doi: 10.17116/hirurgia2015519-23

Холодноплазменная стернотомия и послеоперационная консолидация грудины

Д.м.н. Б.Н. КОЗЛОВ[1], Г.Г. НАСРАШВИЛИ[1]*, к.м.н. М.С. КУЗНЕЦОВ[1], к.м.н. Д.С. ПАНФИЛОВ[1], к.м.н. В.В. САУШКИН[1], к.м.н. В.М. ГУЛЯЕВ[1], к.т.н. А.Г. НИКОЛАЕВ[2], д.м.н., проф. В.М. ШИПУЛИН[1]

[1]Научно-исследовательский институт кардиологии (дир. — акад. РАН Р.С. Карпов); [2]Институт сильноточной электроники (дир. — член-корр. РАН Н.А. Ратахин) СО РАН, Томск

Cold-plasma sternotomy and postoperative sternal consolidation

B.N. KOZLOV, G.G. NASRASHVILI, M.S. KUZNETSOV, D.S. PANFILOV, V.V. SAUSHKIN, V.M. GULYAEV, A.G. NIKOLAEV, V.M. SHIPULIN

Research Institute of Cardiology (director — academician of RAS R.S. Karpov); Institute of High Current Electronics (director — corresponding-member of RAS N.A. Ratakhin), SD of RAS, Tomsk

Цель. **Оценка эффективности холодноплазменной стернотомии.** ***Материал и методы.*** **В работе представлены результаты клинического применения холодноплазменного стернотома у 16 больных. Проведен анализ эффективности этой методики, ее влияния на течение процесса репарации грудины, а также на частоту развития ранних и отдаленных (4—5 мес) послеоперационных раневых осложнений. Для контроля полученных результатов проводилось сравнение с группой больных (19), перенесших стандартную стернотомию с использованием для гемостаза высокотемпературной электрокоагуляции и медицинского воска. Группы больных были сопоставимы по факторам риска развития стернальной инфекции. У всех больных проводили физикальный осмотр для клинической оценки частоты осложнений, а также использовали специальные томографические методы исследования для определения степени консолидации костной ткани в послеоперационном периоде.** ***Результаты.*** **Проведенное исследование показало, что использование предлагаемой методики холодноплазменной стернотомии менее травматично, что способствует более быстрому купированию воспаления в зоне распила и снижению частоты раневых осложнений.**

Ключевые слова: стернотомия, холодноплазменная стернотомия, результаты.

Material and methods. **It is presented the results of cold-plasma sternotome application in 16 patients. Efficiency of this technique, its effect on sternal reparation as well as on the incidence of early and remote (4—5 months) postoperative wound complications were analyzed. Control group included 19 patients who underwent conventional sternotomy using high-temperature electrocoagulation and medical wax for hemostasis. Risk factors for sternal infection were comparable in both groups. Physical examination and computed tomography were performed in all patients to access incidence of complications and degree of bone tissueconsolidation respectively in postoperative period.** ***Results.*** **It is shown that cold-plasma sternotomy leads to early inflammation resolution in oversplitting area and to reduction of wound complications incidence.**

Keywords: sternotomy, cold-plasma sternotomy, results.

Введение

На сегодняшний день в мире наиболее распространенным хирургическим доступом при операциях на сердце является полная продольная срединная стернотомия [11]. Этот доступ нашел широкое применение и в торакальной хирургии благодаря возможности манипулировать на всех основных структурах переднего средостения. К недостаткам стернотомного доступа можно отнести относительно высокую травматичность, нарушение целостности каркаса грудной клетки и, как результат, длительную реабилитацию больных в послеоперационном периоде.

В клинической практике для рассечения грудины используют современные электромеханические стернотомы. Эти инструменты позволяют быстро рассекать костную ткань грудины с минимальным риском повреждения органов средостения, однако их использование довольно травматично и вызывает обильное кровотечение из надкостницы и костной ткани грудины.

