



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014131815/14, 31.07.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.07.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 31.07.2014

(43) Дата публикации заявки: 20.02.2016 Бюл. № 5

(45) Опубликовано: 10.04.2016 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US7441342 В2, 28.10.2008. Марченко А.В. Предоперационное моделирование оптимального объема левого желудочка при хирургической реконструкции постинфарктных аневризм сердца: автореф. дис. канд. мед. наук. Новосибирск, 2000. Чернявский А.М. и др., Предоперационное моделирование левого желудочка при хирургическом лечении постинфарктных аневризм сердца, (см. прод.)

Адрес для переписки:

630090, г.Новосибирск, ул. Институтская, 4/1,
ИТПМ СО РАН

(72) Автор(ы):

Медведев А.Е. (RU),

Фомин В.М. (RU),

Пархоменко К.А. (RU),

Садовский А.С. (RU),

Денисова Мария Анатольевна (RU),

Чернявский Александр Михайлович (RU),

Курбатов Владислав Петрович (RU),

Карева Юлия Евгеньевна (RU),

Караськов Александр Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт теоретической
и прикладной механики им. С.А.

Христиановича Сибирского отделения
Российской академии наук (ИТПМ СО РАН)
(RU),

Федеральное государственное бюджетное
учреждение "Новосибирский научно-
исследовательский институт патологии
кровообращения имени академика Е.Н.
Мешалкина" Минздрава России (RU)

(54) СПОСОБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D МОДЕЛИ ПОЛОСТИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА (ЛЖ) СЕРДЦА ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПОСТИНФАРКТНОЙ АНЕВРИЗМЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине, а именно к кардиохирургии. Проводят предоперационную магнитно-резонансную томографию (МРТ). Определяют необходимую площадь резекции с учетом положения и площади рубцовой зоны. Для этого в предоперационном периоде выполняют виртуальную операцию, моделируя будущую полость левого желудочка, на основании которой формируют индивидуальную 3D модель левого желудочка, с требуемыми объемными, геометрическими и функциональными характеристиками. Во время хирургического лечения в полость левого

желудочка помещают 3D модель, в виде полого конусообразного тела из эластического материала, и с ее помощью восстанавливают форму и объем полости левого желудочка, после чего 3D модель удаляют. Способ позволяет оптимизировать подход к хирургическому лечению постинфарктных аневризм левого желудочка сердца, снизить количество послеоперационных осложнений, улучшить непосредственные и отдаленные результаты лечения данной категории пациентов и качества их жизни. 2 ил.

(56) (продолжение):

Новосибирск, 2008, 17 с. Julien Chapron, et al, Lessons from patient-specific 3D models of the cardiac chambers after the Mustard operation, Glob Cardiol Sci Pract. 2013; 2013(4): 409-415; Artificial Heart 'Jacket' Made on 3D Printer, March 03, 2014, <http://www.livescience.com/43810-3d-printed-heart-layer.htm>.

R U 2 5 8 0 2 1 8 C 2

R U 2 5 8 0 2 1 8 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

A61B 5/00 (2006.01)*A61B 17/00* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2014131815/14, 31.07.2014**(24) Effective date for property rights:
31.07.2014

Priority:

(22) Date of filing: **31.07.2014**(43) Application published: **20.02.2016** Bull. № 5(45) Date of publication: **10.04.2016** Bull. № 10

Mail address:

**630090, g.Novosibirsk, ul. Institutskaja, 4/1, ITPM
SO RAN**

(72) Inventor(s):

**Medvedev A.E. (RU),
Fomin V.M. (RU),
Parkhomenko K.A. (RU),
Sadovskij A.S. (RU),
Denisova Marija Anatolevna (RU),
CHernjavskij Aleksandr Mikhajlovich (RU),
Kurbatov Vladislav Petrovich (RU),
Kareva JULija Evgenevna (RU),
Karaskov Aleksandr Mikhajlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
uchrezhdenie nauki Institut teoreticheskoy i
prikladnoy mekhaniki im. S.A. KHristianovicha
Sibirskogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk
(ITPM SO RAN) (RU),
Federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
uchrezhdenie "Novosibirskij nauchno-
issledovatel'skij institut patologii
krovoobrashchenija imeni akademika E.N.
Meshalkina" Minzdrava Rossi (RU)**

