



Оригинальная статья

# Способ контроля толщины межжелудочковой перегородки при выполнении септальной миэктомии. Экспериментальное исследование

Гурценков А.В.<sup>1</sup> • Селиванов М.В.<sup>1</sup> • Мухин Е.А.<sup>1</sup> • Сухова И.В.<sup>1</sup> • Дьяченко Я.А.<sup>1</sup> • Агаев Р.С.<sup>1</sup> • Майстренко А.Д.<sup>1</sup> • Новиков В.К.<sup>1</sup> • Кучеренко В.С.<sup>1</sup> • Гордеев М.Л.<sup>1</sup>

**Гурценков Александр Викторович** – канд. мед. наук, ассистент кафедры хирургических болезней<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8494-0646>

✉ 188683, Ленинградская область, Всеволожский район, поселок им. Свердлова, 2-й микрорайон, 55–3, Российская Федерация. Тел.: +7 (921) 799 36 34. E-mail: [glebenmerz@mail.ru](mailto:glebenmerz@mail.ru)

**Селиванов Максим Васильевич** – врач-кардиохирург<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5210-6398>

**Мухин Евгений Анатольевич** – инженер-радиотехник<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1041-531X>

**Сухова Ирина Валентиновна** – канд. мед. наук, врач-кардиолог, вед. науч. сотр.<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7313-5307>

**Дьяченко Яков Александрович** – врач-кардиохирург, аспирант по специальности «Сердечно-сосудистая хирургия»<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2777-8739>

**Агаев Рамиль Саламович** – врач-кардиохирург, аспирант по специальности «Сердечно-сосудистая хирургия»<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9258-9649>

**Майстренко Алексей Дмитриевич** – канд. мед. наук, врач-кардиохирург<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0335-4712>

**Новиков Владимир Константинович** – д-р мед. наук, профессор кафедры хирургических болезней<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4311-3086>

**Кучеренко Владимир Сергеевич** – д-р мед. наук, профессор кафедры хирургических болезней<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5493-5205>

**Гордеев Михаил Леонидович** – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой хирургических болезней<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5362-3226>

**Обоснование.** В настоящее время не существует методов интраоперационного контроля толщины межжелудочковой перегородки (МЖП) на остановленном и разгруженном сердце. Этим, по всей видимости, обусловлены неудовлетворительные результаты ряда операций септальной миэктомии. **Цель** – экспериментально обосновать предложенный авторами способ контроля толщины МЖП при выполнении септальной миэктомии. **Материал и методы.** В основу способа положен метод трансиллюминации. Экспериментальными моделями служили трупные свиные сердца, а также фрагменты человеческого миокарда, удаленные при операциях септальной миэктомии. Оценивалась толщина просвечиваемого миокарда в зависимости от величины локальной освещенности на входе в миокард и внешней освещенности операционного поля. Сопоставлены результаты 67 операций септальной миэктомии, выполненных в клинике ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, и результаты 35 аналогичных экспериментальных операций, проведенных на трупных свиных сердцах с использованием предложенного метода контроля толщины МЖП. **Результаты.** Построен график зависимости освещенности на входе в миокард и толщины просвечиваемого миокарда. После

операций септальной миэктомии, выполненных традиционным способом, медиана разброса значений толщины миокарда составила 4 [3; 6] мм, а в эксперименте с использованием предложенного метода контроля толщины МЖП – 1 [1; 2] мм ( $p=3 \times 10^{-10}$ ). **Заключение.** Способ контроля толщины МЖП при выполнении септальной миэктомии позволяет добиться необходимой толщины миокарда в зоне резекции со значительно большей точностью, чем при традиционном варианте исполнения.

**Ключевые слова:** обструкция выносящего тракта левого желудочка, септальная миэктомия, межжелудочковая перегородка, способ контроля, трансиллюминация, толщина миокарда

**Для цитирования:** Гурценков АВ, Селиванов МВ, Мухин ЕА, Сухова ИВ, Дьяченко ЯА, Агаев РС, Майстренко АД, Новиков ВК, Кучеренко ВС, Гордеев МЛ. Способ контроля толщины межжелудочковой перегородки при выполнении септальной миэктомии. Экспериментальное исследование. Альманах клинической медицины. 2019;47(4):310–7. doi: 10.18786/2072-0505-2019-47-039.

Поступила 27.05.2019; принята к публикации 06.07.2019; опубликована 19.08.2019

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Минздрава России; 197341, г. Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, 2, Российская Федерация



Операция септальной миэктомии применяется уже более 60 лет и за это время убедительно доказала свою эффективность [1]. С течением времени технология выполнения операции совершенствовалась. Были разработаны методы классической миэктомии по А. Morrow [2], варианты расширенной миэктомии [3]. В связи с ограниченной анатомической доступностью межжелудочковой перегородки (МЖП) был предложен ряд внутрисердечных доступов. Наиболее часто используется доступ через створ аортального клапана [2], значительно реже применяются доступы через правый желудочек [4], левое предсердие и митральный клапан [5], трансапикальный доступ – через верхушку левого желудочка [6]. Разработаны специальные хирургические инструменты – различные виды крючков, ножей, ретракторов [7–9].

