

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКРЫТИЯ ДЕФЕКТОВ МЕЖПРЕДСЕРДНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ СЕРДЦА

© С. М. Лазарев¹, Е. Ю. Лазарева²

¹СПбГБУЗ «Городская больница святой преподобномученицы Елизаветы», Санкт-Петербург;

²ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Резюме. Несмотря на более чем полувековой опыт хирургического лечения ДМПП сердца до сих пор выбор закрытия дефекта носит эмпирический характер. В работе методом моделирования на компьютере изучены биомеханические свойства межпредсердной перегородки в норме и при вторичном дефекте в ней, а также методы устранения последнего – ушивание, закрытие заплатой и эндоваскулярное закрытие устройством «Amplatzer septal occluder». Модели построены с учетом известных величин напряжения для каждой структуры. Полученные модели напряжения и перемещения сравнивали между собой. Это позволило определить возможность возникновения рецидива ДМПП при закрытии дефекта заплатами различных размеров, ушивании и устройством «ASO». Было выявлено, что наибольшие напряжения и перемещения возникают в области овальной ямки перегородки. Отмечено, что с увеличением толщины этой части перегородки уменьшаются напряжение и перемещение. Поэтому вторичный ДМПП должен закрываться материалом или устройством, которые равны или больше толщины МПП. В этой связи заплата из любого материала не лучший способ операции, либо заплата должна превышать площадь овальной ямки (дефекта) в 1,5 раза. При ушивании дефекта наибольшие напряжение и перемещение возникают в области шва, а это опасность рецидива порока. При закрытии дефекта перегородки устройством «ASO» возникают наименьшие значения напряжения и перемещения в области контакта устройства с МПП, что исключает возможность рецидива порока.

Ключевые слова: сердце; дефект межпредсердной перегородки; способы закрытия; моделирование.

MODELING TO CLOSE OF INTERatrium SEPTUM DEFECTS OF THE HEART

© S. M. Lazarev¹, Ye. Yu. Lazareva²

¹St. Elizabeth Municipal Hospital, Saint Petersburg, Russia;

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

Abstract. Atrial septal defect (ASD) of the secundum type are the most common lesions. More than half of the century a surgeons are operating second defect of ASD of the heart. But a choice to close this defect have the empirical character. In this work the method of the modeling on computer was used. Were studied biomechanical properties of the interatrial septum in norm and with the defect, fnd the methods to close such defects: to close to the patch, sutured, endovascular close defects use device “Amplatzer septal occlude” (ASO). This models was build with accounting famous the size of the tension for every tissue structure. The models of the tension and motion were to came out. Than the results were compared. This results allowed the authors had to determinate the use of relapse of ASD after close of the defects with patchs, suture, and the device of the “ASO”. Most the tension and the motion appear in the oval pit of the septum were discovered. Was notice that the tension and the motion were decreased with increased the thickness this part of the septum. Therefore the second ASD must be close with the stuffs or devices which equal or greater than thickness the interseptum patch. In this connection the patch from any stuff are not better the method of the operation or the stuff is must be greater 1,5 than the area of the oval pit. When the defect is sutured there is great the tension and motion in the region of the suture. It is the danger of the relapse of the heart defect. When the defect is close the device of “ASO” there is small the tension and motion in the part of contact the device and interatrium septum that exclude the defect relapse.

Key words: heart; interatrium septal defects; modeling; methods of the close.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Дефект межпредсердной перегородки (ДМПП) является распространенным врожденным пороком сердца у детей. В различных публикациях сообщается, что частота его встречаемости по клиническим данным составляет 5–15%, а по патологоанатомическим —

3,7–10% от всех ВПС [2, 7]. Вторичные центральные ДМПП являются самыми распространенными и составляют 65% от всех видов данных дефектов [6].

Операции на открытом сердце для устранения ДМПП считались методом выбора на протяжении многих лет. Дефекты в МПП ушивались одиночны-

ми швами, непрерывной нитью, пришивались заплаты из разных биологических (перикард, фасции) и технических материалов. В конце XX столетия широко использовались мининвазивные доступы, такие как министернотомия, субксифоидальный доступ, правосторонняя субмаммарная и боковая миниторакотомии, но даже они сопровождаются травмой грудной стенки, перикарда и подключением аппарата искусственного кровообращения, а также длительным послеоперационным и реабилитационным периодами [8], и не исключали реканализации дефекта.