(54) **METHOD OF USING 3D MODEL OF LEFT VENTRICULAR CAVITY (LV)**

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to cardiosurgery. Perform pre-operative magnetic resonance tomography (MRT). Determine the required area of resection with consideration of the position and area of the scarry zone. For this purpose, during a pre-operative period, perform a virtual operation simulating a future left ventricular cavity, on the basis of which form an individual 3D model of the left ventricle with the required volumetric, geometrical and functional properties. During surgical treatment, place into the left ventricular cavity a 3D

model in the form of a hollow cone-shaped body of an elastic material, and with its help restore the shape and volume of the left ventricular cavity, after which remove the 3D model.

EFFECT: method allows to optimise an approach to surgical treatment of post-infarction aneurysm of left ventricular reducing the number of postoperative complications, to improve immediate and remote therapeutic effects of treatment of the given category of patients and quality of their life.

1 cl, 2 dwg

Способ использования 3D модели полости левого желудочка (ЛЖ) сердца при хирургическом лечении постинфарктной аневризмы

Изобретение относится к медицине, кардиохирургии, используется при хирургическом лечении пациентов с ишемической болезнью сердца, осложненной постинфарктной аневризмой.

Широко известны работы Lorenzo Menicanti [1, 2], в которых автор предложил использовать разработанный им манекен для интраоперационного моделирования полости левого желудочка. Выбор объема данного манекена был основан на изучении нормальных объемов левого желудочка в среднем по популяции. Применение манекена помогает интраоперационно определить оптимальный объем левого желудочка в соответствии с площадью поверхности тела пациента, исходя из 60 мл на 1 м² поверхности тела. Но применение данного манекена затруднительно, когда четко определить рубцовую зону не представляется возможным. В этой ситуации использование манекена приводит к неправильному позиционированию верхушки сердца или когда исходный конечно-диастолический объем левого желудочка очень большой, и при использовании манекена заданного объема риск выполнения неадекватной пластики возрастает. Кроме того, при использовании манекена основной акцент ставится на конечно-диастолический объем левого желудочка здорового сердца без учета исходного снижения ударного объема у больных с аневризмой левого желудочка, что может привести даже на фоне оптимального конечно-диастолического объема к снижению ударного объема и развитию острой сердечной недостаточности.

Работы других авторов Koji Takeda [3] направлены на изучение проблемы моделирования полости левого желудочка по данным магнитно-резонансной томографии. Однако представлены результаты хирургического лечения всего 15 пациентов с постинфарктной аневризмой левого желудочка. У всех пациентов в предоперационном периоде с помощью МРТ оценивались функциональные показатели левого желудочка, в том числе и зоны локальной сократимости. Проведение стресс-теста в предоперационном периоде для определения скрытых зон нарушения перфузии не дало никаких количественных данных о степени фиброза миокарда. Исследование на магнитно-резонансном томографе проводилось в стандартном режиме, с контрастным усилением. Применены различные способы изготовления такого устройства: формование, литье, спекание, стерео литография и другие. По данной методике определение необходимой площади резекции осуществляется с учетом площади поверхности тела пациента и конечно-диастолического объема левого желудочка. Исходя из этих данных, выбирается устройство Blue Egg (калибровочное приспособление) необходимого объема. При этом существует определенная линейка размеров данного устройства, что не всегда может быть с точностью применено к конкретному пациенту. Устройство Blue Egg - это полое устройство, после интраоперационного моделирования полости левого желудочка оно извлекается из сердца через небольшой остаточный разрез путем его сворачивания.

Недостатками данного устройства, на наш взгляд, является наличие стандартных объемных размеров, что может приводить к созданию полости левого желудочка большего или меньшего размера от планируемого объема. В последнем случае это может привести к снижению ударного объема и развитию острой сердечной недостаточности, а также к трудности при позиционировании верхушки сердца без учета положения рубцовой зоны, так как рассматриваемое устройство имеет строго определенную форму.

