургических вмешательств с высокой инвалидизацией и летальностью до 40%. Внедрение вакуум-ассистированной повязки, а также активные хирургические технологии в лечении этих больных позволили снизить продолжительность госпитализации, уровень инвалидизации и летальности. Однако остаётся ряд нерешённых вопросов, связанных с реабилитацией этих больных.

Ключевые слова: *стерномедиастинит; вакуум-ассистированная повязка; хирургическое лечение; реабилитация.*

Для цитирования: Косенков А.Н., Винокуров И.А., Аль-Юсеф А.Н. Стерномедиастинит после кардиохирургических вмешательств (вопросы лечения и реабилитации). *Медико-социальная экспертиза и реабилитация.* 2020; 23(1): 18–23. DOI: <https://doi.org/10.17816/MSER34526>

Для корреспонденции: Косенков Александр Николаевич, д.м.н., Сеченовский Университет; адрес: 119992, Россия, г. Москва, Трубетская ул., 8, стр. 2. E-mail: alenkos@rambler.ru

Kosenkov A.N.¹, Vinokurov I.A.¹, Al-Usef A.²

STERNOMASTOID AFTER CARDIAC INTERVENTIONS (QUESTIONS TREATMENT AND REHABILITATION)

¹ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

² Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation

Sternomediastinitis is one of the formidable complications of cardiac surgery with high disability mortality up to 40%. The introduction of a vacuum-assisted dressing, as well as active surgical technologies in the treatment of these patients, have reduced the duration of hospitalization, the level of disability and mortality. However, a number of unresolved issues remain related to the rehabilitation of these patients.

Keywords: *sternomediastinitis; vacuum-assisted dressing; surgical treatment; rehabilitation.*

For citation: Kosenkov AN, Vinokurov IA, Al-Usef A. Sternomastoid after cardiac interventions (questions treatment and rehabilitation). *Medical and Social Expert Evaluation and Rehabilitation.* 2020; 23(1): 18–23. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17816/MSER34526>

For correspondence: Alexander N. Kosenkov, MD, PhD; Trubetskaya str., 8, p. 2, Moscow, 119991, Russian Federation. E-mail: alenkos@rambler.ru

Received 03.06.2020

Accepted 20.06.2020

Эпидемиология, патогенез и профилактика развития стерномедиастинита

Хирургический доступ к переднему средостению путём продольного рассечения грудины впервые использован в 1897 г. для визуализации лимфатических узлов при тяжёлой форме туберкулёза. Метод, несмотря на его широкое применение с 1950-х годов при кардиохирургических вмешательствах [1], к сожалению, до настоящего времени сопряжён с рядом интра- и постоперационных осложнений. Частота инфекционно-воспалительных процессов после кардиохирургических вмешательств колеблется между 0,5 и 3,2% [2], а летальность при их развитии может достигать 40% [3]. С патогенетической точки зрения, такую инфекцию можно разделить на два вида — передний медиастинит, т.е. инфекционно-воспалительный процесс в мягких тканях переднего средостения, и остеомиелит — гнойно-воспали-

тельный процесс непосредственно в костной ткани грудины и рёбрах.

Развитие стерномедиастинита после кардиохирургических вмешательств связывают со множеством факторов, к которым относятся дыхательная недостаточность, сахарный диабет, проведение комбинированных операций на сердце или на аорте, длительное время искусственного кровообращения, проведение рестернотомии по поводу кровотечения [4]. В крупных исследованиях продемонстрировано, что сахарный диабет, особенно с высокими показателями глюкозы, является важным фактором ранней инфекции раны с развитием стерномедиастинита [5]. При ожирении, когда индекс массы тела превышает 30 кг/м², риск стернальных осложнений повышается в 1,5–2,0 раза [6].

Из интраоперационных факторов риска развития стерномедиастинита авторы выделяют продлённое время искусственного кровообращения (более

150 мин) и выполнение реваскуляризации миокарда с использованием внутренней грудной артерии [7].

