

ПЕРВЫЙ КЛИНИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ХОЛОДНОПЛАЗМЕННОГО СТЕРНОТОМА

Б.Н. Козлов¹, М.С. Кузнецов¹, Г.Г. Насрашвили¹, Д.С. Панфилов¹, В.М. Шипулин¹, А.Г. Николаев²,
В.М. Гуляев¹

¹ФГБУ "НИИ кардиологии СО РАМН", Томск

²Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск

E-mail: bnkozlov@yandex.ru

THE FIRST CLINICAL EXPERIENCE OF USING THE COLD-PLASMA STERNAL SAW

B.N. Kozlov¹, M.S. Kuznetsov¹, G.G. Nasrashvili¹, D.S. Panfilov¹, V.M. Shipulin¹, A.G. Nikolaev², V.M. Guliaev¹

¹Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Cardiology" of Siberian Branch under the Russian Academy of Medical Sciences, Tomsk

²Institute of High Current Electronics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk

Цель исследования: анализ эффективности применения в клинической практике стернотомы с холодноплазменным наконечником в сравнении со стандартной методикой стернотомии электромеханической пилой. Исследование включало 36 пациентов, поступивших в стационар для планового оперативного лечения заболеваний сердца. Средний возраст – 58,0±6,2 года. Согласно применявшемуся способу стернотомии – с использованием стернотомы с холодноплазменным наконечником (ХПН) либо электромеханической пилой – пациентов разделили на две группы: основную (n=20) и контрольную (n=19). У всех пациентов исследовали исходное состояние костной ткани грудины (гистологически), влияние коагуляции на рассекаемые ткани, объем кровопотери (гравиметрическим методом) на этапе стернотомии; в период после оперативного вмешательства – показатели костного ремоделирования. Кроме того, оценивали индивидуальную переносимость обоих способов (сроки активизации пациентов, интенсивность болевого синдрома), сроки заживления раны и частоту послеоперационных осложнений. При использовании стернотомы с ХПН уменьшалось время осуществления хирургического доступа более чем на 90%; в среднем в 7 раз снижался объем кровопотери на этапе стернотомии; уменьшалась глубина и степень повреждения тканей; на 45,5% снижалась интенсивность болевого синдрома в послеоперационном периоде (оценка по шкале от 1 до 10 баллов). Стернотом с холодноплазменным наконечником, благодаря низкотермическому воздействию и малой глубине повреждения рассекаемых тканей в сравнении со стандартной методикой, обладает меньшей травматичностью, сокращает продолжительность этапа стернотомии и кровопотерю. Эти характеристики способствуют более быстрому заживлению костной ткани грудины, снижению частоты послеоперационных осложнений, поэтому его использование можно считать более предпочтительным.

Ключевые слова: грудина, стернотом, холодная плазма.

The objective of the present study was to perform the efficacy analysis of the application of the sternal saw with the cold-plasma tip compared to the standard saw. The study included 39 patients with the average age of 58±6.2 years. The patients were divided into two groups depending on the method of sternotomy: the main group included 20 patients (sternotomy by cold-plasma tip sternal saw); the control group included 19 patients (sternotomy by standard saw). In all the patients, we evaluated the initial condition of a sternal bone, the impact of coagulation on the incised tissues, indicators of a postoperative sternal bone consolidation, individual intolerance to the method and the volume of blood loss during sternotomy. Application of the new device reduced the time of surgical approach; decreased the loss of blood volume during sternotomy by seven times on average; reduced the depth and extent of tissue damage according to the histological examination; reduced the pain intensity in the postoperative period (evaluated by the numerical rating scale). Application of the cold-plasma tip sternal saw for sternotomy compared to the standard method may be considered preferable due to its less traumaticity, shorter duration of sternotomy as well as less blood loss. It promotes faster healing of a sternum bone, reducing the incidence of postoperative complications.

Key words: sternum, sternal saw, cold plasma.