Во всем мире в последние годы все больше для устранения вторичных ДМПП используются эндоваскулярные операции. Разработан ряд эндоваскулярных устройств и методов их имплантации, однако большинство из них имеют недостатки — непрочную фиксацию в сердце и в связи с этим необходимость проведения повторных операций, а также трудности, связанные с доставкой устройства в камеры сердца пациента, и достаточно ограниченный диапазон, в зависимости от размера, дефекта возможности закрытия ДМПП [5, 7, 10, 11]. Устройством, лишенным вышеописанных недостатков, является «Amplatzer septal occluder» (ASO) [9, 11].

Как ни странно, но до сих пор не изучена биомеханика МПП при дефекте в ней и не обосновано с точки зрения биомеханики закрытие последнего различными способами, что не позволяет подойти к операции ликвидации ДМПП не эмпирическим путем, как это делается, а с позиций биомеханики.

Цель работы — изучить биомеханические свойства МПП при дефекте в ней, обосновать методы закрытия последнего и выбрать оптимальный.

МАТЕРИАЛ И МЕТОД

С целью проведения биомеханического обоснования использования наиболее эффективной методики закрытия ДМПП, обеспечивающей отсутствие рецидива в послеоперационном периоде, выполнено исследование по моделированию МПП в норме и при наличии в ней дефекта в области овальной ямки с последующим его устранением различными методами. Моделирование МПП в норме и при наличии в ней центрального дефекта выполнено впервые: подобные работы отсутствуют как в отечественной, так и в зарубежной литературе.

Моделирование биологических объектов представляет собой аналитическое описание идеализированных процессов и систем, адекватных реальным. Оно необходимо для понимания закономерностей функционирования биологических объектов в норме, патологии и при хирургических операциях и совершенствовании методов ранней диагностики на-

рушений биомеханических свойств биологического объекта. Биомеханическое моделирование основано на оценке напряженно-деформированного состояния при использовании принципов механики деформированного тела [3, 4].

Геометрическая схема содержательной модели отражает межпредсердную перегородку радиусом 15 мм, в центре которой расположено отверстие радиусом 5 мм, что примерно соответствует анатомическим параметрам межпредсердной перегородки нормального сердца ребенка в возрасте 5–6 лет [2].

Модели МПП были построены при следующих допущениях: 1) среда каждой структуры, входящей в состав МПП, сплошная; 2) материалы структур — однородны и изотропны (механические свойства — модуль упругости: ткани МПП, ткани овальной ямки, заплаты, эндоваскулярного устройства «ASO», и коэффициент Пуассона); 3) размеры исследуемой области выбраны такими, что условия закрепления модели в пространстве не оказывают влияние на напряженно-деформированное состояние структур в области патологии (радиус рассматриваемой области в 5 раз больше радиуса овального отверстия); 4) модель выбрана округлой формы для исключения влияния концентрации напряжений в углах.

Все модели построены с учетом известных максимально допустимых величин напряжения для каждой исследуемой структуры (МПП, ткани овальной ямки, заплаты, материалов конструкции «ASO»). В конечном итоге получали модели напряжения и перемещения в каждом рассматриваемом случае, которые сравнивали между собой. Это позволило определить возможность возникновения рецидива ДМПП и целесообразность закрытия дефекта заплатами различных размеров, устройством «ASO», наложением шва.

1. Моделирование межпредсердной перегородки при закрытии дефекта заплатами

Геометрическая схема содержательной модели МПП при закрытии дефекта заплатой представлена на рис. 1 и включает следующие биологические структуры: 1 — МПП; 2 — заплата. Приняты следующие обозначения: R — радиус рассматриваемой области; r — радиус заплаты; h_{Π} — толщина перегородки; h_3 — толщина заплаты. При закрытии дефекта заплатой встык, радиус заплаты равен радиусу открытого овального окна (рис. 1 а, б).

