



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G09B 23/28 (2022.02); A61B 5/02 (2022.02)

(21)(22) Заявка: 2021110042, 12.04.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.04.2021

Дата регистрации:
29.07.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.04.2021

(45) Опубликовано: 29.07.2022 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

140009, Московская обл., г. Люберцы, ул.
Митрофанова, 2А, кв. 188, Леонов Денис
Владимирович

(72) Автор(ы):

Леонов Денис Владимирович (RU),
Кульберг Николай Сергеевич (RU),
Лейченко Дарья Викторовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное бюджетное учреждение
здравоохранения города Москвы
"Научно-практический клинический центр
диагностики и телемедицинских технологий
Департамента здравоохранения города
Москвы" (ГБУЗ "НПКЦ ДиТ ДЗМ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2682459 C1, 19.03.2019. RU 200516
U1, 28.10.2020. CN 109859595 A, 07.06.2019. WO
2011032840 A1, 24.03.2011. Захаров Д.А. и др.
Фантомы для обучения навыкам
ультразвукового исследования, УЗИ-
навигации, биопсии методом "Свободной
руки". Виртуальные технологии в медицине.
2020; (1): 49. DOI: 10.46594/2687-0037_2020_1_49.
Adams F. et.al. Soft (см. прод.)

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФАНТОМА ДЛЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области биомедицинского моделирования, в частности к изготовлению моделей для ультразвуковых исследований тканей и сосудов мозга. Способ изготовления фантома для транскраниальных ультразвуковых исследований включает изготовление корпуса фантома при помощи трехмерной печати, внутреннюю поверхность корпуса покрывают герметизирующим и звукопоглощающим материалом, изготавливают крепления для сосудистого русла, изготавливают сосудистое русло при помощи фотолитографии, закрепляют на корпусе и подсоединяют к сосудистому руслу трубки для подачи и отвода имитирующей кровь жидкости, жидкий

пластизоль заливают в корпус с закрепленным сосудистым руслом, изготавливают модель височной кости, размещают в корпусе предварительно изготовленную модель височной кости поверх материала, имитирующего мягкие ткани, пространство между моделью височной кости и материалом, имитирующим мягкие ткани, заполняют дегазированной водой или звукопроводящим гелем. Изобретение может использоваться для обучения специалистов проведению ультразвуковой диагностики сосудов мозга, эхоконтрастирования, проверки оборудования и создания новых диагностических методик и приборов. 1 з.п. ф-лы, 1 пр., 5 ил.

(56) (продолжение):

3D-Printed Phantom of the Human Kidney with Collecting System. *Ann Biomed Eng.* 2017;45(4):963-72. DOI: 10.1007/s10439-016-1757-5. Geoghegan P.H. et al. Fabrication of rigid and flexible refractive-index-matched flow phantoms for flow visualisation and optical flow measurements. *Exp Fluids* (2012) 52:1331-1347. DOI 10.1007/s00348-011-1258-0.

R U 2 7 7 6 9 8 3 C 1

R U 2 7 7 6 9 8 3 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

G09B 23/28 (2022.02); A61B 5/02 (2022.02)

(21)(22) Application: 2021110042, 12.04.2021

(24) Effective date for property rights:
12.04.2021Registration date:
29.07.2022

Priority:

(22) Date of filing: 12.04.2021

(45) Date of publication: 29.07.2022 Bull. № 22

Mail address:

140009, Moskovskaya obl., g. Lyubertsy, ul.
Mitrofanova, 2A, kv. 188, Leonov Denis
Vladimirovich

(72) Inventor(s):

Leonov Denis Vladimirovich (RU),
Kulberg Nikolaj Sergeevich (RU),
Lejchenko Darya Viktorovna (RU)

(73) Proprietor(s):

Gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie
zdravookhraneniya goroda Moskvy
"Nauchno-prakticheskij klinicheskij tsentr
diagnostiki i telemeditsinskikh tekhnologij
Departamenta zdravookhraneniya goroda
Moskvy" (GBUZ "NPKTS DiT DZM") (RU)

(54) METHOD FOR MANUFACTURING A PHANTOM FOR TRANSCRANIAL ULTRASONIC EXAMINATIONS

(57) Abstract:

FIELD: medical equipment.

SUBSTANCE: invention relates to the field of biomedical simulation, in particular, to manufacture of models for ultrasonic examination of brain tissues and vessels. The method for manufacturing a phantom for transcranial ultrasonic examinations includes the manufacture of a body of the phantom using three-dimensional printing; the inner surface of the body is coated with a sealing and soundproofing material, fasteners for the vascular bed are manufactured, the vascular bed is manufactured using photolithography, tubes for supplying and discharging the blood-imitating fluid are secured on the body and connected to the vascular bed, liquid plastisol is poured into the body

with the secured vascular bed, a model of the temporal bone is manufactured, the pre-manufactured model of the temporal bone is placed in the body over the soft tissue-imitating material, the space between the model of the temporal bone and the soft tissue-imitating material is filled with degassed water or a sound-conducting gel.

EFFECT: invention can be used for training specialists in ultrasound diagnostics of brain vessels, contrast-enhanced ultrasound examination, equipment testing, and creation of new diagnostic techniques and apparatus.