Несмотря на все усовершенствования, частота осложнений и неудовлетворительных результатов септальной миэктомии остается неизменной. Риск развития дефекта МЖП составляет 1–2%, а частота случаев сохранения остаточной обструкции выходного тракта левого желудочка достигает 10% [10, 11]. В действующих клинических рекомендациях констатируется отсутствие эффективных методов лечения изолированной среднежелудочковой обструкции [12]. Отмечается также, что для уверенного выполнения септальной миэктомии хирург должен обладать опытом самостоятельного проведения не менее 20 таких операций и иметь уровень хирургической активности не менее 10 операций в год [13].

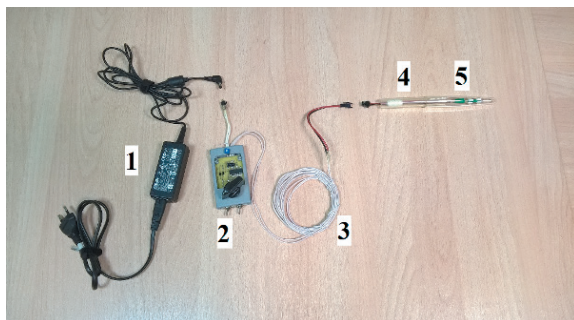
Складывается впечатление, что причина указанных неудовлетворительных результатов в значительной мере связана с отсутствием методов объективного контроля толщины МЖП в процессе операции. Единственный объективный метод оценки толщины МЖП во время операции – транспищеводная эхокардиография – не применима в условиях остановленного и разгруженного сердца из-за наличия в его полостях воздуха, который не позволяет адекватно выполнить

исследование. Таким образом, хирург получает информацию о толщине МЖП, локализации и протяженности зоны утолщения до пережатия аорты. На основании этой информации в голове хирурга строится субъективная анатомическая модель МЖП. После проведения кардиоплегии и осуществления внутрисердечного доступа оператор видит лишь одну сторону перегородки и иссекает миокард в соответствии с моделью, имеющейся у него в голове. При этом видимую сторону МЖП трудно сравнить с инженерным кульманом, где легко и удобно можно все измерить. Манипуляции обычно осуществляются через узкий створ аортального клапана. Зона операции, как правило, не видна целиком, перегородку приходится вытягивать крючком или лигатурой в зону видимости. Ввиду эластичности миокарда толщина МЖП в зоне интереса легко может изменяться при ее компрессии. Оценка протяженности, ширины и глубины зоны иссечения производится в этих условиях субъективно, «на глаз». Возможность объективного контроля с помощью транспищеводной эхокардиографии появляется только на работающем сердце после остановки аппарата искусственного кровообращения и полного удаления воздуха из камер. Признаки недостаточной коррекции или, что еще хуже, дефект МЖП требуют повторного пережатия аорты и мероприятий по их устранению, что увеличивает риск развития сердечной недостаточности и материальной эмболии.

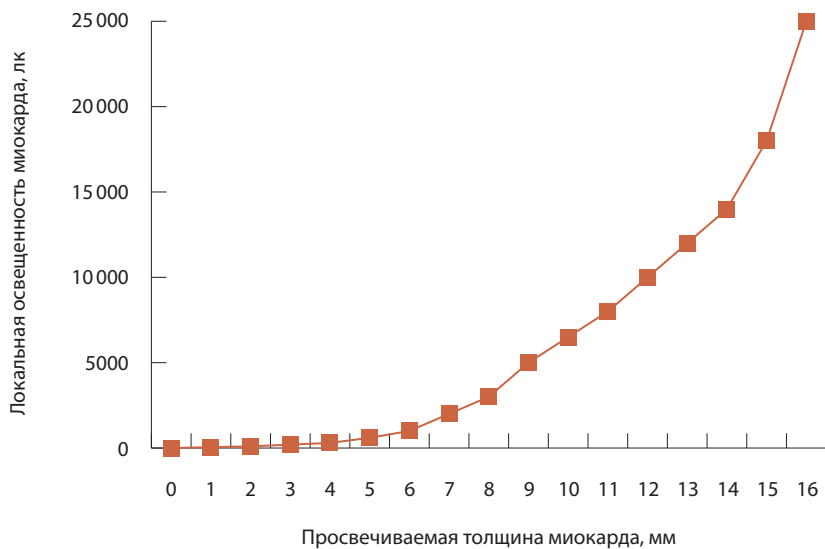
В этой связи нами предложен способ контроля толщины МЖП при выполнении септальной миэктомии, и целью настоящего исследования стало его экспериментальное обоснование.