С целью гемостаза при стернотомии используют медицинский воск и электрокоагуляцию. Однако применение высокотемпературной электрокоагуляции после электромеханической стернотомии вызывает нагревание тканей, что может приводить к краевому некрозу надкостницы и губчатого вещества грудины, а в послеоперационном периоде к выраженной воспалительной реакции [5, 6]. Так, при использовании электродиатермии температура в зо-

© Коллектив авторов, 2015

Насрашвили Г.Г. — млад.науч.сотр. отделения сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ НИИ кардиологии СО РАМН; 634012 Томск, ул Киевская 111а; *e – mail: ngg5@ya.ru

не воздействия может достигать 130 °С, а на расстоянии 8—10 мм от аппликации — 70—80 °С, особенно по ходу периостальных и внутрикостных сосудов. При этом происходит не только грубое термическое повреждение тканей, препятствующее благоприятной репарации, но и разрушение нейрогуморальных факторов стимуляции остеогенеза, в норме выделяющихся разрушенными клетками костной ткани.

Кровотечение из губчатого вещества грудины, особенно у пожилых больных, страдающих остеопорозом, также является проблемой, требующей внимания хирурга. С целью гемостаза предложен к применению ряд материалов: пасты на основе коллагена, фибрина, фосфата кальция, гемостатические сетки и медицинский воск. Все эти материалы создают эффект интерпозиции между рассеченными костными фрагментами грудины и препятствуют нормальной консолидации. Поиск оптимального материала, позволяющего останавливать кровотечение из кости грудины, не создавая препятствий для ее репарации в послеоперационном периоде, продолжается [7, 8].

Большинство авторов выделяют факторы риска, ассоциированные с периоперационными инфекционными и неинфекционными осложнениями в ранах грудной стенки [15]. Большинство факторов, такие как возраст, наличие сахарного диабета, низкий сердечный выброс и др., трудно поддаются коррекции или не поддаются вовсе [14].

Вместе с тем существует ряд факторов риска, влияние которых можно нивелировать или исключить. К ним можно отнести чрезмерное применение диатермокоагуляции [13], медицинского воска [12]; большое значение имеет также совершенствование хирургической техники рассечения и восстановления целостности грудины.

Цель исследования — оценка эффективности холодноплазменной стернотомии и ее влияния на течение репарации грудины в послеоперационном периоде.

Материал и методы

Объектом исследования были больные, которым выполняли плановые хирургические операции через срединную стернотомию. В исследование включены 36 больных (7 женщин, 29 мужчин). В 30 (83,3%) наблюдениях было выполнено изолированное коронарное шунтирование, в 6 (16,7%) — коронарное шунтирование в сочетании с другим вмешательством. Все больные разделены на две группы.

В 1-ю группу (основную) включены 17 больных (3 женщины и 14 мужчин), средний возраст 63,3±8,0 года, индекс массы тела 29,9±4,2 кг/м^2. В этой группе рассечение грудины проводили стернотомом с холодноплазменным наконечником без использования дополнительных гемостатических средств [1—3].

Таблица 1. **Распределение больных в соответствии с заболеваниями**

Заболевание	Основная группа	Контрольная группа
ИБС:		
ФК I	2 (11,7%)	3 (15,8%)
ФК II	6 (35,3%)	7 (36,8%)
ФК III	6 (35,3%)	7 (36,8%)
ФК IV	1 (5,9%)	0
Порок аортального клапана	0	1 (5,3%)
ДКМП	1 (5,9%)	2 (10,5%)
ХСН:		
ФК I	2 (11,7%)	2 (10,5%)
ФК II	9 (53%)	11 (57,9%)
ФК III	6 (35,3%)	5 (26,3%)
ФК IV	0	1 (5,3%)
ГБ III стадии (риск ССО 4)	17 (100%)	19 (100%)

Примечание. ИБС — ишемическая болезнь сердца; ХСН — хроническая сердечная недостаточность; ФК — функциональный класс по NYHA; ДКМП — дилатационная кардиомиопатия; ГБ — гипертоническая болезнь; ССО — сердечно-сосудистые осложнения.