Расчет напряженно-деформированного состояния проведен при следующих значениях: радиус рассматриваемой области $R = 15$ мм; радиус овального окна $r = 5$ мм; толщина МПП $h_{\Pi} = 2$ мм; толщина МПП в области овального окна $h_{0,0} = 0,5$ мм. Модуль упругости (ткань из политетрафторэти-

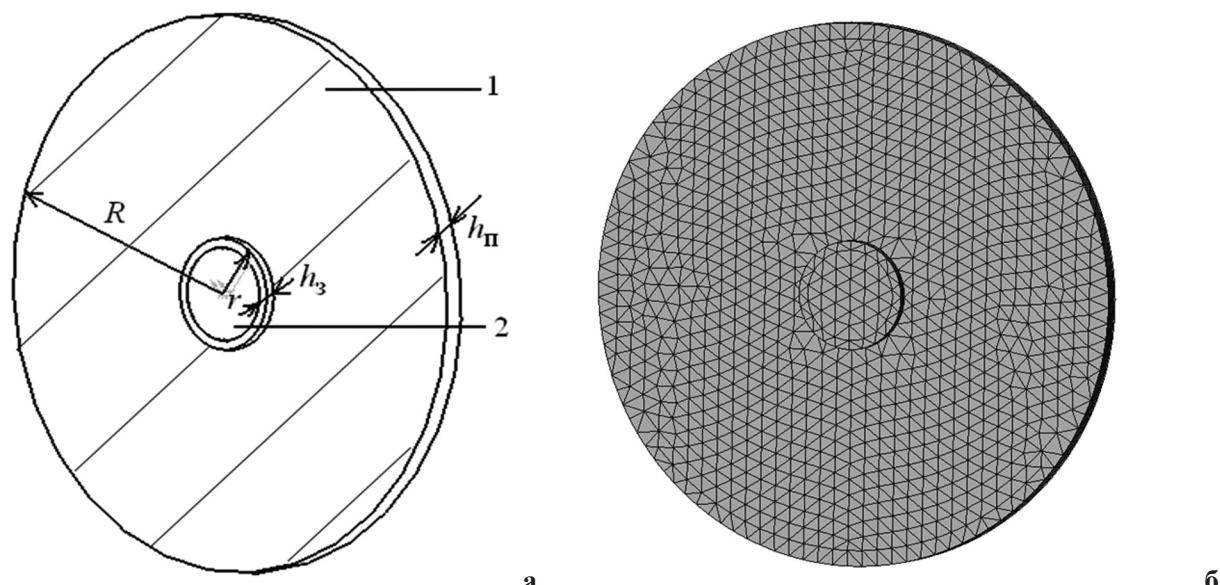


Рис. 1. Геометрическая схема содержательной модели МПП при закрытии дефекта заплатой: а — геометрическая схема (1 — МПП, 2 — овальное окно, закрытое заплатой встык); б — конечно-элементная модель

лена) — 0,35 МПа, толщина заплаты — 1 мм; модуль упругости межпредсердной перегородки — 0,18 МПа; модуль упругости клапана овального отверстия — 1 МПа. Заплата фиксирована к передней части МПП.

Рассчитано распределение напряжений и перемещений в МПП при различных по площади заплатах. В процентах рассчитано соотношение площади заплаты к площади овального окна: заплата на 50% больше площади овальной ямки (радиус заплаты $r=7,5$ мм при радиусе овального окна $r=5$ мм), за-

плата на 100% больше площади овального окна (радиус заплаты $r=10$ мм при радиусе овального окна $r=5$ мм), заплата на 150% больше (радиус заплаты $r=15$ мм при радиусе овального окна $r=5$ мм).

2. Моделирование межпредсердной перегородки при ушивании дефекта

Геометрическая схема содержательной модели МПП при закрытии дефекта непрерывным швом (рис. 2) включает следующие структуры: 1 — МПП; 2 — овальное окно. Приняты следующие обо-