Задачей данного изобретения является формирование индивидуальной 3D модели

полости левого желудочка по индивидуальной магнитно-резонансной картине сердца пациента с учетом положения и распространенности рубцовой зоны, с последующим интраоперационным использованием полученной индивидуальной 3D модели для улучшения непосредственных и отдаленных результатов хирургического лечения и

5 качества жизни данной категории пациентов.

Технический результат достигается тем, что предлагаемый способ использования 3D модели полости левого желудочка (ЛЖ) сердца при хирургическом лечении постинфарктной аневризмы, включающий проведение предоперационной магнитно-резонансной томографии (МРТ), определение необходимой площади резекции с учетом

10 положения и площади рубцовой зоны; во время хирургического лечения в полость левого желудочка помещают 3D модель, в виде полого конусообразного тела из эластического материала, и с ее помощью восстанавливают форму и объем полости левого желудочка, после чего 3D модель удаляют. Новым является то, что в предоперационном периоде выполняют виртуальную операцию, моделируя будущую

15 полость левого желудочка, на основании которой формируют индивидуальную 3D модель левого желудочка, с требуемыми объемными, геометрическими и функциональными характеристиками.

По предоперационным данным МРТ полости левого желудочка сердца пациента, проводят ее первоначальное виртуальное компьютерное моделирование: оценка

20 положения и распространенности рубцовой ткани, предоперационное определение размера полости левого желудочка с последующей дополнительной корректировкой. Повторное компьютерное моделирование проводят для получения оптимальных объемных показателей полости левого желудочка сердца пациента, способных обеспечить необходимый кровоток по организму в послеоперационном периоде.

Далее уточненную виртуальную модель используют как прототип для формирования индивидуальной 3D модели левого желудочка сердца для интраоперационного использования, где учтены все необходимые данные для правильного позиционирования верхушки сердца и формирования достаточной полости левого желудочка. После интраоперационного использования 3D модель левого желудочка извлекают из сердца

30 через небольшой остаточный разрез.

Кроме измерения стандартных показателей, разработан алгоритм моделирования виртуальной модели полости левого желудочка по данным МРТ с учетом индивидуальных характеристик каждого пациента и оптимальных показателей функции левого желудочка в послеоперационном периоде, что позволяет оптимизировать выбор

35 способа реконструкции левого желудочка на операции, а в ряде случаев помогает избежать необоснованной коррекции.

Использование сформированной индивидуальной 3D модели левого желудочка сердца позволяет оптимизировать подходы к хирургической коррекции постинфарктных аневризм левого желудочка сердца; снизить количество послеоперационных осложнений,

40 связанных с неадекватным уменьшением объема полости левого желудочка сердца и развитием синдрома «малого выброса»; улучшить непосредственные и отдаленные результаты лечения данной категории пациентов и качество их жизни.

Предлагаемый способ поясняется чертежами, на которых изображены: на фиг. 1 - виртуальная модель полости левого желудочка, полученная при предоперационном моделировании; на фиг. 2 - уточненная виртуальная модель полости левого желудочка

45 сердца с учетом оптимальных показателей функции левого желудочка сердца пациента в послеоперационном периоде, которая является прототипом для формирования индивидуальной 3D модели левого желудочка сердца по технологии 3D-печати из

эластического материала с требуемыми объемными, геометрическими и функциональными характеристиками.

Способ осуществляется следующим образом.

Перед хирургической операцией всем пациентам выполняют магнитно-резонансное
 5 томографическое обследование (МРТ). Обследование проводят с использованием контраста на основе гадолиния для определения положения и распространенности рубцовой зоны, что определяет необходимый объем резекции постинфарктной аневризмы левого желудочка (ЛЖ). Полученные томографические снимки обрабатывают по разработанной программе, учитывают сечения по короткой оси
 10 сердца, а также оценивают контур полости левого желудочка в 2-камерной и 4-камерной позициях. В результате получают основные линейные размеры, объемные и функциональные показатели сердца, затем оценивают локальную сократимость левого желудочка на всех уровнях, наличие или отсутствие гемодинамических нарушений на уровне клапанов сердца, распространенность и муральность поражения миокарда
 15 после перенесенного инфаркта миокарда. И далее после обработки томографических снимков проводят первоначальное виртуальное компьютерное моделирование полости левого желудочка.