Доподлинно оценить частоту инфекционных осложнений после кардиохирургических вмешательств не представляется возможным. Единых эпидемиологических исследований не существует [8]. Считается, что ежегодная потребность в реконструктивных операциях в развитых странах по поводу стерномедиастинита достигает 8000, при этом летальность колеблется в пределах 10–40% [9]. Существующие стандартные методы профилактики, такие как антибиотикопрофилактика, подготовка кожи пациента к операции и т.д., не дают существенно значимого эффекта по снижению частоты осложнений. К сожалению, на сегодняшний день нет достоверно доказанных способов снижения риска инфекции в долгосрочной перспективе. Исходя из этого, реконструктивные технологии остаются важным этапом в лечении данной категории больных.

Основным микроорганизмом, который приводит к развитию стерномедиастинита, считают *Staphylococcus aureus* [10]. Экзогенный путь попадания микроба в рану зависит от индивидуальных условий — контаминации воздуха в операционной, а также через ткани и одежду медицинского персонала. Стоит отметить, что медицинский персонал, согласно последним исследованиям, несёт минимальную угрозу бактериального заражения [11]. На первый план сегодня выходят инфицирование через внутривенные катетеры и/или через органы дыхания во время механической вентиляции в интра- и раннем послеоперационном периодах [12].

Бактерии рода *Staphylococcus* обнаруживали в 70–80% посевов при медиастините. В большинстве остальных случаев наблюдались комбинированная флора (16–40%), грамотрицательные палочки (15–20%) и спорообразующие грибы [13]. Стоит отметить, что для развития стерномедиастинита необходима выраженная контаминация хирургической раны — не менее 10^7 колоний образующих единиц [14]. Механизм развития воспалительного процесса в костных тканях достаточно сложен и медлителен. Первоначально бактерии достигают метафизарных кровеносных сосудов и иницируют первичное воспаление. Следующим этапом за счет низких скоростей кровотока на уровне метафизарных артериол происходит размножение бактерий с развитием микро-/макроабсцессов. Выделяющийся секвестор разрушает костную ткань, что приводит к дренированию изменённой патогенной жидкости в переднее средостение или подкожно-жировую клетчатку с инфицированием рядом расположенных тканей. Учитывая первоначальный механизм развития заболевания, применение антибиотиков (чаще всего цефалоспоринов и ванкомицина) обязательно для всех больных после стернотомии [15].

Однако полностью разрешить возможные осложнения только с помощью антибиотикотерапии не представляется возможным [16]. Медиастинит, развившийся после кардиохирургических операций, чаще бывает связан с имплантацией металлической проволоки в грудину во время её ушивания.

За счёт отсутствия иммунной реакции на проволоку и образования на ней биоформ активность бактериального процесса возрастает [17]. Даже удаление инфицированных металлических имплантатов при хирургической санации не является гарантией радикального устранения очага инфекции [18].

Санация хирургической раны у больных стерномедиастинитом

Общепринятое определение диагноза «стерномедиастинит» уточнено и зафиксировано в литературе в 1999 г. Международным центром по контролю и профилактике госпитальной инфекции [19].

На сегодняшний день стерномедиастинит — это нагноение раны или появление отделяемого из раны с наличием явных признаков инфекции, сопровождающееся лихорадкой, диастазом грудины. Исходя из определения, следует сделать вывод о необходимости первым этапом лечения выполнять хирургическую санацию очага инфекции.

Во всех ситуациях развития заболевания больной должен подвергаться повторной операции. Изолированная хирургическая обработка раны с санацией и дренированием возможна только при ограниченном от других тканей инфекционном процессе, чаще всего с локализацией в клетчатке переднего средостения [20]. В большинстве случаев при первичной обработке хирургической раны нет возможности убедиться, что гнойный процесс ограничен, что отсутствуют очаги инфекции в грудине и т.д. В связи с этим наиболее часто применяют технологии этапного лечения. После хирургической обработки раны грудину не зашивают, а проводят ежедневные перевязки с мазевыми составами и антисептиками до полного очищения и появления жизнеспособных грануляций. Основными минусами данного подхода являются нестабильность грудины, нарушение механизма дыхания, потребность в ограниченной подвижности больного [21]. Большинство хирургов проводит данный этап длительно до получения стерильных посевов отделяемого из раны. Недавно в двух исследованиях было продемонстрировано, что даже при адекватной санации очага инфекции стерильность посева не влияла на частоту повторных инфекционных осложнений [22].