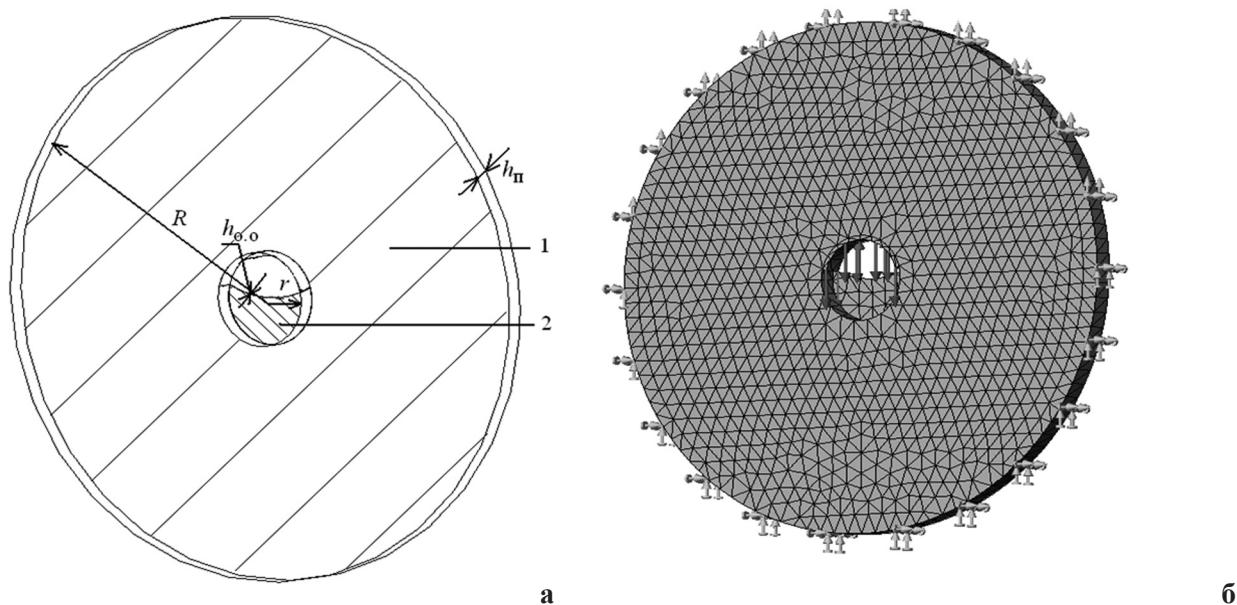


Рис. 2. Геометрическая схема содержательной модели МПП при закрытии дефекта непрерывным швом: а — геометрическая схема (1 — МПП, 2 — вторичная перегородка); б — конечно-элементная модель

значения: R — радиус рассматриваемой области; r — радиус вторичной перегородки; h_{Π} — толщина межпредсердной перегородки; $h_{0.0}$ — толщина вторичной перегородки овального окна.

На рисунке 2 б представлена конечно-элементная модель МПП при закрытии дефекта непрерывным швом модель закреплена по торцевой поверхности МПП, усилия p приложены на стягивание швами.

Рассчитывалось распределение напряжений в МПП при закрытии различных по размеру дефектов непрерывным швом в процентной зависимости от площади овальной ямки. При моделировании ушивания ДМПП вкол иглы произведен на расстоянии 2 мм от края дефекта.

3. Моделирование межпредсердной перегородки при закрытии эндокардиальным устройством «ASO»

Геометрическая схема содержательной модели МПП при закрытии дефекта устройством «ASO» представлена на рисунке 3 и включает следующие структуры: 1 — МПП; 2 — устройство «ASO». Приняты следующие обозначения: R — радиус рассматриваемой области; r — радиус диска «ASO»; h_{Π} — толщина перегородки; h_a — толщина «ASO». Модель закреплена по торцевой поверхности МПП, усилия p приложены на растяжение. Устройство «ASO» состоит из двух дисков, которые закрывают внахлест дефект с двух сторон от МПП, и переходной, который встык примыкает к краям дефекта. Модуль упругости нитинола — 350 МПа [3]; модуль упругости МПП — 0,18 МПа [1].