Для определения необходимой площади резекции аневризмы левого желудочка вычисляют площадь поверхности левого желудочка. Математически каждый срез на
 20 томографическом снимке условно принимают за диск, площадь боковой поверхности которого равна:

$$S_i = 2\pi r h,$$

где S_i - площадь поверхности фигуры на томографическом снимке, r - радиус диска,
 25 h - высота диска (толщина среза на томограмме).

По программе томографического обследования число срезов левого желудочка по короткой оси равно 12. Площадь поверхности фигуры левого желудка равна сумме площадей на каждом из уровней:

$$30 \quad S_1 = \sum_{i=1}^{12} S_i$$

где S_1 - площадь поверхности фигуры левого желудочка, S_i - площадь поверхности фигуры на срезе томограммы.

Визуально определяют локальную сократимость миокарда левого желудочка по
 35 сечению короткой оси, осуществляют предоперационное компьютерное моделирование полости левого желудочка, рассчитывают оптимальные послеоперационные объемные показатели полости левого желудочка индивидуально для данного пациента. При этом, учитывают не только положение и распространенность рубцовой ткани, но и фракцию выброса сокращающейся части левого желудочка и должный ударный индекс, равный
 40 35-45 мл/м², рассчитывают оптимальный конечно-диастолический объем левого желудочка (оКДО_{ЛЖ}):

$$\text{оКДО}_{\text{ЛЖ}} = \text{УО} / \text{ФВ}_{\text{сокp.ЛЖ}} = \text{УИ} * S_T / \text{ФВ}_{\text{сокp.ЛЖ}},$$

где оКДО_{ЛЖ} - оптимальный конечный диастолический объем полости левого
 45 желудочка (ЛЖ), УО - ударный объем, $\text{ФВ}_{\text{сокp.ЛЖ}}$ - фракция выброса сокращающейся части левого желудка (ЛЖ), УИ - ударный индекс, S_T - площадь поверхности тела пациента.

Сначала предоперационное моделирование полости левого желудочка проводят по

4-камерной проекции. Данные автоматически проецируются на 2-камерную проекцию, а затем на серию снимков по короткой оси сердца. Непосредственное моделирование полости левого желудочка выполняют по короткой оси сердца, затем строят предоперационную модель полости левого желудочка. Модель левого желудочка сердца строят путем послойной интерполяции поперечных срезов левого желудочка сердца с последующим сглаживанием между слоями с сохранением объема левого желудочка.

Далее рассчитывают площадь поверхности левого желудочка после предоперационного моделирования по формуле с учетом изменения базально-апикального размера сердца. В процессе выполнения предоперационного моделирования левого желудочка осуществляется резекция дискинетичных участков миокарда, тем самым изменяется не только геометрия левого желудочка, но и его линейные размеры (уменьшение базально-апикального размера за счет уменьшения количества обрабатываемых срезов):

$$S_2 = \sum_{i=1}^n S_i,$$

где n - количество обрабатываемых срезов полости левого желудочка сердца, S_i - площадь боковой поверхности левого желудочка сердца на срезе.

Вычисляют площадь необходимой резекции полости левого желудочка:

$$S_0 = S_1 - S_2.$$

На данном этапе возможна корректировка полученных данных. Если предоперационные объемные показатели полости левого желудочка требуют большой резекции полости левого желудочка, это может привести в послеоперационном периоде к развитию синдрома малого выброса, то осуществляют повторное моделирование до получения оптимальных объемных показателей полости левого желудочка, способных обеспечить необходимый кровоток по организму. После этапа послеоперационного моделирования полости левого желудочка осуществляют выбор метода пластики левого желудочка: если площадь необходимой и допустимой резекции равны, то рекомендуют выполнение линейной пластики левого желудочка; если площадь необходимой резекции больше площади допустимой резекции, то рекомендуют выполнение пластики левого желудочка с помощью синтетической заплаты для компенсации разницы резекции.