При закрытии хирургической раны наиболее оптимальным способом контроля за инфекцией является установка проточно-промывной системы, которая позволяет добиться дополнительной ирригации растворами антисептиков [23].

Поиск наиболее эффективного метода санации привел к разработке системы вакуумного дренирования раны (вакуум-ассистированная повязка, ВАП). Данная технология может применяться как изолированная процедура при инфекции мягких тканей, так и в качестве одного из этапов подготовки больного к закрытию раневого дефекта [24]. Данный метод основан на применении равномерно распределенного по всей плоскости раневого дефекта непрерывно проводимого отрицательного давления. Такой подход позволил провести дилатацию артериол, усилить местную перфузию и ускорить грануляцию тканей [25]. В экспериментальных ис-

следованиях было доказано, что применение ВАП уменьшает отёк тканей, снижает экссудацию, а также способствует разрушению бактерий и уменьшению цитокиновой воспалительной реакции [26].

Применение ВАП, по данным разных авторов, существенно уменьшает продолжительность этапа деконтаминации раны, повышает выживаемость больных [27]. Ряд авторов отметил, что при глубоком раневом процессе, а также при большом количестве открытых костных структур в ране эффективность применения ВАП минимальна [28].

К основным положительным эффектам ВАП относятся [29, 30]:

- уменьшение площади раневой поверхности и стабилизация мягких тканей за счёт формирования жёсткого сдавленного каркаса между губками и раной;
- активная стимуляция образования грануляционной ткани, поддержание оптимальной влажности на раневой поверхности;
- активное удаление мелких механических частиц и некротизированной ткани после первичной хирургической обработки раны;
- постоянное удаление из раны патогенного экссудата;
- снижение местного интерстициального отёка и улучшение микроциркуляции;
- герметичное закрытие раны с минимизацией рисков вторичной инфекции и сохранением возможности инфузии растворов антисептика с равномерным распределением в зоне раневого дефекта;
- возможность производить перевязки 1 раз в 2–5 сут.

Еще в 1997 г. в экспериментальном исследовании было продемонстрировано, что при действии постоянного отрицательного давления в зоне раны скорость роста грануляций увеличивается на 60% [31]. В дальнейшем с помощью анализа микроциркуляции ряд авторов получил схожие результаты, которые свидетельствовали о повышении перфузии после наложения ВАП, но только в течение первых 10 мин, а в дальнейшем в раневой зоне наблюдалась норма- или гипоперфузия [32].

При хирургической травме развивается отёк тканей, который приводит к недостаточному кровоснабжению повреждённой области. На фоне инфекции физиологическая гипоперфузия усугубляется. ВАП позволяет создать уровень микроциркуляции, схожий с неповреждённой тканью, при этом расширяется область физиологически ишемизированной ткани и увеличивается приток от проксимальных отделов сосудов [33]. Эти же авторы в дальнейшей своей работе продемонстрировали, что ВАП также увеличивает дренаж жидкости через ткани, за счёт чего происходит лучшее очищение раневой поверхности [34].

Эффект от применения ВАП для костной ткани был оценён в экспериментальных исследованиях. Было отмечено, что период гиперперфузии составил всего 1 мин, затем произошла активация вазоактивных веществ с расширением сосудистой сети кости. Исследователи оценили содержание факторов роста

и уровень кальция в костной пластине и пришли к выводу, что эти параметры значительно увеличиваются после применения отрицательного давления, что улучшает заживление костных отломков [35].

Оценивая эффект стимуляции образования грануляции тканей при ВАП, следует отметить его комплексность и зависимость от тканей, на которые происходит воздействие отрицательным давлением. По результатам данных исследований выявлено, что наиболее оптимальным разрежением является сила вакуума 100–125 мм рт.ст. При этих значениях происходит оптимальное соотношение области гипоперфузии ткани и эффективности лечения. В одном из последних экспериментальных исследований авторы, ориентируясь на данные цифры отрицательного давления, продемонстрировали высокую активность факторов роста в зоне репарации повреждения [36].