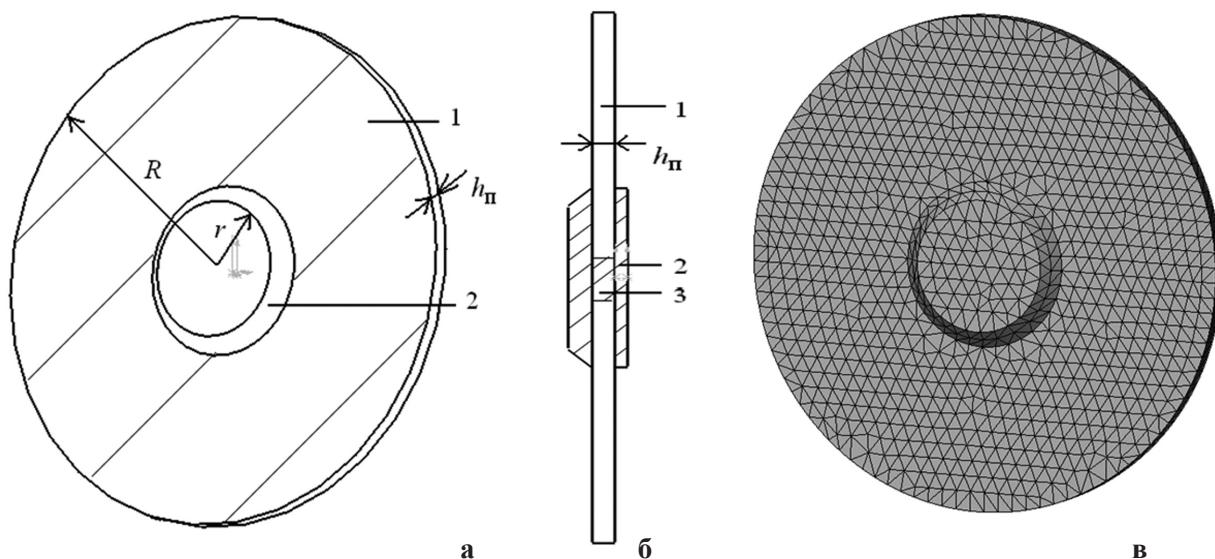


Рис. 3. Геометрическая схема содержательной модели МПП при закрытии дефекта устройством «ASO»: а — геометрическая схема (1 — МПП, 2 — устройство «ASO»; 3 — ДМПП); б — вид фиксации «ASO» в МПП на разрезе; в — конечно-элементная модель

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Моделирование межпредсердной перегородки при закрытии дефекта заплатой

Изучение распределения напряжения при закрытии различными заплатами в зонах фиксации заплаты к МПП, показало, что заплаты резко снижают напряжение. При этом максимальные значения напряжений приходятся на края дефекта, где нет фиксации заплаты к МПП (рис. 1).

При закрытии заплатой встык максимальное значение напряжения — 0,186 МПа отмечается на границе заплаты и МПП, а в зоне свободного края МПП — 0,276 МПа. При закрытии заплатой внахлест больше на 50% дефекта — максимальное значение напряжения приходится на область закрытого дефекта, составляя 0,166 МПа, а на границе заплаты и МПП составляет 0,073 МПа, а в зоне свободного края МПП максимальное значение напряжения — 0,282 МПа. При закрытии заплатой внахлест больше на 100% дефекта — максимальное значение напряжения приходится так же на область закрытого дефекта, составляя 0,165 МПа, а на границе заплаты и МПП составляет 0,05 МПа, а в зоне свободного края МПП максимальное значение напряжения — 0,281 МПа. При закрытии заплатой внахлест больше на 150% дефекта — максимальное значение напряжения тоже приходится на область закрытого дефекта, составляя 0,164 МПа, а на границе заплаты и МПП составляет 0,05 МПа, а в зоне свободного края МПП максимальное значение напряжения — 0,279 МПа.

Максимальные значения перемещений при закрытии заплатами различных размеров концентрировались как в области закрытого заплатой де-

фекта, так и в области свободного от заплаты края МПП. При закрытии заплатой встык максимальное перемещение составило 6,98 мм; при закрытии заплатой на 50% больше дефекта — 7,18 мм; при закрытии заплатой на 100% больше дефекта — 7,11 мм; и при закрытии заплатой на 150% больше дефекта — 7,18 мм.

Использование заплаты при устраниении дефекта резко снижает величину напряжения. Максимальное значение напряжения в данных случаях приходится на край дефекта, где нет фиксации с заплатой. При сравнении значений напряжений при закрытии заплатами различных размеров самое большое значение отмечено при закрытии заплатой встык. При закрытии заплатами внахлест величины максимального напряжения сопоставимы. Максимальная величина напряжения во всех случаях использованных заплат концентрируется как в области закрытого дефекта, так и в области нефиксированного к заплате края МПП.

Таким образом, учитывая максимальные значения напряжения, целесообразно использовать заплату внахлест, чтобы ее площадь превышала площадь дефекта более чем на 50%.

Максимальные значения перемещения во всех случаях концентрируются в центре овальной ямки. Наименьшее значение перемещения в различных отделах МПП отмечается при закрытии заплатой встык; заплаты большего размера существенно влияют на величины перемещения.

Следовательно, учитывая максимальные значения перемещения, целесообразно использовать заплату с небольшим нахлестом, чтобы ее площадь не превышала площади дефекта более чем на 50%.