## Материал и методы

Для осуществления способа контроля толщины МЖП был изготовлен специальный инструмент – осветитель. Как показано на рис. 1, он состоит из блоков питания и управления, соединительного провода, корпуса и источника света. Блок управления представляет собой регулятор мощности, позволяющий произвольно изменять локальную освещенность, создаваемую осветителем, от 0 до 13 500 лк. Корпус выполнен в виде гибкой трубки из поливинилхлорида. С одного ее конца находится источник света – светодиодная лампа, представляющая собой плату с осветительными светодиодами типа SMD LED, установленными на ней так, чтобы свет распространялся равномерно во все стороны. Лампа помещена в тонкостенный стеклянный цилиндр, один конец которого плотно прикрепляется к корпусу, а другой слепо заканчивается. При изготовлении прототипа



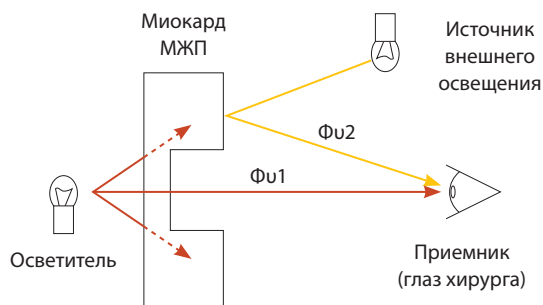
**Рис. 1.** Основные составные части осветителя: **1** – блок питания, **2** – блок управления, **3** – соединительный провод, **4** – корпус, **5** – источник света



**Рис. 2.** График зависимости величины локальной освещенности (лк), создаваемой осветителем, и просвечиваемой толщины миокарда (мм) при внешней освещенности 50 лк

была использована лампа модели TDS-P001L4U15 (TDS Lighting Co., LTD). Через другой конец корпуса проходит соединительный провод, обеспечивающий электроснабжение источника света. Корпус и источник света осветителя герметичны. Предполагается, что корпус осветителя с источником света и соединительным проводом (с разъемом) предварительно подвергаются упаковке и низкотемпературной плазменной стерилизации (оборудование типа STERRAD, Johnson & Johnson). Во время операции указанная система извлекается из упаковки в стерильном виде. Длина соединительного провода позволяет во время операции сбрасывать его из стерильной зоны в нестерильную и подключать к блоку управления. При помощи блока управления на источник света осветителя подается напряжение, обеспечивающее заданный световой поток.

Локальная освещенность, создаваемая осветителем, – крайне важная величина. Она контролируется при помощи люксметра с выносным фотоэлементом; перед применением устройства



**Рис. 3.** Принцип реализации способа контроля толщины межжелудочковой перегородки (МЖП)

проводится контрольный тест. Для этого выносной фотоэлемент люксметра помещается в стерильный прозрачный полиэтиленовый пакет, к которому прикладывается осветитель с включенным источником света. Локальная освещенность, создаваемая источником света, регулируется при помощи блока управления. Необходимые значения локальной освещенности найдены эмпирически для конкретной модели и экземпляра платы со светодиодами, использованной в источнике света, в результате экспериментов с миокардом, удаленным во время операций септальной миэктомии, а также со свиным миокардом. Измерения освещенности проводились при помощи люксметра «Цифровой измеритель освещенности СЕМ DT-1309»; диапазон измерений 0,1–400 000 лк; погрешность:  $\pm 5\% \text{ rdg} \pm 10 \text{ d.}$  ( $< 10\,000 \text{ лк}$ ) и  $\pm 10\% \text{ rdg} \pm 10 \text{ d.}$  ( $> 10\,000 \text{ лк}$ ). При измерении локальной освещенности, создаваемой осветителем, его источник света прикладывался к фотоэлементу люксметра. Аналогичным образом источник света располагался относительно миокарда МЖП при оценке его просвечиваемой толщины. Прямое измерение толщины миокарда проводилось при помощи инженерной линейки с ценой деления 1 мм, допустимой погрешностью измерений  $\pm 0,1 \text{ мм}$  (ГОСТ 427-75). Зависимость величины локальной освещенности и просвечиваемой толщины миокарда для человеческого и свиного миокарда оказалась идентичной, представлена в виде графика (рис. 2).

Второй важный параметр – внешняя освещенность операционного поля. Глаз хирурга воспринимает свет как прошедший сквозь миокард, так и отраженный от операционного поля. Способ контроля основан на различении глазом хирурга этих двух световых потоков (рис. 3). По сути это известный в фотометрии метод визуального сравнения светимости и контрастности объектов (в данном случае миокарда).