Во 2-ю группу (контрольную) вошли 19 больных (4 женщины и 15 мужчин), средний возраст 63,2±7,0 года, индекс массы тела 30,2±4,0 кг/м^2. В этой группе стернотомию выполняли с использованием стандартной электромеханической пилы фирмы «Aesculap AG&CO.KG» (Германия). Гемостаз рассеченной грудины у больных этой группы проводили по принятой методике с использованием электрокоагуляции для остановки кровотечения из надкостницы и медицинского воска для остановки кровотечения из губчатого вещества грудины.

После выполнения основного этапа все операции завершали стабилизацией распиленных частей грудины с помощью медицинской металлической проволоки Ethicon 7.

Среди включенных в исследование больных с основным диагнозом ишемической болезни сердца, стенокардии напряжения у 3 (2 в контрольной группе и 1 в основной) имелась сопутствующая дилатационная кардиомиопатия и у 1 пациента контрольной группы был клинически выраженный порок аортального клапана. Большинство больных страдали стенокардией: в контрольной группе — 14 (73,6%), в основной — 12 (70,6%). Функциональный класс сердечной недостаточности II—III по NYHA в контрольной группе установлен у 16, в основной — у 15 больных **(табл. 1)**.

В качестве фонового заболевания у всех больных была диагностирована гипертоническая болезнь III стадии, риск сердечно-сосудистых осложнений 4 (очень высокий).

Сочетанные операции выполнены 2 больным основной группы (коронарное шунтирование в сочетании с резекцией аневризмы левого желудочка и каротидной эндартерэктомией) и 4 пациентам кон-

Таблица 2. **Факторы риска развития стернальных осложнений у больных по данным Srdjan Saso [15]**

Фактор риска	Основная группа	Контрольная группа	*p*
	Дооперационные		
Возраст старше 70 лет	3 (17,6%)	2 (10,52%)	Н.д.
ХОБЛ	3 (17,6%)	2 (10,52%)	Н.д.
Сахарный диабет/ НТУ	6 (35,3%)	9 (47,37%)	Н.д.
Ожирение (ИМТ >28)	9 (52,9%)	11 (57,9%)	Н.д.
Остеохондроз	6 (35,3%)	6 (31,6%)	Н.д.
Курение	8 (47%)	9 (47,4%)	Н.д.
	Интраоперационные		
Выделение ВГА	15 (88,2%)	16 (84,2%)	Н.д.
Использование медицинского воска	0	19 (100%)	$p<0,05$
Использование диатермии на тканях грудины	0	19 (100%)	$p<0,05$
ФВ ЛЖ менее 45%	6 (35,3%)	6 (31,6%)	Н.д.
	Послеоперационные		
Реторакотомия, связанная с кровотечением	1 (5,9%)	0	$p<0,05$

Примечание. ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких; НТУ — нарушение толерантности к углеводам; ИМТ — индекс массы тела; ВГА — внутренняя грудная артерия; ИВЛ — искусственная вентиляция легких; ФВ — фракция выброса; ЛЖ — левый желудочек; Н.д. — не достоверно.

трольной группы (операции коронарного шунтирования у 2 сочетались с резекцией аневризмы левого желудочка, у 1 — с протезированием аортального клапана и у 1 — с каротидной эндартерэктомией).

Выделение левой внутригрудной артерии при проведении операции коронарного шунтирования в основной группе выполняли в 15 (88,2%), в контрольной — в 16 (84,2%) наблюдениях. У остальных больных (2 в основной и 3 в контрольной группе) обе внутригрудные артерии оставались интактными. Метод выделения внутригрудной артерии — скелетирование. Билатеральное выделение внутренних грудных артерий не применяли ни у одного больного. Индекс реваскуляризации миокарда в основной группе составил 3,12, в контрольной — 3,1.

Проанализирован спектр наиболее значимых для консолидации костной ткани грудины сопутствующих заболеваний **(табл. 2)**. Так, сахарный диабет либо нарушение толерантности к углеводам в основной группе выявлено у 6 (35,3%) больных, в контрольной — у 9 (47,4%). Ожирением страдали 52,9% больных основной группы и 57,9% контрольной. Остеохондроз позвоночника диагностирован у 12 больных, в том числе у 6 (35,3%) в основной группе и у 6 (31,6%) в контрольной.