Введение

Несмотря на постоянное совершенствование методик консервативного лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы, по-прежнему очевидна огромная роль хирургического подхода. О востребованности хирургического лечения говорит и ежегодное повышение оперативной активности в хирургии сердца по всему миру. По данным Минздравсоцразвития, только в России ежегодно

выполняется более 59 тыс. операций на сердце с применением широкого доступа к сердцу – срединной стернотомии [1]. Неоспоримым преимуществом данного доступа является наибольшая свобода действий, предоставляемая хирургу при операциях на органах средостения.

Впервые полная продольная срединная стернотомия произведена Milton в 1897 г. у больного с медиастинальным туберкулезом [2]. С тех пор данный доступ нашел широкое применение в торакальной хирургии и в том

числе в сердечно-сосудистой хирургии. Известно много методов для выполнения стернотомии с использованием различных инструментов: гильотинный стернотом, дисковая пила, пила Джигли, листовая пила, стернотом-долото Долиотти [7]. Однако в силу сложности, длительности выполнения стернотомии и высокого риска ятрогенных повреждений органов средостения данные способы утратили актуальность, уступив место современным электромеханическим стернотомам. Тем не менее, рассечение грудины даже с использованием более совершенных, удобных и безопасных медицинских инструментов не лишено недостатков. Так, непосредственно после рассечения грудины пилой возникает необходимость в остановке кровотечения из надкостницы и губчатого вещества кости. С этой целью на сегодняшний день используются различные электрохирургические инструменты в сочетании с медицинским воском. Такой подход создает препятствия для благоприятной репарации кости, поскольку сопровождается дополнительной травматизацией надкостницы (важнейшей ростковой зоны) и образованием прослойки из чужеродного вещества (воска), создающей механический барьер для пролиферации клеток. Кроме того, данные манипуляции удлиняют время этапа стернотомии и операции в целом. В связи с этим возникает необходимость в аппаратах, которые позволяли бы рассекать костные ткани с мгновенным коагулированием сосудов и идеальным асептическим эффектом при минимальном повреждающем воздействии. В литературе встречаются сообщения о клиническом опыте плазменного рассечения тканей [3], однако данных о применении методик, позволяющих проводить рассечение и гемостаз костных тканей одновременно, мы не обнаружили.

Цель исследования: апробация в клинической практике комбинированного холодноплазменного стернотомы и определение его эффективности, безопасности и степени повреждения тканей при выполнении стернотомии как этапа оперативного вмешательства.

Материал и методы

На сегодняшний день в исследование включено 39 пациентов (17 женщин, 22 мужчины), средний возраст которых составлял $58,0 \pm 6,2$ лет. Пациенты были рандомизированы на две группы. В первой группе (основной, $n=20$) рассечение грудины проводилось стернотомом с холодноплазменным наконечником. Вторую группу (контрольную) составили 19 человек, которым этап стернотомии проводился с использованием стандартной электро-механической пилы фирмы "Aescular AG&CO.KG" (Germany). Всем пациентам в качестве этапа хирургической операции проводилось выделение левой внутренней грудной артерии.

В структуре заболеваемости у 39 пациентов (79,5%) – 20 человек из основной и 19 человек из контрольной группы – преобладал диагноз ишемической болезни сердца (ИБС). По тяжести проявлений стенокардии у большинства больных преобладали II–III функциональные классы (ФК): в контрольной группе – у 11 человек, в основной – у 13. По 3 человека в каждой группе имели I ФК.

В основной группе имелся 1 пациент с IV ФК. Кроме того, среди включенных в исследование пациентов с основным диагнозом ИБС у 2 человек (5%) диагностирована дилатационная кардиомиопатия. Остальные 8 пациентов (20,5%) в качестве основного заболевания имели порок аортального клапана. Фоновой патологией у всех обследованных была гипертоническая болезнь III ст., риск 4.