Внешняя освещенность контролируется при помощи люксметра, выносной фотоэлемент которого располагается на уровне глаз хирурга. Яркость операционных ламп уменьшается до такой степени, чтобы освещенность на уровне глаз хирурга составляла 50 лк. При этом освещенность операционного поля визуально выглядит недостаточной, что требует использования налобного осветителя, луч которого позволяет локально подсвечивать зону интереса. При отведении луча в сторону освещенность на уровне глаза хирурга будет составлять установленные 50 лк. Указанная величина внешней освещенности на уровне глаз хирурга, необходимая для адекватного проведения измерений, также

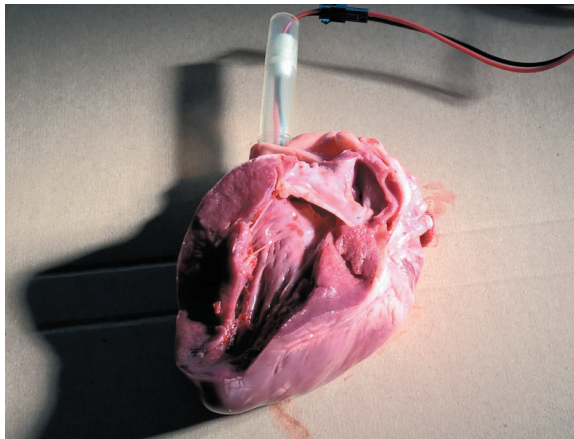




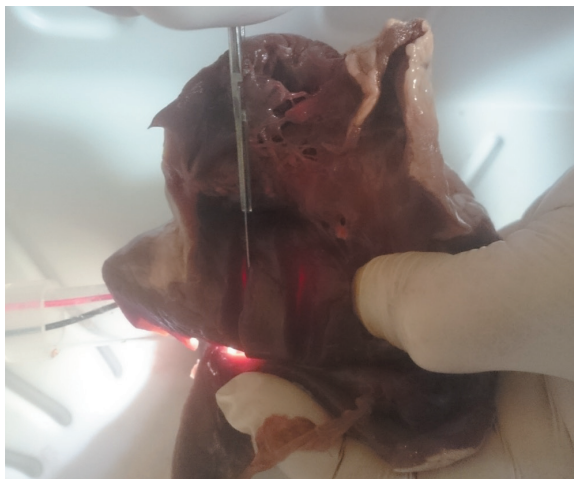
найдена эмпирически. В этих условиях осветитель с источником света на основе светодиодов обеспечивает приемлемый диапазон измерений толщины миокарда, не вызывая существенного нагревания окружающих тканей (температура миокарда через 15 минут непрерывной работы на максимальной мощности не превышала 37 °С).

Наличие графика зависимости уровня локальной освещенности на входе в миокард и толщины просвечиваемого миокарда (см. рис. 2) для конкретного осветителя позволяет устанавливать любую требуемую толщину миокарда из доступного диапазона.

При изучении данных эхокардиографии 165 пациентов после успешной септальной миэктомии было установлено, что остаточная толщина миокарда МЖП в зоне выполнения септальной миэктомии составляет  $10 \pm 2,4$  мм. Минимальная остаточная толщина перегородки в зоне операции, при которой не происходило ее разрыва, была 7 мм. С учетом вышесказанного локальная освещенность, создаваемая осветителем, устанавливалась



**Рис. 4.** Вид сердца во время эксперимента. Удалены передняя и боковая стенки левого желудочка. Видна межжелудочковая перегородка. Осветитель введен в правый желудочек через разрез легочного ствола



**Рис. 5.** Два разреза межжелудочковой перегородки по технике А. Morrow. Свечение тканей в глубине разрезов

такой, чтобы надежно просвечивался массив миокарда толщиной в 10 мм при освещенности на уровне глаза хирурга в 50 лк. Для источника света на основе лампы модели TDS-P001L4U15 (TDS Lighting Co., LTD) в лабораторных условиях это значение составляет 6700 лк. Проведенные эксперименты по выполнению септальной миэктомии на трупных сердцах показывают, что при выполнении разреза МЖП точка появления свечения миокарда нередко «проскакивается». Глубина разреза оказывается на 2–3 мм больше, и толщина миокарда в зоне разреза получается меньше заданной. Исходя из этого, представляется необходимым устанавливать уровень локальной освещенности, создаваемой осветителем, в пределах 12 000–12 500 лк. Это дает возможность просвечивать массив миокарда толщиной 12–13 мм и с учетом погрешностей при выполнении разреза позволит исключить чрезмерное истончение МЖП.

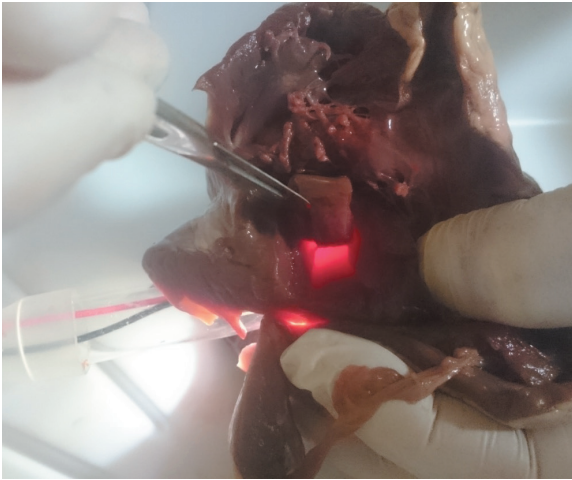
#### Описание экспериментов

Для оценки эффективности метода контроля толщины МЖП было выполнено 35 экспериментальных операций септальной миэктомии на свиных сердцах с использованием изучаемого способа контроля. Источник света помещался в полость правого желудочка через просвет легочного ствола и вплотную прижимался к МЖП (рис. 4).