2. Моделирование межпредсердной перегородки при ушивании дефекта

В таблице 1 представлены максимальные значения напряжения в области шва при ушивании дефектов различных размеров. Как видно из представленных данных, чем больше по площади дефект, тем большее значение напряжения возникает в области шва, концентрируясь при этом по краям ушитого дефекта.

Таблица 1

Зависимость максимальных значений напряжения в области шва ушитого дефекта от его размера

Значение площади дефекта по отношению к площади овальной ямки, %	Максимальное значение напряжения в области шва, МПа
25	0,012–0,017
50	0,16–0,217
75	0,18–0,3
100	0,38–0,456

Таблица 2

Максимальные значения перемещения в зависимости от площади дефекта

Значение площади дефекта по отношению к площади овальной ямки, %	Максимальное значение перемещения в области шва, мм
25	0,06
50	0,62
75	2,6
100	2,99

Максимальные значения перемещений при моделировании ушивания П-образными швами дефектов площадью 25, 50, 75, 100% по отношению к площади овальной ямки приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 следует, что, чем больше дефект, тем большее перемещение возникает в области шва, при этом при дефекте площадью 100% (по отношению к площади овальной ямки) перемещение выходит за область сведенных краев перегородки.

Таким образом, максимальные значения напряжения и перемещения в области сведенных швом краев дефекта возникают при ушивании больших дефектов: чем больше дефект — тем больше значения напряжения и перемещения.

3. Моделирование межпредсердной перегородки при закрытии дефекта эндокардиальным устройством «ASO»

Максимальное напряжение возникает в самом устройстве «ASO» и составляет 0,94 МПа. На границе контакта «ASO» с межпредсердной перегородкой максимальное значение напряжения составляет от 0,008–0,13 МПа. Максимальное перемещение возникает так же в самом устройстве (в центре) и составляет 0,0052 мм. На границе контакта «ASO» с межпредсердной перегородкой составляет 0,0047 мм (рис. 3).

Таким образом, при закрытии дефекта «ASO», как и при моделировании МПП в норме, максимальное напряжение возникает не по краям закрытого дефекта (или контакта МПП с тканью овальной ямки), а в центре закрытого дефекта, т. е. на устройстве, что обусловлено его конструкцией. Перемещения, как на самом устройстве, так и в области контакта с МПП практически отсутствуют.

Определены значения напряжений и перемещений в зависимости от радиуса от центра до края модели с определенным шагом, т. е. в различных участках МПП.

По результатам проведенного анализа видно, что максимальное напряжение возникает на устройстве «ASO», причем, чем ближе края устройства к МПП, тем минимальнее значение напряжения, в отличие от устранения дефекта заплатами различных размеров встык

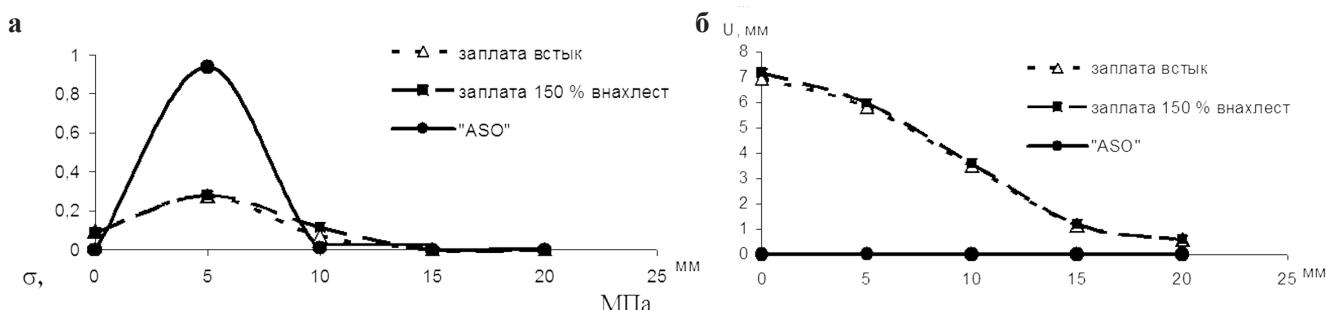


Рис. 4. Сравнительный анализ значений напряжения (а) и перемещения (б) при различных способах устранения дефекта в зависимости от радиуса от центра до края модели МПП