Преимущество данного способа состоит в том, что существует возможность оценки объемных показателей послеоперационной полости левого желудочка, а при получении неудовлетворительных результатов, когда площадь необходимой резекции аневризмы левого желудочка значительно больше допустимой, можно выполнить повторное компьютерное моделирование. После проведения «виртуальной» операции строят виртуальную модель левого желудочка сердца путем послойной интерполяции поперечных срезов левого желудочка сердца с последующим сглаживанием между слоями с сохранением послеоперационного объема левого желудочка.

Полученная уточненная виртуальная модель левого желудочка сердца является прототипом для формирования индивидуальной 3D модели левого желудочка сердца пациента с заданными параметрами. 3D модель строят полый, толщина стенки которой составляет 2-3 мм. Данную индивидуальную 3D модель левого желудочка пациента формируют по технологии 3D печати при помощи трехмерного принтера накануне предстоящей операции. Оперативное вмешательство проводят в условиях искусственного кровообращения. На операции полость аневризмы левого желудочка вскрывают продольным разрезом, параллельно передней нисходящей артерии, отступая от нее на

2 см, и оценивают толщину стенки аневризмы и вовлеченность в рубцовый процесс стенок левого желудочка. Для непосредственного выполнения пластики аневризмы левого желудочка сформированную индивидуальную 3D модель помещают в полость левого желудочка. С ее помощью моделируют послеоперационные форму и объем полости левого желудочка, при этом определяют зону и размер резекции аневризмы левого желудочка. С учетом полученных данных оценивают целесообразность выполнения того вида пластики, который был выбран в качестве оптимального вида хирургической коррекции аневризмы левого желудочка на предоперационном этапе, и выполняют операцию (аортокоронарное шунтирование, пластика аневризмы левого желудочка). В раннем послеоперационном периоде пациентам выполняют контрольную МРТ сердца для определения соответствия между полученными послеоперационными и планируемыми предоперационными объемами полости левого желудочка.

Проведено предоперационное и послеоперационное обследование 20 пациентов по стандартному протоколу МРТ сердца. Выполнена обработка полученных данных, оценена необходимость расширения протокола исследования МРТ сердца при постинфарктной аневризме левого желудочка. Разработано программное обеспечение для математического моделирования левого желудочка по данным МРТ.

Примеры выполнения предлагаемого способа:

1. Больной, 56 лет. Диагноз: ИБС. Острый повторный передний инфаркт миокарда левого желудочка. Постинфарктный кардиосклероз (ИМ от 2002 г.). Постинфарктная аневризма верхушки левого желудочка с пристеночным тромбом. Площадь поверхности тела $1,9 \text{ м}^2$. При обследовании пациента по данным МРТ сердца имеется аневризма верхушечной области левого желудочка с трансмуральным накоплением контраста, КДО 182 мл, КСО 102 мл, УО 80 мл, ФВ ЛЖ 43%, пристеночный тромб полости левого желудочка размером до 2,8 см. Площадь поверхности левого желудочка с аневризмой 155 см^2 . При предоперационном моделировании полости левого желудочка КДО составил 162 мл, ФВ ЛЖ 52%. Площадь поверхности послеоперационной полости левого желудочка 147 см^2 . Площадь резекции аневризмы левого желудочка составила 12 см^2 . По данным предоперационного моделирования и дополнительной корректировки была сформирована индивидуальная 3D модель. В условиях искусственного кровообращения выполнена операция - резекция аневризмы левого желудочка с линейной пластикой левого желудочка, тромбэктомия из полости левого желудочка и маммарокоронарное шунтирование передней нисходящей артерии. На операции полость аневризмы вскрыта параллельно передней нисходящей артерии и отступя от нее на 2 см, разрез составил 4 см. Выполнена тромбэктомия из полости левого желудочка. В полость левого желудочка была помещена 3D модель для определения границ резекции аневризматических тканей. Выполнена линейная пластика левого желудочка с использованием фетровых прокладок двурядным швом. На этапе герметизации полости левого желудочка сформированная индивидуальная 3D модель извлечена из полости левого желудочка. Площадь шовной пластики 4 см^2 . Площадь резекции составила $4 \times 3 = 12 \text{ см}^2$. Площадь выключения составила 16 см^2 . При проведении контрольной МРТ сердца получены следующие показатели: КДО 145 мл, КСО 77 мл, УО 68 мл, ФВ ЛЖ 47%.