Значение локальной освещенности, создаваемой осветителем, устанавливалось на уровне 12 500 лк. Внешняя освещенность на уровне глаз хирурга устанавливалась на уровне 50 лк. Проводилось иссечение прямоугольного участка миокарда в субаортальной зоне. При этом глубина продольных разрезов увеличивалась до появления свечения тканей, свидетельствующего о достижении целевой остаточной толщины миокарда (рис. 5, 6).

После этого зона резекции рассеклась в продольном направлении и проводилось прямое измерение толщины миокарда (рис. 7). При этом измерительный инструмент располагался вплотную к измеряемому образцу миокарда так, чтобы на последний не оказывалась компрессия.

Полученные результаты измерений толщины МЖП на трупных свиных сердцах (далее – экспериментальная группа) были сопоставлены с аналогичными показателями у пациентов с obstructивными формами гипертрофической кардиомиопатии после перенесенной операции септальной миэктомии. Для этого была отобрана группа из 67 пациентов, у которых измерения толщины МЖП были прицельно выполнены в зоне резекции одним специалистом на одном и том



**Рис. 6.** Поперечный разрез по методу А. Моргов. Свечение тканей на дне зоны иссечения



**Рис. 7.** Прямое измерение остаточной толщины миокарда в зоне миэктомии

же эхокардиографе (Vivid 7 PRO (GE Vingmed Ultrasound)) при оптимальных условиях визуализации (далее – группа пациентов после септальной миэктомии).

Для оценки эффективности предложенного метода проводилось сравнение величины разброса толщины МЖП – разницы между минимальным значением в группе и значением каждого конкретного измерения.

#### Статистический анализ

Статистическая обработка данных проведена с использованием прикладной программы Statistica for Windows ver. 10.0. Учитывая относительно небольшой размер выборки, при сравнении количественных переменных использовался непараметрический критерий Манна – Уитни. Количественные переменные представлены в виде медианы (Me) и межквартильного интервала [Q1 – 25-й; Q3 – 75-й квартиль].

#### Этическая экспертиза

Работа выполнена в соответствии с этическими принципами проведения биомедицинских исследований, отраженными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. От всех людей, ставших объектами исследования, получено добровольное информированное согласие. Используемые при написании данной статьи материалы, связанные с обследованием и лечением пациентов с обструктивными формами гипертрофической кардиомиопатии, были получены при выполнении клинической апробации «Клиническая апробация метода мобилизации сердца при хирургическом лечении гипертрофической кардиомиопатии (ГКМП) трансаортальным доступом». Индекс протокола 2016-19-5. Протокол клинической апробации был рассмотрен на заседании Этического комитета Министерства здравоохранения Российской Федерации от 24 марта 2016 г. Вынесено решение об обоснованности возможности применения данных методов диагностики, профилактики, лечения и реабилитации при оказании медицинской помощи в рамках клинической апробации и согласовании протокола клинической апробации (выписка из заседания Этического комитета Министерства здравоохранения Российской Федерации от 24 марта 2016 г. № 27-0/52624-7).

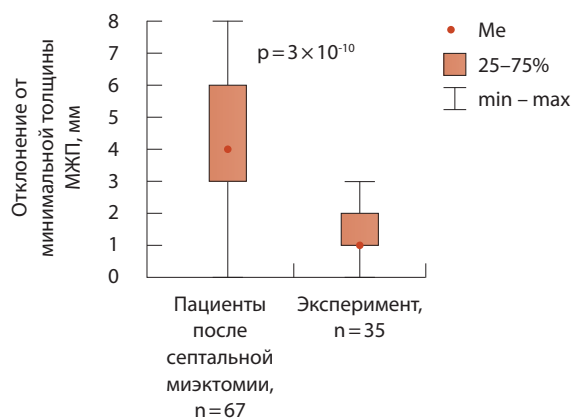
#### Результаты

Медианное значение толщины миокарда в группе пациентов после септальной миэктомии составило 12 [11; 14] мм, минимально – 8 мм. Медиана разброса значений толщины МЖП была 4 [3; 6] мм, максимально – 8 мм. В экспериментальной группе медианное значение толщины МЖП равнялось 11 [11; 12] мм, минимально – 10 мм. Медиана разброса значений толщины МЖП – 1 [1; 2] мм, максимально – 3 мм.