Кроме положительных эффектов ВАП имеет и негативные последствия. Так, при лечении раны переднего средостения отрицательное давление негативно воздействует на аорту, правый желудочек и брахиоцефальные сосуды. В результате, наличие инфекции в ране, а также воздействие отрицательного давления может привести к развитию аррозивных кровотечений [37]. Однако вопрос влияния ВАП на развитие кровотечения сложен и многогранен. Кровотечения сами по себе достаточно нечастое явление, поэтому и случаев описания воздействия ВАП на кровотечения в научной литературе крайне редки. По совокупным оценкам, риск кровотечения при ВАП не превышает 1–2% [38]. В то же время уменьшение частоты летальных исходов во время применения данной технологии нивелирует указанные выше потенциальные риски [39]. Дополнительным методом профилактики этого осложнения авторы предлагают установку парафиновых прокладок на сердце перед формированием вакуумной системы [40]. Другим методом профилактики следует считать адекватную санацию костей с удалением всех острых отломков для предотвращения механической травмы во время создания в тканях отрицательного давления [41].

Реконструктивные технологии в лечении стерномедиастинита

После проведения адекватной санации очага инфекции необходимо провести реконструктивную операцию, направленную на восстановления целостности грудной клетки. При первичном поражении грудной клетки (например, при переломе рёбер) биомеханика дыхания понятна. Однако после стернотомии с последующим открытым ведением раны самочувствие больного необходимо ассоциировать с состоянием, которое возникает у пострадавшего с множественными переломами четырёх и более рёбер с обеих сторон. В результате таких органических изменений развиваются парадоксальные дыхательные движения, нарушение биомеханики дыхания, что в 33 % случаев приводит к развитию жизнеугрожающих осложнений [42].

Последний анализ данных о состоянии больных после стернотомии демонстрирует предпочтитель-

ность агрессивного хирургического лечения, направленного на незамедлительную стабилизацию каркасной функции грудной клетки. Представленный метод снижает тяжесть пневмонии, уменьшает длительность искусственной вентиляции легких [43]. В других исследованиях продемонстрировано, что активная хирургическая тактика у этих больных также приводит к лучшим результатам [44].

На момент окончания санации раны у больных могут иметь два варианта анатомического состояния: кости грудины не поражены остеомиелитом, и задача — провести вторичное ушивание раны; кости грудины удалены из-за некротического процесса в них и необходимо провести восстановление каркасной функции грудины.

При стандартном вторичном закрытии раны используют технологии укрепления костных швов. Наиболее часто закрытие раны проводят обычными металлическими проволоками с укреплением зоны их фиксации дополнительными швами вдоль грудины с обеих сторон по методике Robicsek [45]. В качестве альтернативного способа укрепления грудины используют титановые фиксаторы. Различные их варианты позволяют проводить укрепление костей даже при остеопорозе за счёт широкой фиксации к груди и рёбрам [46].

К сожалению, ситуация, когда возможно полноценно произвести закрытие раны на груди только за счёт костных структур, встречается нечасто. В основном такие операции выполняют при травматическом диастазе грудины без признаков инфекции или после санации переднего средостения без поражения костей. На сегодняшний день реконструктивная хирургия грудной клетки после стерномедиастенита представляет собой отдельный этап реабилитации пациента. Для выбора адекватной тактики необходимо учитывать особенности перенесённого кардиохирургического вмешательства, сопутствующие заболевания, а также особенности поражения у конкретного больного.

Реконструктивные вмешательства следует применять только после радикальной санации раны, удаления всех нежизнеспособных тканей и максимально возможного нивелирования инфекции. Учитывая имеющиеся риски рецидива инфекции для закрытия дефектов грудины необходимо использовать только хорошо васкуляризованные ткани [47].

При неосложнённом течении послеоперационного периода больной требует минимальной программы реабилитационных мероприятий, которая заключается чаще всего в оптимизации физической нагрузки и дыхательной гимнастики [48]. Больные же с инфекционными осложнениями, по сути, требуют отдельных мероприятий.

При развитии инфекции грудины с нестабильностью грудного каркаса качество жизни пациента усугубляется рядом патофизиологических аспектов. Неадекватная каркасная функция грудной клетки нарушает акт дыхания. С учётом того что современные аппараты для ВАП компактные и безопасные, раннее их применение улучшает стабильность костного каркаса, нивелирует явления дыхательной недостаточности [49], и больной за

счёт стабилизации передней поверхности грудины может передвигаться.

Реконструктивные хирургические вмешательства в лечении больных со стерномедиастинитом направлены на снижение сроков госпитализации и ускорение реабилитации.