В спектре сопутствующих заболеваний наиболее часто диагностировали хронический гастрит в фазе ремиссии: в основной группе – у 12 (60%) пациентов, в контрольной – у 11 (58%) больных. Сахарный диабет либо нарушение толерантности к углеводам в основной группе выявлен у 4 (20%) пациентов, в контрольной – у 5 (26%) человек. Остеохондроз позвоночника диагностирован у 13 пациентов, из них 8 (40%) больных основной группы и 5 (26%) человек – в контрольной. Также достаточно часто выявлялась МКБ: основная группа – у 3 (15%) пациентов, контрольная – у 2 (10%). Частота других сопутствующих заболеваний, встречавшихся у пациентов в обеих группах, не превышала 5%.

В рамках исследования всем пациентам выполнялось комплексное обследование состояния костной системы, в частности, грудины. Оценивали ее состояние исходно, после интраоперационного повреждающего воздействия, а также в раннем и отдаленном послеоперационных периодах.

Показатели метаболизма костной ткани определяли иммуноферментным анализом (ИФА) по уровню остеобластической активности в сыворотке крови (остеокальцин, общая и специфическая костная щелочная фосфатаза, ионизированный кальций и фосфор) и показателям резорбции в моче (кальций и дезоксипиридинолин). Кроме того, всех пациентов тестировали опросником IOF (International Osteoporosis Foundation) по 10-балльной шкале для оценки риска заболевания остеопорозом. Полученные при скрининге данные позволяли косвенно судить о костной регенераторной способности, степени остеопороза и вероятности развития послеоперационных осложнений.

Подсчет объема кровопотери из надкостницы и костной ткани грудины проводился гравиметрическим методом (подсчет разности массы пропитанных кровью и сухих салфеток).

Степень повреждения надкостницы в процессе операции и скорость регенерации костной ткани тела грудины в послеоперационном периоде оценивали морфологическими исследованиями фрагментов тканей.

В качестве метода контроля эффективности репаративной регенерации клеток костной ткани использовали трехфазную динамическую скintiграфию и однофотонную эмиссионную компьютерную томографию (ОЭКТ) грудины с ^{99m}Tc -пирофосфатом или ^{99m}Tc -метиллендифосфатом [8]. Данный метод основан на концепции подсчета поглощения фосфатов тканью грудины по отношению к условно интактной костной ткани позвоночника и позволяет избежать дополнительной лучевой нагрузки, отказавшись от исследования на дооперационном этапе.

Холодноплазменный стернотом – аппарат, разработанный на базе НИИ сильноточной электроники СО РАН

(Томск) совместно с отделом сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «НИИ кардиологии» СО РАМН (Томск), сохранивший эффективность и скорость электромеханической пилы, но при этом позволивший отказаться от использования диатермокоагуляции и медицинского воска, благодаря применению методики коблации [6]. Основой изобретения является модифицированный наконечник электромеханической сагиттальной пилы с двумя электродами (рис. 1).

Благодаря расположению электродов, во время стернотомии возникает разность потенциалов между полотном пилы и коагуляционным электродом наконечника посредством подключения его к биполярному холодноплазменному аппарату «Atlas» (ArthroCare Corp., USA), рисунок 2.

Аппарат обеспечивает ионизацию электропроводящей жидкостной среды (физиологический раствор, кровь) с образованием низкотемпературной плазмы. Таким образом, при продвижении пилы вдоль грудины за рассекающим полотном возникает облако холодной плазмы, которое мгновенно коагулирует сосуды надкостницы и губчатое вещество кости.

Эффект коблации, благодаря более низкому в сравнении с диатермокоагуляцией термическому воздействию, меньше повреждает ткани, не вызывает ожога, а

также лишен эффекта прилипания ткани (ArthroCare Corp., USA). Эффективность и безопасность разработанного аппарата подтверждена серией экспериментов на беспородных собаках. Полученные результаты показали снижение объема интраоперационной кровопотери и послеоперационных инфекционных осложнений у животных [4].