и внахлест. Перемещение при использовании «ASO» практически отсутствует, в отличие от его значений при использовании заплат. Применение заплаты внахлест более чем на 50% больше площади дефекта необоснованно, поскольку результаты расчета при использовании заплаты внахлест на 100% и внахлест на 150% больше площади дефекта сопоставимы. Таким образом, минимальные значения напряжений и перемещений получены при использовании устройства «ASO».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В норме, по полученным ранее данным, наибольшие напряжения и перемещения возникают во вторичной перегородке (в области ткани овальной ямки МПП). Кроме того, чем толще вторичная перегородка, тем меньшие напряжения и перемещения возникают в межпредсердной перегородке [1]. Поэтому толщина закрываемого дефекта МПП встык материалом или устройством (принцип пробки) должна быть равной или больше толщины МПП, чего невозможно добиться в случае фиксации заплаты к МПП внахлест, вследствие сопоставления только с одной поверхностью МПП.

При моделировании ДМПП различных размеров выявлено, что при полном отсутствии клапана овальной ямки напряжение и перемещение резко падают, равномерно распределяясь по краям МПП, что обусловлено механическими характеристиками МПП. При наличии ткани овальной ямки МПП напряжение возрастает, концентрируясь преимущественно по углам, образованным верхней частью ткани овальной ямки и вторичной МПП. Перемещения в данном случае так же возрастают, распределяясь как в ткани овальной ямки, так и по краям МПП. Максимальные значения напряжения и перемещения приходятся на свободный край клапана, причем, чем меньше размеры свободного края клапана, тем больше значения напряжения (по краям дефекта в граничных точках соприкосновения МПП и ткани овальной ямки) и перемещения, возникающие по краям дефекта.

При закрытии дефекта заплатой, целесообразно использовать заплату внахлест по площади превышающую площадь дефекта в 1,5 раза.

По результатам расчета напряженно-деформированного состояния в МПП при ушивании дефекта получено, что чем больше по площади дефект, который необходимо ушить, тем большие напряжения и перемещения возникают в области шва.

При закрытии дефекта устройством «ASO» максимальное напряжение возникает на самом устройстве в области закрытого им дефекта. Перемещение в области устройства и МПП практически отсутствует (рис. 4).

При использовании устройства «ASO» по сравнению с другими способами коррекции ДМПП на границе контакта «ASO» с МПП возникает наименьшее напряжение, а перемещение практически отсутствует, что обусловлено не только особенностями конструкции, но также и утолщением МПП за счет конструкции «ASO». Таким образом, использование устройства «ASO» является наиболее оптимальным. Наименьшие значения напряжения и перемещения в области контакта устройства с МПП исключают возможность рецидива ДМПП.

ВЫВОДЫ

1. Математическая модель показала особенности биомеханических свойств межпредсердной перегородки сердца у детей (напряжения и перемещения) при наличии в ней вторичного дефекта различной площади, закрытии последних различными способами: ушиванием, закрытием заплатой, обтурацией эндокардиальным устройством «ASO».
2. Оптимальным способом закрытия вторичного ДМПП следует считать устройство «ASO», либо заплату, по площади превышающей дефект в перегородке в 1,5 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаркова Е.Ю. Выбор оптимального метода хирургического лечения дефектов межпредсердной перегородки. Автореф. дис... канд мед. наук. СПб.; 2010.
2. Банкл Г. Врожденные пороки сердца и крупных сосудов. М.: Медицина; 1980.

3. Бегун П.И., Шукейло Ю.А. Биомеханика. СПб.: Политехника; 2000.
4. П.И. Бегун, О.В. Кривохижина, Е.А. Лебедева и др. Содержательные модели и моделирование конструкций: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ»; 2007.
5. Бокерия Л.А., Сокольская Н.О. Эхокардиографические закономерности визуализации сердца у кардиохирургических больных в раннем послеоперационном периоде. Материалы IX Всерос. съезда сердечно-сосудистых хирургов. М.; 2003: 292.
6. Бураковский В.И., Константинов Б.А. Болезни сердца у детей раннего возраста. М.; 1970.
7. Варваренко В.И. Методические аспекты и результаты рентгенэндоваскулярного лечения дефекта межпредсердной перегородки. Автореф. дис... канд. мед. наук. Томск; 2006.
8. Плотникова Л.Р., Бокерия Л.А., ред. Дефект межпредсердной перегородки: лекции по сердечно-сосудистой хирургии. В 2-х т. М.; 2005.
9. Zhong-Dong Du, Hijazi Z., Kleinman C. et al. Comparison between transcatheter and surgical closure of secundum atrial septal defect in children and adults. Result of a Multicenter Nonrandomized trial. JACC. 2002; 39: 1836–1844.
10. Jones T., Latson L., Zahn E. Results of the U.S. Multicenter Pivotal Study of the HELEX septal occluder for percutaneous closure of secundum atrial septal defects. J. Am. Coll. Cardiol. 2007; 79: 123–134.
11. Masura J., Gavora P., Formanek A. et al. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects using the new self-centering Amplatzer septal occluder: initial human experience. Catheter. Cardiovasc. Diagn. 1997; 42: 388–393.