Таким образом, учитывая распределение больных согласно основному и сопутствующим заболеваниям, видам хирургической коррекции заболеваний, а также дооперационным факторам риска развития стернальных осложнений, группы можно считать сопоставимыми. Наиболее значимые различия среди дооперационных факторов риска выявлены в отношении распространенности ХОБЛ (10,52% в контрольной группе и 17,6% в основной), а также возраста. Так, в основной группе старше 70 лет было 3 (17,6%) больных, в контрольной — 2 (10,52%). Эти различия статистически недостоверны. Наиболее значимые различия в группах больных отмечены среди интраоперационных факторов риска, таких как использование медицинского воска и электрокоагуляции для гемостаза грудины.

Всем больным в послеоперационном периоде проводили комплексное обследование, направленное на изучение влияния двух методик стернотомии на репарацию грудины и частоту осложнений, связанных с доступом. Для оценки влияния холодноплазменной стернотомии на заживление грудины в раннем послеоперационном периоде контролировали частоту осложнений со стороны раны передней грудной стенки (инфекционных и неинфекционных), в среднесрочном периоде (через 4—5 мес после стернотомии), проводили осмотр больных и сбор жалоб, связанных с ранее использованным стернотомным доступом. Также в среднесрочном периоде выполняли спиральную компьютерную томографию и остеосцинтиграфию грудины с использованием однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, совмещенной с компьютерной томографией (томограф GE Discovery NM/CT 570C; «GE healthcare», США). Обработку полученных томограмм осуществляли с помощью пакета прикладных программ Xeleris Workstation («GE healthcare», США). При остеосцинтиграфии использовали радиофармпрепарат 99mTc-Технефор («Диамед», Россия).

Полученные данные подвергали статистической обработке с помощью программы Statistica 10.0 for Windows. Для показателей, характеризующих качественные признаки, указывали абсолютное число и относительную величину (в %). Малый объем исследуемых выборок данных послужил основанием для использования непараметрических критериев с целью проверки достоверности межгрупповых различий показателей — с помощью φ-критерия (угло-

Таблица 3. **Осложнения в послеоперационном периоде**

Осложнения	Основная группа (n=17)	Контрольная группа (n=19)
Ранний послеоперационный период		
Поверхностная инфекция грудной стенки	0	2 (10,5%)
Несостоятельность грудины	0	1 (5,3%)
Среднесрочный период		
Болезненность в области стернотомного доступа	2 (11,8%)	3 (15,8%)
Осложнения регенерации послеоперационного рубца	0	1 (5,3%)*

Примечание. Различия недостоверны; * — у больного сформировался остеофит в области распила грудины, причинявший выраженную боль и потребовавший оперативного вмешательства.

Таблица 4. **Накопление радиофармпрепарата в тканях грудины (число импульсов)**

Отдел грудины	Основная группа	Контрольная группа
Рукоятка	236 713±173 247	343 073±127 356
Тело	186 370±113 240	336 715±88 988
Мечевидный отросток	163 138±100 735	276 166±54 357

Примечание. p<0,05.

вое преобразование Фишера), Q-критерия Розенбаума. Различия считали достоверными при p<0,05.

Результаты и обсуждение

Анализ частоты ранних осложнений после стернотомии, связанных с доступом, выявил в основной группе 1 больного с несостоятельностью швов мягких тканей и формированием свищевого хода в пределах подкожной жировой клетчатки без инфицирования. В контрольной группе отмечено 3 (15,8%) больных с осложненным заживлением раны передней грудной стенки, в том числе у 2 (10,5%) развилась инфекция мягких тканей, потребовавшая вторичной хирургической обработки, и у 1 (5,3%) — стерномедиастинит, потребовавший повторной операции **(табл. 3)**.

Такое положение, по-видимому, связано с использованием медицинского воска на этапе доступа у больных после применения стандартного стернотома. Согласно данным литературы, отсутствие медицинского воска в зоне распила грудины уменьшает период репаративной регенерации и риск нестабильности грудины [6, 9].