Сравнительный анализ разброса толщины МЖП между изучаемыми группами измерений показал, что в экспериментальной группе он был значительно меньше ( $p = 3 \times 10^{-10}$ ), чем в группе пациентов после септальной миэктомии (рис. 8).

#### Обсуждение

Как упоминалось выше, в настоящее время методов интраоперационного контроля толщины МЖП на остановленном и разгруженном сердце не существует. Этим, по всей видимости, обусловлены неудовлетворительные результаты ряда операций септальной миэктомии. Нами предложен метод объективного интраоперационного контроля толщины МЖП при выполнении данных



**Рис. 8.** Сравнительный анализ разброса толщины межжелудочковой перегородки (МЖП) у пациентов после септальной миэктомии ( $n=67$ ) и в эксперименте на трупных свиных сердцах при использовании предлагаемого способа контроля (n = 35)

технология, увеличиваться время, необходимое для выполнения вмешательства. У хирурга появится необходимость отвлекаться от операции для чтения показаний приборов, практичность метода будет потеряна.

Согласно результатам многочисленных экспериментов, проведенных нами в лабораторных, «стендовых» условиях, когда экспериментатор не был ограничен во времени, применение описанного метода контроля позволяло выполнить разрез с точностью до одного миллиметра. Очень помогало то, что свечение появляется при достижении установленной толщины миокарда за счет не только его рассечения, но и компрессии. Легкое нажатие лезвием скальпеля на миокард перед выполнением разреза позволяло за несколько миллиметров выявить приближение к установленной его толщине (в виде появления свечения ткани во время компрессии), а также довольно точно оценить оставшееся расстояние. В условиях, более приближенных к реальной операции, когда при каждом проходе скальпеля глубина разреза увеличивалась на 2–3 мм, стало получаться быстрее, однако глубина, на которой появлялось свечение миокарда, часто «проскакивалась», и разрез получался глубже на указанные 2–3 мм. Для компенсации этой погрешности решено было увеличить мощность оптического излучения осветителя из расчета просвечивания миокарда толщиной в 13 мм (вместо исходных 10 мм). После этого точность попадания в заданную толщину (10 мм) существенно выросла, разброс показателей оказался немногим больше 1 миллиметра (см. рис. 8). В эксперименте показано, что точность получения необходимой толщины миокарда с использованием предложенного способа статистически значимо ( $p=3 \times 10^{-10}$ ) превышает таковую при выполнении операций миэктомии по традиционной методике. При сопоставлении экспериментальных и клинических данных разброс показателей толщины МЖП в эксперименте оказался меньше в 4 раза.

Таким образом, предложенный способ в условиях эксперимента показал относительно невысокую точность измерения толщины миокарда, однако она представляется достаточной, поскольку превышает точность исполнения миэктомии. При этом способ остался простым, дешевым и практичным.

Авторы отдают себе отчет в том, что результаты проведенной работы могут быть приняты с некоторыми оговорками, так как сравнивались результаты операций на живых человеческих и трупных свиных сердцах. Толщина миокарда измерялась разными методами (эхокардиография и прямое

операций. Создан и опробован *in vitro* специальный хирургический инструмент – осветитель. Он позволяет в режиме реального времени контролировать остаточную толщину миокарда при выполнении разреза, что недоступно никаким другим известным методам. Хирург получает сигнал о достижении установленной толщины МЖП в виде свечения тканей в глубине разреза.

С появлением способа объективного контроля толщины миокарда закономерно возникает вопрос: какую точность измерения он должен обеспечивать? Безусловно, чем точнее, тем лучше. Однако, во-первых, следует иметь в виду, что результат операции зависит не только от точности измерения, но и от точности исполнения. Рутинная практика показывает, что при использовании хирургической оптики с 2,5–3,5-кратным увеличением оператор вполне способен выполнять действия с точностью в пределах десятых долей миллиметра (например, формирование маммарокоронарного анастомоза). При этом зона интереса имеет размер в несколько миллиметров, а время выполнения прецизионной процедуры составляет от 5 до 15 минут! При выполнении септальной миэктомии требуется иссечь фрагмент миокарда размером в несколько сантиметров. Иссечение миокарда с точностью до десятых долей миллиметра будет выполняться неприемлемо долго. Хирург в реальной ситуации ограничен во времени (чем меньше время пережатия аорты, тем лучше), поэтому размах движений режущего инструмента при иссечении миокарда составляет как минимум несколько миллиметров, чем и определяется точность исполнения. Во-вторых, повышение точности способа контроля неизбежно приведет к его усложнению за счет применения дополнительного оборудования (например, датчика мощности оптического излучения и т.п.), которое будет занимать и так ограниченное пространство операционного поля. Будет усложняться





измерение). Погрешности при определении толщины миокарда с помощью осветителя в условиях реальной операции могут быть обусловлены наличием крови, неровностями МЖП со стороны правого желудочка (трабекулярность, подклапанный аппарат трикуспидального клапана). Были проведены отдельные эксперименты, направленные на изучение влияния указанных факторов. Получены обнадеживающие результаты, однако этот вопрос требует более тщательного изучения.