На *первом (дооперационном)* этапе у пациентов обеих групп анализировали показатели метаболизма костной ткани, что позволяло оценить ее состояние, установить скорость обменных процессов в кости, прогнозировать риск послеоперационных осложнений, а также осуществлять в дальнейшем оценку влияния стернотомии на состояние грудины.

На *втором этапе (интраоперационно)* проводился сравнительный анализ результатов стернотомии и получаемого эффекта от использования стернотомы с ХПН у больных 1-й группы. Для этого под внутривенным наркозом, в условиях искусственной вентиляции легких, после обработки операционного поля раствором антисептика и ограничения одноразовым стерильным бельем, рассекали кожу и подкожную жировую клетчатку строго по средней линии примерно на 1,5 см выше рукоятки грудины и на 2–3 см ниже мечевидного отростка. Далее тупым путем освобождали ретростернальное пространство. Затем непосредственно рассекали грудину модифицированным стернотомом с ХПН. В момент рассечения грудины проводили коагулирование надкостницы и губчатого вещества кости облаком холодной плазмы с температурой в зоне воздействия 40–70 °С. Какие-либо другие методы гемостаза не применяли. После выполнения основного этапа все операции завершались стабилизацией распиленных частей грудины с помощью медицинской металлической проволоки «Ethicon 7». Интраоперационно – на этапе стернотомии – подсчитывали объем кровопотери из надкостницы и костной ткани грудины вышеуказанным методом. Для проведения сравнительного анализа влияния коблации непосредственно перед выполнением распила, а также сразу после стернотомии

забирали фрагменты надкостницы и костной ткани из тела грудины для морфологического исследования. Дополнительно фиксировали время, затрачиваемое для выполнения стернотомии в обеих группах.

На *третьем этапе (ранний послеоперационный)* исследовали остеобластическую и остеокластическую активность, аналогично исследованиям, проведенным на дооперационном этапе (уровни остеокальцина, общей и специфической костной щелочной фосфатазы, ионизированного кальция и фосфора), оценивали послеоперационные осложнения. Интенсивность бо-

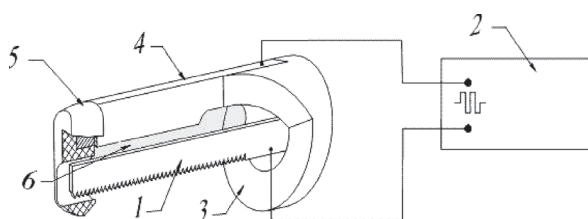


Рис. 1. Схематичное изображение модифицированного наконечника стернотомы, где 1 – полотно пилы, 2 – источник питания, 3 – диэлектрическое основание, 4 – коагуляционный электрод, 5 – диэлектрическая ограничительная лапка, 6 – область формирования облака плазмы



Рис. 2. Устройство холодноплазменного стернотомы: А – стандартный наконечник пилы, В – модифицированный наконечник пилы, С – электромеханическая пила для стернотомии, D – разъем для подключения к холодноплазменному аппарату «Atlas», E – биполярный холодноплазменный аппарат «Atlas»

левого синдрома в зоне вмешательства – от 0 до 10 баллов – оценивали по шкале NRS (Numeric Rating Scale).

В сроки от 10 до 14 сут после проведенного хирургического лечения (период репаративной регенерации с наиболее интенсивной пролиферацией и дифференцировкой клеток костной ткани) пациентам проводилась трехфазная динамическая сцинтиграфия и ОЭКТ грудины с ^{99m}Tc -пирофосфатом или ^{99m}Tc -метилен дифосфатом [8]. Также в этом периоде для проведения морфологического исследования выполняли пункционную биопсию костной мозоли грудины, результаты которой давали представление о степени завершенности формирования костной мозоли и ее структурных характеристиках. Использование модифицированного стернотомата с ХПН согласовано с локальным этическим комитетом. Все пациенты давали письменное согласие на выполнение операций.