Воздействие холодной плазмы, основанное на разрушении молекулярных связей, способствует повышенному высвобождению внутриклеточных стимуляторов регенерации [4], что ускоряет заживление грудины. Кроме того, использование комбинированного холодноплазменного стернотома благодаря значительно меньшей глубине повреждения и температуре в зоне распила костной ткани и надкостницы по сравнению со стандартным электромеханическим стернотомом и диатермокоагуляцией [2] уменьшает зону асептического некроза, что снижает объем реактивной экссудации в зоне некроза, время репаративной регенерации грудины и риск развития инфекционных осложнений.

При клинической оценке состояния грудины в среднесрочном периоде, включавшей осмотр и сбор жалоб, в контрольной группе выявлен 1 (5,3%) больной с патологической регенерацией костной ткани и формированием остеофита в зоне распила грудины, что потребовало хирургической коррекции. При сборе жалоб у 2 (11,8%) больных основной и у 3 (15,8%) больных контрольной группы обращали внимание на сохраняющуюся через 4—5 мес после стернотомии болезненность в зоне рубца, не связанную с физической нагрузкой (разница статистически недостоверна). Мы считаем, что эти симптомы связаны в основном с наличием металлической проволоки в грудине и в меньшей степени могут быть признаками патологической регенерации костной ткани.

Проведенная в сроки от 4 до 5 мес компьютерная томография грудины выявила у всех больных обеих групп формирование в зоне распила грудины соединительнотканной мозоли. При этом отсутствовали деструкция и фрагментация грудины, не отмечалось формирования секвестров **(рис. 1 и далее на цв. вклейке)**.

Проведенная в среднесрочном периоде остеосцинтиграфия грудины с ^{99m}Tc-пирофосфатом, несмотря на однотипные результаты спиральной компьютерной томографии, показала существенные различия в поглощении остеотропного радиофармпрепарата тканями грудины в группах **(рис. 2 и 3)**, что свидетельствует о разной интенсивности кровотока в зоне распила грудины **(табл. 4)**.

В контрольной группе больных отмечено повышенное по сравнению с основной группой накопление препарата в области рукоятки грудины — в среднем на 45%. В области тела грудины интенсивность накопления была в среднем на 80% выше у больных контрольной группы. Также более интенсивное включение препарата наблюдалось и в области мечевидного отростка (в контрольной группе в сред-

нем на 69% выше). По нашему мнению, такой результат свидетельствует о незавершенности консолидации грудины в среднесрочном периоде, что, по-видимому, связано с большей травмой костной ткани и замедлением процесса регенерации, а также с более длительным течением асептического воспаления в зоне вмешательства.

Таким образом, у больных, перенесших полную продольную срединную стернотомию, в сроки наблюдения до полугода не наступает полного восстановления костной ткани грудины. В месте распила независимо от методики стернотомии формируется соединительнотканная мозоль.

Холоднoплазменная стернотомия уменьшает травматическое воздействие на ткани грудины, приводит к более быстрому купированию асептического воспаления в зоне хирургического доступа, что способствует снижению частоты раневых послеоперационных осложнений (в том числе таких, как болезненность в зоне доступа и патологическая регенерация).