REFERENCES

1. Agarkova E.Ju. Vybor optimal'nogo metoda hirurgicheskogo lechenija defektov mezhpredserdnoj peregorodki [Choosing the best method of surgical treatment of atrial septal defect]. Avtoref. dis... kand med. nauk. SPb.; 2010. (in Russian).
2. Bankl G Vrozhdenyye poroki serdca i krupnyh sovdov [Congenital malformations of the heart and great vessels]. M.: Medicina; 1980. (in Russian).
3. Begun P.I., Shukejlo Ju.A. Biomehanika [Biomechanics]. SPb.: Politehnika; 2000. (in Russian).
4. P.I. Begun, O.V. Krivozhizhina, E.A. Lebedeva i dr. Soderzhatel'nye modeli i modelirovaniye konstrukcij [Substantial models and modeling designs]: ucheb. posobie. SPb.: Izd-vo SPbGJeTU «LJeTI»; 2007. (in Russian).
5. Bokerija L.A., Sokol'skaja N.O. Jehokardiograficheskie zakonomernosti vizualizacii serdca u kardiohirurgicheskikh bol'nyh v rannem posleoperacionnom periode [Echocardiographic patterns of cardiac imaging in cardiac surgical patients in the early postoperative period]. Materialy IX Vseros. s'ezda serdechno-sosudistyh hirurgov. M.; 2003: 292. (in Russian).
6. Burakovskij V.I., Konstantinov B.A. Bolezni serdca u detej rannego vozrasta [Heart disease in infants]. M.; 1970. (in Russian).
7. Varvarenko V.I. Metodicheskie aspekty i rezul'taty rentgenjendovaskuljarnogo lechenija defekta mezhpredserdnoj peregorodki [Methodological aspects and results of endovascular treatment of atrial septal defect]. Avtoref. dis... kand. med. nauk. Tomsk; 2006. (in Russian).
8. Plotnikova L.R., Bokerija L.A., red. Defekt mezhpredserdnoj peregorodki [Atrial septal defect]: lekcii po serdechno-sosudistoj hirurgii. V 2-h t. M.; 2005. (in Russian).
9. Zhong-Dong Du, Hijazi Z., Kleinman C. et al. Comparison between transcatheter and surgical closure of secundum atrial septal defect in children and adults. Result of a Multicenter Nonrandomized trial. JACC. 2002; 39: 1836–1844.
10. Jones T., Latson L., Zahn E. Results of the U.S. Multicenter Pivotal Study of the HELEX septal occluder for percutaneous closure of secundum atrial septal defects. J. Am. Coll. Cardiol. 2007; 79: 123–134.
11. Masura J., Gavora P., Formanek A. et al. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects using the new self-centering Amplatzer septal occluder: initial human experience. Catheter. Cardiovasc. Diagn. 1997; 42: 388–393.

◆ Информация об авторах

Лазарев Сергей Михайлович – д-р мед. наук, профессор, хирург-консультант. СПбГБУЗ «Городская больница святой преподобномученицы Елизаветы». 195257, Санкт-Петербург, ул. Вавиловых, д. 14. E-mail: sergelaszarev@list.ru.

Лазарева Елизавета Юрьевна – канд. мед. наук, хирург, хирургическое отделение. ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России. 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41. E-mail: serge lazarev@list.ru.

Lazarev Sergey Mikhaylovich – MD, PhD, Dr med Sci., surgeon, surgery department. St. Elizabeth Municipal Hospital. 14, Vavilovskyh St., St. Petersburg, 195257, Russia. E-mail: sergelaszarev@list.ru.

Lazareva Yelizaveta Yuryevna – DM, PhD, surgeon, surgery department. North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov. 41, Kirochnaya St., St. Petersburg, 191015, Russia. E-mail: serge lazarev@list.ru.