На *четвертом (поздний послеоперационный)* этапе (в период от 6 до 12 мес. после проведенного вмешательства) планируется провести анализ отделенных результатов с контролем качества репаративных процессов костной ткани (динамической сцинтиграфией и ОЭКТ), а также отслеживанием поздних послеоперационных осложнений.

Полученные числовые данные подвергались статистической обработке при помощи программы STATISTICA 6.0 for Windows. Для показателей, характеризующих качественные признаки, указывалось абсолютное число и относительная величина (%). Малый и неравный объем исследуемых выборок данных послужил основанием выбора непараметрических критериев для проверки статистической значимости межгрупповых различий показателей, которые проверяли при помощи χ^2 -критерия (угловое преобразование Фишера), Q-критерия Розенбаума. Различия считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Настоящая работа содержит первые результаты апробации стернотомата с ХПН в клинической практике у пациентов, поступивших в стационар для планового оперативного лечения различных сердечно-сосудистых заболеваний (атеросклеротического поражения коронарных артерий, ишемической кардиомиопатии, аневризм восходящего отдела и дуги аорты, патологий клапанного аппарата сердца).

Полученные по результатам исследования данные по-

зволяют говорить о том, что время, затраченное на проведение стернотомии с использованием модифицированного наконечника, оказалось несколько большим, чем при использовании стандартного стернотомата, и составило 14 ± 3 против 7 ± 2 с. Мы предполагаем, что это может быть связано с недостаточно оптимальной формой лапки для диссекции тканей ретростерального пространства. Однако, учитывая тот факт, что после выполнения стернотомии с использованием эффекта коблации не было необходимости в дополнительном гемостазе электрохирургическим инструментом (диатермокоагуляцией) и медицинским воском, суммарное время выполнения данного этапа значительно сокращалось и составляло всего 14 ± 3 против 160 ± 15 с в группе контроля (рис. 3).

Кроме того, использование комбинированного стернотомата существенно (в среднем в 7 раз) снижало объем интраоперационной кровопотери на этапе стернотомии (табл. 1).

На рисунках 4 и 5 представлены изображения грудины, рассеченной с использованием холодноплазменного стернотомата и стандартной электромеханической пилы, позволяющие оценить степень травматизации тканей и качество гемостаза при использовании обеих методик.

Использование комбинированного стернотомата, благодаря значительно меньшей глубине повреждения и температуре в зоне распила костной ткани и надкостницы, уменьшало зону асептического некроза по сравнению со стандартным стернотомом и диатермокоагуляцией. По данным литературы, получаемый пучок холодной плазмы, образующийся в процессе распила, обладает как антисеп-

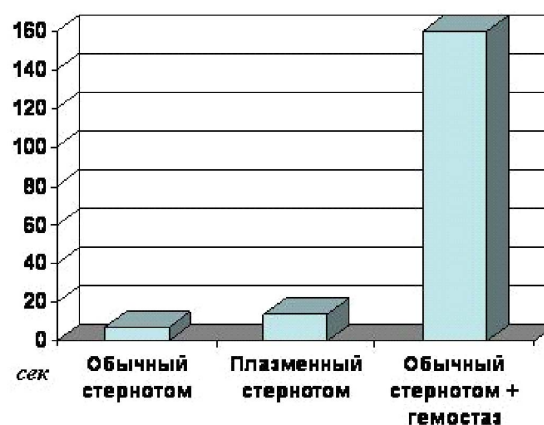


Рис. 3. Продолжительность стернотомии при использовании различных методик

Таблица 1

Сравнительные показатели стернотомии с холодноплазменным и стандартным наконечником

СтернотомПоказатели	Холодноплазменный	Стандартный в сочетании с электрокоагуляцией
Время выполнения этапа стернотомии, с	$14 \pm 3^{**}$	$160 \pm 15^{**}$
Объем кровопотери на этапе стернотомии, гр.	$21 \pm 5^{**}$	$145 \pm 20^{**}$
Интенсивность болевого синдрома в баллах	12 ± 3	22 ± 4
Глубина воздействия на рассекаемые ткани, мм	$0,35 - 0,8$	до 20
Температура в зоне воздействия, С#	$40 - 70$	Более 100

Примечание: # – использованы технические данные аппаратов; ** – $p < 0,05$ – уровень статистической значимости различий между показателями у больных в зависимости от методики стернотомии.