2. Больной, 50 лет. Диагноз: ИБС. Стенокардия напряжения III функциональный класс. Постинфарктный кардиосклероз (ИМ от 2013 г.). Постинфарктная аневризма левого желудочка. ХСН IIa ст. Площадь поверхности тела $1,75 \text{ м}^2$. По данным МРТ

сердца имеется аневризма верхушечной области и передней стенки левого желудочка с распространением на межжелудочковую перегородку, КДО 348 мл, КСО 322 мл, УО 26 мл, ФВ ЛЖ 13%. Площадь поверхности левого желудочка с аневризмой 239 см².

При предоперационном моделировании полости левого желудочка КДО составил 217 мл, ФВ ЛЖ 29%. Площадь поверхности послеоперационной полости левого желудочка

174 см². Площадь резекции аневризмы левого желудочка составила 65 см². По данным предоперационного моделирования и дополнительной корректировки была сформирована индивидуальная 3D модель. В условиях искусственного кровообращения выполнена операция - резекция аневризмы, эндовентрикулопластика левого желудочка синтетической заплатой, маммарокоронарное шунтирование передней нисходящей артерии. На операции имелась передне-перегородочная аневризма левого желудочка. Полость аневризмы вскрыта параллельно передней нисходящей артерии и отступя от

нее на 2 см. Длина разреза составила 8 см. Площадь рубцовой зоны составила 88 см²

(передняя стенка и межжелудочковая перегородка $8 \times 5 = 40$ см², боковая стенка $8 \times 3 = 24$ см², верхушечная область $8 \times 3 = 24$ см²). В полость левого желудочка была помещена 3D модель для определения границ резекции аневризматических тканей. По границе рубцовой зоны вшита синтетическая заплата размером $4 \times 6 = 24$ см². Площадь

выключения составила 64 см² с исключением заплата (88-24=64 см²). Аневризматические ткани ушиты поверх заплата двурядным швом. При проведении контрольной МРТ сердца получены следующие данные: КДО 207 мл, КСО 145 мл, УО 62 мл, ФВ ЛЖ 30%.

Таким образом, предлагаемый способ использования индивидуальной 3D модели полости левого желудочка сердца при хирургическом лечении постинфарктной аневризмы позволяет оптимизировать подходы к хирургическому лечению постинфарктных аневризм левого желудочка сердца, снизить количество послеоперационных осложнений, улучшить непосредственные и отдаленные результаты лечения данной категории пациентов и качество их жизни.

Источники информации

1. Menicanti L., Di Donato M. Left ventricular aneurysm/reshaping techniques // European Journal of Heart Fail. 2005. Vol. 7. P. 704-709.

2. Menicanti L., Di Donato M. Left ventricular aneurysm/reshaping techniques [Электронный документ] // Multimedia Manual of Cardio-Thoracic Surgery. 2005. Iss. 0425. URL: <http://mmcts.oxfordjournals.org/content/2005/0425/mmcts.2004.000596.full.pdf+html>. doi:10.1510/mmcts.2004.000596.

3. Koji Takeda, MD, Goro Matsumiya, MD, Hajime Matsue, MD, Seiki Hamada, MD, Masayuki Sakaki, MD, Taichi Sakaguchi, MD, Tomoyuki Fujita, MD, and Yoshiki Sawa, MD. Use of quantitative analysis of remote myocardial fibrosis with delayed-enhancement magnetic resonance imaging to predict outcomes after surgical ventricular restoration for ischemic cardiomyopathy // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. 2008; Vol.136, 6: P1514-1521.

4. Патент США №6702763 B2, МПК A61B 5/103, опубл. 09.03.2004.