В настоящее время план реабилитации больных после кардиохирургических вмешательств отработан достаточно хорошо, но специфической программы по восстановлению организма после инфекции грудной клетки нам найти не удалось [50].

Заключение

На основании собственного опыта можем предложить общие рекомендации по реабилитации таких больных:

- 1) большим противопоказаны активные (маховые) движения верхними конечностями;
- 2) для разгрузки верхнего плечевого пояса во время занятий лечебной физкультурой запрещается использовать в качестве опоры любые поверхности с целью предотвращения повторной травмы фиксированной металлом грудины или тампонируемой полости мышцами (сальником);
- 3) за состоянием раны в течение 3–4 нед после операции, когда риск реинфекции максимальный, должны тщательно следить сами больные;
- 4) ежедневная ходьба рассматривается основным восстановительным тренингом.

Источник финансирования. Поисково-аналитическая работа проведена на личные средства авторского коллектива

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Dalton ML, Connally SR, Sealy WC. Julian's reintroduction of Milton's operation. *Ann Thorac Surg.* 1992;53(3):532–533. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(92\)90293-d](https://doi.org/10.1016/0003-4975(92)90293-d).
2. Graf K, Ott E, Vonberg RP, et al. Economic aspects of deep sternal wound infections. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010;37(4):893–896. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.10.005>.
3. Lucet JC. Surgical site infection after cardiac surgery: a simplified surveillance method. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2006;27(12):1393–1396. <https://doi.org/10.1086/509853>.
4. Filsoufi F, Castillo JG, Rahmanian PB, et al. Epidemiology of deep sternal wound infection in cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2009;23(4):488–494. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2009.02.007>.
5. Shine TS, Uchikado M, Crawford CC, Murray MJ. Importance of perioperative blood glucose management in cardiac surgical patients. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2007;15(6):534–538. <https://doi.org/10.1177/021849230701500621>.
6. Abboud CS, Wey SB, Baltar VT. Risk factors for mediastinitis after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2004;77(2):676–683. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(03\)01523-6](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(03)01523-6).
7. Kubota H, Miyata H, Motomura N, et al. Deep sternal wound infection after cardiac surgery. *J Cardiothorac Surg.* 2013;8:132. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-8-132>.
8. Lepelletier D, Perron S, Bizouarn P, et al. Surgical-site infection after cardiac surgery: incidence, microbiology, and risk factors. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2005;26(5):466–472. <https://doi.org/10.1086/502569>.