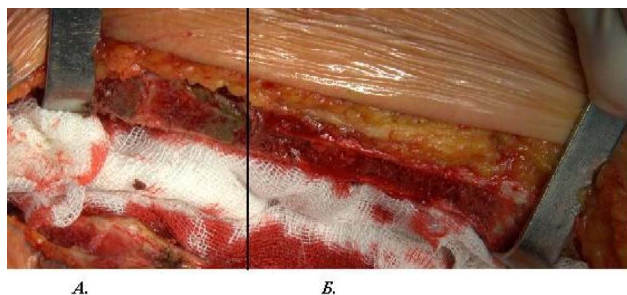


Рис. 4. Раздельная стернотомия с использованием плазменного стернотомы и электромеханической пилы. Грудина рассечена с использованием холодноплазменного наконечника (А) и без него (Б). Линией обозначена граница применения методик

Таблица 2

Течение раннего послеоперационного периода

Группы пациентов	Госпитализация	Осложнения	
		Инфицирование раны в области грудины	Несостоятельность грудины
Основная	16,9 суток**	0	0
Контрольная	26,5 суток**	2	1

Примечание: ** – уровень статистической значимости различий между показателями у больных в различных группах, $p < 0,05$.

тическим, так и асептическим эффектом [5]. Благодаря таким особенностям действия стернотомы с ХПН, в дальнейшем снижалось время репаративной регенерации грудины и риск развития инфекционных осложнений.

Как следствие, более низкий повреждающий эффект новой методики обуславливал меньшую интенсивность болевого синдрома в послеоперационном периоде. А отсутствие такого чужеродного вещества в области распила как медицинский воск, снижало время репаративной регенерации грудины и риск неустойчивости грудины [9, 10].

Таким образом, результаты исследования позволяют говорить о том, что методика холодноплазменной стернотомии, благодаря сокращению продолжительности хирургического доступа, уменьшению объема кровопотери и травматизации тканей, снижает риск развития послеоперационных осложнений. Данное утверждение также основано на анализе течения послеоперационного периода у пациентов в обеих группах (табл. 2).

Продолжительность пребывания в отделении пациентов основной группы в послеоперационном периоде оказалась статистически значимо ниже, чем в контрольной, составив 16,9 сут против 26,5. У больных из основной группы не отмечено осложнений в послеоперационном периоде, тогда как в контрольной группе имели место 3 случая осложненного течения, один из которых потребовал проведения хирургической операции металлоостеосинтеза грудины.

Заключение

Таким образом, использование комбинированного стернотомы, состоящего из холодноплазменного наконечника и электромеханической пилы возможно, эффективно и безопасно. Более того, по результатам исследования данный способ стернотомии представляется ме-

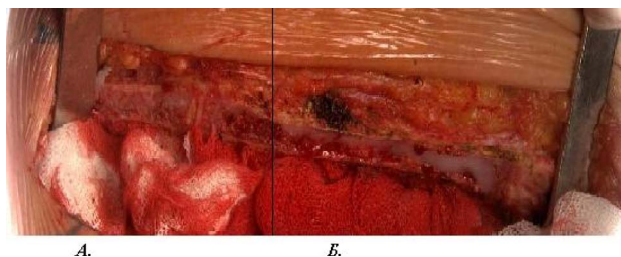


Рис. 5. Раздельная стернотомия с использованием плазменного стернотомы и электромеханической пилы. Грудина рассечена с использованием холодноплазменного наконечника (А) и без него (Б). Линией обозначена граница применения методик. Справа – состояние грудины после проведения гемостаза электрокоагуляцией и медицинским воском

тодом выбора, в частности, для пациентов с высоким риском послеоперационных осложнений – пожилых и больных с хроническими сопутствующими заболеваниями (сахарный диабет, остеопороз и др.).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 11-08-98009-р Сибирь а от 15 декабря 2011 г.