Полученные данные свидетельствуют о хороших результатах холоднoплазменной стернотомии, меньшей ее травматичности, создании более благоприятных условий для восстановления целостности каркаса грудной клетки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов Б.Н., Кузнецов М.С., Казаков В.А., Шипулин В.М., Панфилов Д.С., Байков А.Н., Окс Е.М. Первый экспериментальный опыт стернотомии плазменным скальпелем. *Сибирский медицинский журнал.* 2010;25:4:1:123-126.
2. Козлов Б.Н., Кузнецов М.С., Насрашвили Г.Г., Панфилов Д.С., Шипулин В.М., Николаев А.Г., Гуляев В.М. Первый клинический опыт применения холоднoплазменного стернотома. *Сибирский медицинский журнал.* 2012;27:2:96-101.
3. Николаев А.Г., Окс Е.М., Юшков Г.Ю., Козлов Б.Н., Кузнецов М.С., Шипулин В.М. Стернотом-коагулятор: патент №114267 Рос. Федерации. Официальный бюллетень Российского агентства по патентам и товарным знакам. Изобретения. Полезные модели. 2012;8:2.
4. Савельев В.С., Ступин И.В., Волкоедов В.С. Плазменный скальпель. *Хирургия.* 1987;4:147—148.
5. Софроний С.В. Диагностика и лечение послеоперационного остеомиелита грудины: Дис. ... д-ра мед. наук. М. 1990.
6. Alberius P, Klinge B, Sjogren S. Effects of bone wax on rabbit cranial bone lesions. *J Craniomaxillofac Surg.* 15(2):63-67:198.
7. Anfinsen OG, Sudmann B, Rait M, Bang G, Sudmann E. Complications secondary to the use of standard bone wax in seven patients. *J Foot Ankle Surg.* 1993;32(5):505-508.
8. Muehrcke DD, FACS Barberi, PRN, Shimp WM. Calcium Phosphate Cements to Control Bleeding in Osteoporotic Sternums. *Ann Thorac Surg.* 2007;84:259-261.
9. Ibarrola JL, Bjorenson JE, Austin BP, Gerstein H. Osseous reactions to three hemostatic agents. *J Endod.* 1985;11:75-83:22.
10. Losanoff JE, Richman BW, Jones JW. Disruption and infection of median sternotomy: a comprehensive review. *European Journal of Cardiothoracic Surgery.* 2002;21:831—839.
11. Aykut K, Albayrak G, Kavala A, Guzeloglu M, Karaarslan K, Hazan E. Early Repair of Sternal Instability Prevents Mediastinitis. *World Journal of Cardiovascular Surgery.* 2014;4:13-16.
12. Nelson DR, Buxton TB, Luu QN, Rissing JP. The promotional effect of bone wax on experimental Staphylococcus aureus osteomyelitis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1990;99:977-980.
13. Nishida H, Grooters PK, Merkley DF, Thieman KC, Soltanzadeh H. Post-operative mediastinitis: a comparison of two electrocautery techniques on presternal soft tissues. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1990;99:969—976.
14. Baskett RJF, MacDougall CE, Ross DB. Is mediastinitis a preventable complication? A 10-year review. *Ann Thorac Surg.* 1999;67:462-465:23.
15. Saso S, James D, Vecht JA, Kidher E, Kokotsakis J, Malinovski V, Rao C, A Darzi, Anderson JR, Athanasiou T. Effect of Skeletonization of the Internal Thoracic Artery for Coronary Revascularization on the Incidence of Sternal Wound Infection. *Ann Thorac Surg.* 2010;89:661-670:25.

Комментарий

В статье авторами представлен первый опыт использования нового способа рассечения грудины при кардиохирургических операциях. Количество подобных вмешательств возрастает каждый год. Предлагается принципиально новый физический способ разреза кости, который может быть применен при операциях на органах средостения и сердце. Полученные результаты убедительно показывают превосходство методики. Авторами предпринята попытка анализа различных факторов, влияющих на профилактику послеоперационных осложнений со стороны грудины при использовании предлагаемой методики. Работа очень интересна и может заинтересовать торакальных хирургов, кардиохирургов.

Профилактика стерномедиастинита основана на многофакторном анализе, в котором немаловажное значение имеют способ фиксации грудины при ушивании раны, наличие сопутствующей хронической обструктивной болезни легких и некоторые другие. Этим вопросам посвящены многолетние исследования, которые были проведены и продолжаются в Институте хирургии им. А.В. Вишневского. Данная работа многие годы осуществлялась под руководством проф. А.А. Вишневского, о чем свидетельствуют многочисленные публикации и выступления на различных научных форумах. Авторам было бы полезно сравнить данные этих исследований со своими результатами и другими данными. Не совсем понятна сохраняющаяся высокая частота осложнении после стернотомии как в основной, так и в контрольной группах больных. Возможно хирургам следует уделять больше внимания методикам остесинтеза при первичной операции независимо от способа рассечения грудины.

Профессор В.Д. Паршин