5. Патент EP №1401356 B1, МПК A61F 2/24, опубл. 23.01.2008.

6. Патентная заявка США №2003/0181940 A1, МПК A61M 29/00, опубл. 25.09.2003.

7. Патентная заявка США №2006/0247764 A1, МПК A61M 1/10, опубл. 02.11.2006.

8. Патент США №7441342 B2, МПК A61B 5/103, опубл. 28.10.2006 - прототип.

Формула изобретения

Способ использования 3D модели полости левого желудочка (ЛЖ) сердца при

хирургическом лечении постинфарктной аневризмы, включающий проведение предоперационной магнитно-резонансной томографии (МРТ), определение необходимой площади резекции с учетом положения и площади рубцовой зоны; во время хирургического лечения в полость левого желудочка помещают 3D модель, в виде

5 полого конусообразного тела из эластического материала, и с ее помощью восстанавливают форму и объем полости левого желудочка, после чего 3D модель удаляют, отличающийся тем, что в предоперационном периоде выполняют виртуальную операцию, моделируя будущую полость левого желудочка, на основании которой формируют индивидуальную 3D модель левого желудочка, с требуемыми объемными,

10 геометрическими и функциональными характеристиками.

15

20

25

30

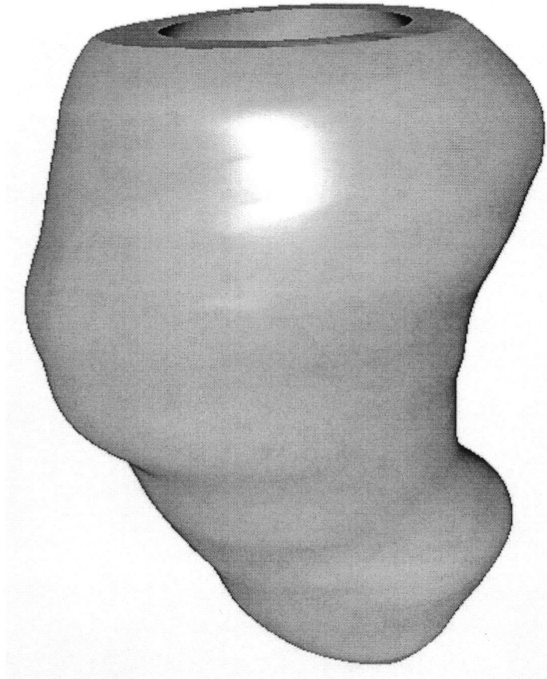
35

40

45

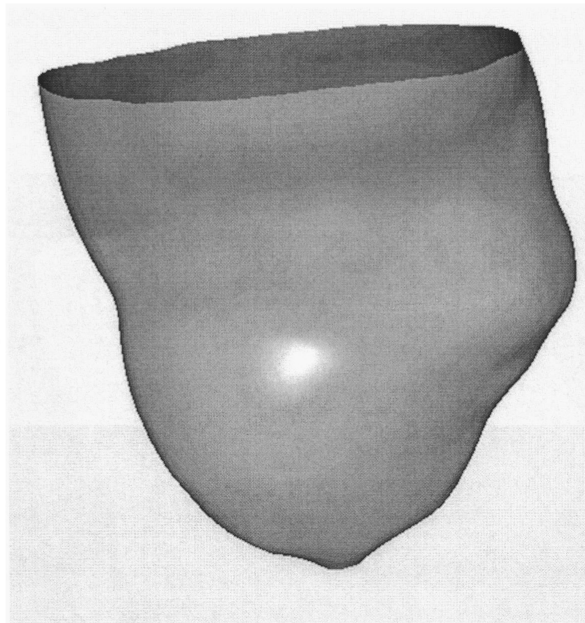
1

Способ создания индивидуальной трехмерной модели (3D модели)
полости левого желудочка (ЛЖ) сердца для хирургического лечения
постинфарктной аневризмы



Фиг. 1

Способ создания индивидуальной трехмерной модели (3D модели)
полости левого желудочка (ЛЖ) сердца для хирургического лечения
постинфарктной аневризмы



Фиг. 2