Литература

1. Бокерия Л.А., Гудкова Р.Г. Сердечно-сосудистая хирургия. 2010 год. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. – Научный совет по сердечно-сосудистой хирургии РАМН. – М.: Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН, 2010. – С. 1–37.
2. Вишневский А.А., Рудаков С.С., Миланов Н.О. Хирургия грудной стенки: руководство – М.: Видар, 2005. – С. 273–276.
3. Жуликов А.Л., Маланин Д.А. Применение метода холодноплазменной абляции в травматологии и других областях хирургии // Бюллетень Волгоградского научного центра РАМН. – 2008. – № 1. – С. 59–61.
4. Козлов Б.Н., Кузнецов М.С., Казаков В.А. и др. Первый экспериментальный опыт стернотомии плазменным скальпелем // Сибирский медицинский журнал (Томск). – 2010. – Т. 25, № 4, вып. 1. – С. 123–126.
5. Мисюн Ф.А., Беседин Э.В., Гостев В.А. и др. Экспериментальное изучение бактерицидных свойств холодной плазмы // Материалы конф. «Диагностика и лечение инфекционных заболеваний». – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2000. – С. 171–180.
6. Николаев А.Г., Окс Е.М., Юшков Г.Ю. и др. Стернотом-коагулятор: пат. №114267 Рос. Федерации // Официальный Бюлл. Российского агентства по патентам и товарным знакам «Изобретения. Полезные модели». – 2012. – № 8. – 2 с.
7. Семенов Г.М. СЗО Современные хирургические инструменты. – СПб.: Питер, 2006. – Серия «Краткое руководство». – 352 с.
8. Тепляков А.Т., Мамчур С.Е., Вечерский Ю.Ю. Коронарное шунтирование. Оптимизация восстановительного лечения.

– Томск : Изд-во Том. ун-та, 2006 – 362 с.

9. Alberius P., Klinge B., Sjogren S. Effects of bone wax on rabbit cranial bone lesions // J. Craniomaxillofac. Surg. – 1985. – Vol. 15 (2). – P. 63–67.
10. Ibarrola J.L., Bjorenson J.E., Austin B.P. et al. Osseous reactions to three hemostatic agents // J. Endod. – 1985. – Vol. 11 (2). – P. 75–83.

Поступила 29.04.2012

Сведения об авторах

Козлов Борис Николаевич, д.м.н., зав. кардиохирургическим отделением ФГБУ “НИИ кардиологии” СО РАМН.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: bnkozlov@yandex.ru.

Кузнецов Михаил Сергеевич, к.м.н., м.н.с. отделения сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ “НИИ кардиологии” СО РАМН.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: kms@cardio.tsu.ru.

Насрашвили Георгий Гивиевич, учебный ординатор отделения сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ “НИИ кардиологии” СО РАМН.

Адрес: 634012, Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: ngg5@yandex.ru.

Панфилов Дмитрий Сергеевич, врач-хирург кардиохирургического отделения ФГБУ “НИИ кардиологии” СО РАМН.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: pand2006@yandex.ru.

Шипулин Владимир Митрофанович, д.м.н., профессор, руководитель отделения сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ “НИИ кардиологии” СО РАМН.

Адрес: 634012, Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: shipulin@cardio.tsu.ru.

Николаев Алексей Геннадьевич, к.т.н., с.н.с., Институт сильноточной электроники СО РАН.

Адрес: 634055, г. Томск, Академический пр-т, д. 2/3.

E-mail: nik@oree.hcei.tsc.ru.

Гуляев Всеволод Мильевич, к.м.н., м.н.с. отделения рентгенологических и томографических методов диагностики ФГБУ “НИИ кардиологии” СО РАМН.

Адрес: 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а.

E-mail: milich@mail.com.