9. Lepelletier D, Poupelin L, Corvec S, et al. Risk factors for mortality in patients with mediastinitis after cardiac surgery. *Arch Cardiovasc Dis.* 2009;102(2):119–125. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2008.11.003>.
10. Lepelletier D, Lucet JC. Controlling meticillin-susceptible *Staphylococcus aureus*: not simply meticillin-resistant *S. aureus* revisited. *J Hosp Infect.* 2013;84(1):13–21. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2013.01.010>.
11. Andersson AE, Bergh I, Karlsson J, et al. Traffic flow in the operating room: an explorative and descriptive study on air quality during orthopedic trauma implant surgery. *Am J Infect Control.* 2012;40(8):750–755. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2011.09.015>.
12. Le Guillou V, Tivolacci MP, Baste JM, et al. Surgical site infection after central venous catheter-related infection in cardiac surgery. Analysis of a cohort of 7557 patients. *J Hosp Infect.* 2011;79(3):236–241. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2011.07.004>.
13. Chan M, Yusuf E, Giulieri S, et al. A retrospective study of deep sternal wound infections: clinical and microbiological characteristics, treatment, and risk factors for complications. *Diagn Microbiol Infect Dis.* 2015;84(3):261–265. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2015.11.011>.
14. Barnea Y, Carmeli Y, Kuzmenko B, et al. *Staphylococcus aureus* mediastinitis and sternal osteomyelitis following median sternotomy in a rat model. *J Antimicrob Chemother.* 2008;62(6):1339–1343. <https://doi.org/10.1093/jac/dkn378>.
15. Cunha BA. Osteomyelitis in elderly patients. *Clin Infect Dis.* 2002;35(3):287–293. <https://doi.org/10.1086/341417>.
16. Elgharably H, Mann E, Awad H, et al. First evidence of sternal wound biofilm following cardiac surgery. *PLoS One.* 2013;8(8):e70360. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070360>.
17. Parsek MR, Singh PK. Bacterial biofilms: an emerging link to disease pathogenesis. *Annu Rev Microbiol.* 2003;57:677–701. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.57.030502.090720>.
18. Ellenrieder M, Redanz V, Bader R, et al. Influence of antimicrobial coatings of vacuum-assisted closure dressings on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* growth kinetics: an invitro study. *Surg Infect (Larchmt).* 2015;16(2):139–145. <https://doi.org/10.1089/sur.2013.268>.
19. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, et al. Guideline for Prevention of Surgical Site Infection, 1999. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Am J Infect Control.* 1999;27(2):97–132; quiz 133–134.
20. Izaddoost S, Withers EH. Sternal reconstruction with omental and pectoralis flaps: a review of 415 consecutive cases. *Ann Plast Surg.* 2012;69(3):296–300. <https://doi.org/10.1097/SAP.0b013e31822af843>.
21. Wong CH, Senewiratne S, Garlick B, Mullany D. Two-stage management of sternal wound infection using bilateral pectoralis major advance oment flap. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;30(1):148–152. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2006.03.049>.
22. Bieffer RH, Sündermann SH, Emmert MY, et al. Negative microbiological results are not mandatory in deep sternal wound infections before wound closure. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;42(2):306–310. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezr326>.
23. Catarino PA, Chamberlain MH, Wright NC, et al. High-pressure suction drainage via polyurethane foam in the management of poststernotomy mediastinitis. *Ann Thorac Surg.* 2000;70(6):1891–1895. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(00\)02173-1](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(00)02173-1).
24. Falagas ME, Tansarli GS, Kapaskelis A, et al. Impact of vacuum-assisted closure (VAC) therapy on clinical outcomes of patients with sternal wound infections: a meta-analysis of non randomized studies. *PLoS One.* 2013;8(5):e64741. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064741>.
25. Ennker IC, Pietrowski D, Vöhringer L, et al. Surgical debridement, vacuum therapy and pectoralis plasty in post sternotomy mediastinitis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2009;62(11):1479–1483. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2008.05.017>.
26. Vos RJ, Yilmaz A, Sonker U, et al. Vacuum-assisted closure of post-sternotomy mediastinitis as compared to open packing. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;14(1):17–21. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivr049>.
27. Yu AW, Rippel RA, Smock E, et al. In patients with post-sternotomy mediastinitis is vacuum-assisted closure superior to conventional therapy? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013;17(5):861–865. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivt326>.
28. Pericleous A, Dimitrakakis G, Photiades R, et al. Assessment of vacuum-assisted closure therapy on the wound healing process in cardiac surgery. *Int Wound J.* 2016;13(6):1142–1149. <https://doi.org/10.1111/iwj.12430>.
29. Assmann A, Boeken U, Feindt P, et al. Vacuum-assisted wound closure is superior to primary rewiring in patients with deep sternal wound infection. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;59(1):25–29. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1250598>.
30. Liu D, Zhang L, Li T, et al. Negative-pressure wound therapy enhances local inflammatory responses in acute infected soft-tissue wound. *Cell Biochem Biophys.* 2014;70(1):539–547. <https://doi.org/10.1007/s12013-014-9953-0>.
31. Morykwas MJ, Argenta LC, Shelton-Brown EI, McGuirt W. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: animal studies and basic foundation. *Ann Plast Surg.* 1997;38(6):553–562. <https://doi.org/10.1097/0000637-199706000-00001>.
32. Jungius KP, Chilla BK, Labler L, et al. [Non-invasive assessment of the perfusion of wounds using power Doppler imaging: vacuum assisted closure versus direct wound closure. (In German)]. *Ultraschall Med.* 2006;27(5):473–477. <https://doi.org/10.1055/s-2005-859001>.
33. Petzina R, Gustafsson L, Mokhtari A, et al. Effect of vacuum-assisted closure on blood flow in the peristernal thoracic wall after internal mammary artery harvesting. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;30(1):85–89. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2006.04.009>.
34. Petzina R, Ugander M, Gustafsson L, et al. Topical negative pressure therapy of a sternotomy wound increases sternal fluid content but does not affect in sternal thoracic artery blood flow: assessment using magnetic resonance imaging. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;135(5):1007–1013. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2007.09.070>.
35. Hu C, Zhang T, Ren B, et al. Effect of vacuum-assisted closure combined with open bone grafting to promote rabbit bone graft vascularization. *Med Sci Monitor.* 2015;21:1200–1206. <https://doi.org/10.12659/MSM.892939>.
36. Zhou M, Yu A, Wu G, et al. Role of different negative pressure values in the process of infected wound treated by vacuum-assisted closure: an experimental study. *Int Wound J.* 2013;10(5):508–515. <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2012.01008.x>.
37. Deschka H, Machner M, Wimmer-Greinecker G. Pre-sternal false aneurysm due to osseous erosion of the right ventricle. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;61(3):261–263. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327761>.
38. Sjogren J, Gustafsson R, Nilsson J, et al. Negative-pressure wound therapy following cardiac surgery: bleeding complications and 30-day mortality in 176 patients with deep sternal wound infection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2001;12(2):117–120. <https://doi.org/10.1510/icvts.2010.252668>.
39. Petzina R, Malmström M, Stamm C, et al. Major complications during negative pressure wound therapy in poststernotomy mediastinitis after cardiac sur-