Предметом для дискуссий могут быть оптимальные размеры и форма источника света осветителя, материалы, используемые при его изготовлении, параметры создаваемого оптического излучения.

С точки зрения авторов имеется большой потенциал для совершенствования материальной части и технологии в целом. Предложенный

способ контроля толщины МЖП представляется большим шагом в сторону повышения качества выполнения миэктомии и снижения частоты осложнений. В литературе мы не нашли упоминаний об использовании описанного способа. Подана заявка на получение патента Российской Федерации на изобретение, получена приоритетная справка № 2019103465 от 07.02.2019.

### Заключение

Нами разработан и экспериментально обоснован способ контроля толщины МЖП при выполнении септальной миэктомии, позволяющий добиться необходимой толщины миокарда в зоне резекции со значительно большей точностью, чем при традиционном варианте исполнения. ©

## Дополнительная информация

### Финансирование

Работа проведена без привлечения дополнительного финансирования со стороны третьих лиц.

### Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

### Участие авторов

А.В. Гурщенков – концепция и дизайн исследования, изготовление осветителя, сбор и обработка материала, написание

и редактирование текста; М.В. Селиванов – концепция и дизайн исследования, изготовление осветителя, сбор и обработка материала; Е.А. Мухин – концепция и дизайн исследования, изготовление осветителя, анализ результатов; И.В. Сухова, Я.А. Дьяченко, Р.С. Агаев и А.Д. Майстренко – сбор и обработка материала, анализ результатов; В.К. Новиков и В.С. Кучеренко – концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация результатов; М.Л. Гордеев – концепция и дизайн исследования, интерпретация результатов, редактирование текста. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

## Литература / References

1. Hang D, Nguyen A, Schaff HV. Surgical treatment for hypertrophic cardiomyopathy: a historical perspective. *Ann Cardiothorac Surg.* 2017;6(4):318–28. doi: 10.21037/acs.2017.04.03.
2. Morrow AG, Reitz BA, Epstein SE, Henry WL, Conkle DM, Itscoitz SB, Redwood DR. Operative treatment in hypertrophic subaortic stenosis. Techniques, and the results of pre and postoperative assessments in 83 patients. *Circulation.* 1975;52(1):88–102. doi: 10.1161/01.cir.52.1.88.
3. Messmer BJ. Extended myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Ann Thorac Surg.* 1994;58(2):575–7. doi: 10.1016/0003-4975(94)92268-3.
4. Borisov KV. Right ventricle myectomy. *Ann Cardiothorac Surg.* 2017;6(4):402–9. doi: 10.21037/acs.2017.07.10.
5. Wehman B, Ghoreishi M, Foster N, Wang L, D'Ambra MN, Maassel N, Maghami S, Quinn R, Dawood M, Fisher S, Gammie JS. Transmitral septal myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Ann Thorac Surg.* 2018;105(4):1102–8. doi: 10.1016/j.athoracsur.2017.10.045.
6. Quintana E, Schaff HV, Dearani JA. Transapical myectomy for septal hypertrophy not accessible through the aortic root. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2015;6(3):455–7. doi: 10.1177/2150135115589791.
7. Kim JH. Tips for Successful Septal Myectomy in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;51(3):227–30. doi: 10.5090/kjtcs.2018.51.3.227.
8. Khalpey Z, Korovin L, Chitwood WR Jr, Poston R. Robot-assisted septal myectomy for hypertrophic cardiomyopathy with left ventricular outflow tract obstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;147(5):1708–9. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.12.017.
9. Musharbash FN, Schill MR, Henn MC, Damiano RJ Jr. Minimally invasive septal myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Innovations (Phila).* 2017;12(6):489–92. doi: 10.1097/IMI.0000000000000421.
10. Smedira NG, Lytle BW, Lever HM, Rajeswaran J, Krishnaswamy G, Kaple RK, Dolney DO, Blackstone EH. Current effectiveness and risks of isolated septal myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Ann Thorac Surg.* 2008;85(1):127–33. doi: 10.1016/j.athoracsur.2007.07.063.
11. Altarabsheh SE, Dearani JA, Burkhart HM, Schaff HV, Deo SV, Eidem BW, Ommen SR, Li Z, Ackerman MJ. Outcome of septal myectomy for obstructive hypertrophic cardiomyopathy in children and young adults. *Ann Thorac Surg.* 2013;95(2):663–9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.08.011.
12. 2014 ESC Guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy: the Task Force for the Diagnosis and Management of Hypertrophic Cardiomyopathy of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2014;35(39):2733–79. doi: 10.1093/eurheartj/ehu284.
13. 2011 ACCF/AHA guideline for the diagnosis and treatment of hypertrophic cardiomyopathy: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation.* 2011;124(24):e783–831. doi: 10.1161/CIR.0b013e318223e2bd.



# The way to control the interventricular septum thickness during septal myectomy. An experimental study

A.V. Gurshchenkov<sup>1</sup> • M.V. Selivanov<sup>1</sup> • E.A. Mukhin<sup>1</sup> • I.V. Sukhova<sup>1</sup> • Ya.A. D'yachenko<sup>1</sup> • R.S. Agaev<sup>1</sup> • A.D. Maystrenko<sup>1</sup> • V.K. Novikov<sup>1</sup> • V.S. Kucherenko<sup>1</sup> • M.L. Gordeev<sup>1</sup>

**Background:** At present, there are no methods for intraoperative monitoring of the interventricular septum (IVS) thickness in a stopped and empty heart. This might be an obvious reason for unsatisfactory results after a number of septal myectomies. **Aim:** To provide an experimental background for the method to control the IVS thickness (that we had proposed) during septal myectomy. **Materials and methods:** The proposed technique is based on the transillumination method. The experimental models were cadaveric porcine hearts, as well as fragments of the human myocardium removed during septal myectomies. The thickness of the translucent myocardium was estimated depending on the local illumination value at the entrance to the myocardium and the external illumination of the surgical field. We compared the results of 67 septal myectomies performed in the clinic of the Almazov National Medical Research Centre with the results of 35 similar experimental procedures with cadaveric porcine hearts using the proposed way of measurement. **Results:** A graph of the illumination at the entrance to the myocardium against the thickness of the translucent myocardium was constructed. After conventionally performed septal myectomies

the median variation of the myocardial thickness was 4 [3; 6] mm. In the experiment using the proposed control method, the median variation was 1 [1; 2] mm, i.e. significantly less than with the conventional approach ( $p = 3 \times 10^{-10}$ ). **Conclusion:** The method to control the IVS thickness when performing septal myectomy makes it possible to achieve the required myocardial thickness the resection area with much greater accuracy than with the conventional one.

**Key words:** left ventricular outflow tract obstruction, septal myectomy, interventricular septum, way to control, transillumination, thickness of the myocardium

**For citation:** Gurshchenkov AV, Selivanov MV, Mukhin EA, Sukhova IV, D'yachenko YaA, Agaev RS, Maystrenko AD, Novikov VK, Kucherenko VS, Gordeev ML. The way to control the interventricular septum thickness during septal myectomy. An experimental study. *Almanac of Clinical Medicine*. 2019;47(4):310–7. doi: 10.18786/2072-0505-2019-47-039.

Received 27 May 2019; accepted 6 July 2019; published 19 August 2019

## Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interests.

## Authors' contributions

A.V. Gurshchenkov, the study concept and design, the illuminator fabrication, data collection and management, writing and editing of the text; M.V. Selivanov, the study concept and design, the illuminator fabrication, data collection and management; E.A. Mukhin, the study concept and design, the illuminator fabrication, analysis of the results; I.V. Sukhova, Ya.A. D'yachenko, R.S. Agaev, and A.D. Maystrenko, data collection and management, analysis of the results; V.K. Novikov and V.S. Kucherenko, the study concept and design, analysis and interpretation of the results; M.L. Gordeev, the study concept and design, interpretation of the results, text editing. All the authors have contributed significantly to the study conduct and preparation of the paper, have read and approved its final version before the publication.

**Aleksandr V. Gurshchenkov** – MD, PhD, Assistant, Chair of Surgical Diseases<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8494-0646>

✉ 55–3 Mikrorayon 2, poselok im. Sverdlova, Vsevolzhskiy rayon, Leningradskaya oblast', 188683, Russian Federation. Tel.: +7 (921) 799 36 34. E-mail: [glebenmerz@mail.ru](mailto:glebenmerz@mail.ru)

**Maksim V. Selivanov** – MD, Cardiac Surgeon<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5210-6398>

**Evgeniy A. Mukhin** – Engineer<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1041-531X>

**Irina V. Sukhova** – MD, PhD, Cardiologist, Leading Research Fellow<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7313-5307>

**Yakov A. D'yachenko** – MD, Cardiac Surgeon, Postgraduate Student<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2777-8739>

**Ramil S. Agaev** – MD, Cardiac Surgeon, Postgraduate Student<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9258-9649>

**Aleksey D. Maystrenko** – MD, PhD, Cardiac Surgeon<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0335-4712>

**Vladimir K. Novikov** – MD, PhD, Professor, Chair of Surgical Diseases<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4311-3086>

**Vladimir S. Kucherenko** – MD, PhD, Professor, Chair of Surgical Diseases<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5493-5205>

**Mikhail L. Gordeev** – MD, PhD, Professor, Head of the Chair of Surgical Diseases<sup>1</sup>; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5362-3226>

<sup>1</sup> Almazov National Medical Research Centre; 2 Akkuratova ul., Saint Petersburg, 197341, Russian Federation