- gery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;140(5):1133–1136. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.06.063>.
40. Sartipy U, Lockowandt U, Gabel J, et al. Cardiac rupture during vacuum-assisted closure therapy. *Ann Thorac Surg.* 2006;82(3):1110–1111. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2006.01.060>.
41. Santarpino G, Pollari F, Fischlein TJ. Sternal closure following negative pressure wound therapy: a safe approach with a new titanium device. *Int J Artif Organs.* 2014;37(3):264–269. <https://doi.org/10.5301/ijao.5000295>.
42. Lafferty PM, Anavian J, Will RE, Cole PA. Operative treatment of chest wall injuries: indications, technique, and outcomes. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(1):97–110. <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.00696>.
43. Cataneo AJ, Cataneo DC, de Oliveira FH, et al. Surgical versus non surgical interventions for flail chest. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;7:CD009919. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009919.pub2>.
44. Zhang Y, Tang X, Xie H, et al. Comparison of surgical fixation and nonsurgical management of flail chest and pulmonary contusion. *Am J Emerg Med.* 2015;33(7):937–940. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2015.04.005>.
45. Boustany AN, Ghareeb P, Lee K. Prospective, randomized, single blinded pilot study of a new Flat Wire based sternal closure system. *J Cardiothorac Surg.* 2014;9:97. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-9-97>.
46. Bejko J, Bottio T, Tarzia V, et al. Nitinol flexi grip sternal closure system and standard sternal steel wiring: in sight from a matched comparative analysis. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2015;16(2):134–138. <https://doi.org/10.2459/JCM.0000000000000025>.
47. Shumann NH, Huston TL. Reconstruction of the chest – congenital and acquired anomalies and effects. In: Serletti JM, ed. Current reconstructive surgery. McGraw-Hill Medical, New York; 2013. P. 713–718.
48. Anderson L, Taylor RS. Cardiac rehabilitation for people with heart disease: an overview of Cochrane systematic reviews. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;12:CD011273. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011273.pub2>.
49. De Jong MB, Kokke MC, Hietbrink F, Leenen LP. Surgical management of rib fractures: strategies and literature review. *Scand J Surg.* 2014;103(2):120–125. <https://doi.org/10.1177/1457496914531928>.
50. Schlitt A, Wischmann P, Wienke A, et al. Rehabilitation in patients with coronary heart disease: participation and its effect on prognosis. *Dtsch Arztebl Int.* 2015;112(31-32):527–534. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2015.0527>.

Поступила 03.06.2020

Принята к печати 20.06.2020

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Автор, ответственный за переписку:

Косенков Александр Николаевич, д.м.н.; адрес: 119992, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2;
e-mail: alencos@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6975-5802>, SPIN-код: 1021-8030

Соавторы:

Винокуров Иван Андреевич, к.м.н.; e-mail: docvin.med@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0433-2523>
Аль-Юсеф Амжат Наср, e-mail: Amjad@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4537-4204>