2 cl, 1 ex, 5 dwg

Изобретение относится к области биомедицинского моделирования, в частности к изготовлению моделей для ультразвуковых исследований тканей и сосудов мозга, и может использоваться в лабораториях ультразвуковой визуализации. Фантомы обладают известными характеристиками, потому могут быть использованы для обучения 5 специалистов проведению ультразвуковой диагностики сосудов мозга, эхоконтрастирования, проверки оборудования и создания новых диагностических методик и приборов.

В настоящее время обучение врачей проводят по традиционной схеме «наставник -ученик», а объектами исследования являются люди. Для получения практических 10 навыков требуется многократное проведение процедуры, это занимает много времени со стороны как обучаемого, так и наставника. При этом один наставник может обучать одновременно не более двух человек. Таким образом, данный метод обучения требует хорошо подготовленного персонала и длительного времени для выработки профессиональных навыков.

Для упрощения процесса обучения используют специальные модели, которые называются фантомами.

Из уровня техники известен способ изготовления фантома [1], согласно которому поливиниловый спирт или желатин растворяют в воде до получения прозрачного раствора, затем готовят модель сосудов из PLA пластика методом FDM 3D печати и 20 заливают модель сосудов раствором поливинилового спирта или желатина, раствор застывает, после чего модель сосудов из PLA пластика растворяют в дихлорметане, в результате создается фантом, содержащий отверстия, моделирующий сосуды.

К недостаткам этого способа относятся:

- недолговечность полученного фантома, поскольку желе, сформированное из 25 поливинилового спирта или желатина, не хранится долго;
- невысокая точность изготовления сосудистого русла, поскольку для этого используется FDM технология 3D-печати, имеющая известные ограничения по точности печати;
- опасность для здоровья в процессе изготовления, поскольку применяется ядовитое 30 вещество для растворения PLA пластика;
- отсутствие кости, необходимой для приближения модели в реальности, когда ультразвуковое обследование проводится через височное или иное окно прозрачности.

Данный способ принят в качестве ближайшего аналога заявленного способа.

Технический результат заявленного изобретения состоит в:

- 35 - увеличении долговечности полученного фантома;
- повышении точности изготовления модели сосудистого русла;
- снижении опасности для здоровья в процессе изготовления фантома;
- учете анатомических особенностей за счет использования модели кости.

Основа процесса изготовления фантома описана в прототипе и заключается в том, 40 что берется материал для получения имитации мягких тканей, при помощи 3D печати изготавливается модель сосудистого русла, модель закрепляется в корпусе фантома, заливается жидким материалом, после застывания этот материал моделирует мягкие ткани.

Существенными отличительными признаками заявляемого технического решения 45 от ближайшего аналога являются:

- использование пластизола в качестве материала для имитации мягких тканей для увеличения долговечности фантома;
- использование фотолитографии для изготовления сосудистого русла для обеспечения

высокой точности моделирования;

- размещение в фантоме предварительно изготовленной методом фотолитографии модели височной кости для учета анатомических особенностей.

На Фиг. 1 показан пример корпуса фантома, распечатанного на 3D-принтере, собранного и обработанного гидроизолирующим звукопоглощающим веществом.

На Фиг. 2 и 3 показаны примеры размещения моделей сосудов головы в корпусе фантома.

На Фиг. 4 представлен пример размещения в корпусе фантома модели части черепа, содержащей окно акустической прозрачности.

На Фиг. 5 дан пример размещения ультразвукового датчика в окне акустической прозрачности, содержащемся в модели части черепа.

Фигуры 1-5 содержат следующие структурные элементы: 1 - корпус фантома; 2 - гидроизолирующее звукопоглощающее вещество; 3 - модель сосудов; 4 - крепления для модели сосудов; 5 - штуцер; 6 - модель височной кости; 7 - ультразвуковой датчик.

Далее приводим пример осуществления изобретения. Этот пример лишь иллюстрирует, но не ограничивает изобретение.

В программе трехмерного моделирования подготавливают чертеж корпуса фантома. Корпус распечатывается с использованием 3D принтера по технологии послойного наплавления из PLA пластика, поскольку этот вид пластика удобен в работе для большинства 3D принтеров и не взаимодействует с пластизолом. Затем корпус изнутри покрывается веществом, препятствующим переотражению ультразвука и герметизирующим корпус изнутри. В качестве такого вещества мы использовали двухкомпонентный литьевой формовочный силиконом ToolDecor T20-25 Fast. Обе компоненты смешиваются. Смесь заливается тонкой струей с высоты 30 см в одну точку, ожидая пока она растечется по всей поверхности тонким слоем. Через некоторое время силикон застынет. Пример покрытого силиконом корпуса приведен на Фиг. 1, где элементом 1 является сам корпус, а элементом 2 является застывший силикон. Затем в программе трехмерного моделирования подготавливают крепления для модели сосудов и саму модель сосудов. Крепления печатают на 3D принтере методом послойного наплавления из материала, не взаимодействующего с пластизолом, и устанавливают в корпус фантома. Модель сосудов сначала подготавливается в виде чертежа либо в идеализированной форме, тогда для черчения используется, например, Autodesk Inventor, либо в приближенной к реальности форме, тогда используется, например, ангиографическая компьютерная томограмма как источник данных, при этом она открывается в программе Radi-Ant DICOM Viewer, отображение настраивается таким образом, чтоб были видны только сосуды, затем трехмерное изображение сосудов экспортируется в формате STL. Файл STL открывается для последующей обработки, например, в Meshmixer, где обрезаются ненужные части сосудистого русла, задается толщина стенок сосудов, создается внутренний просвет между стенками сосудов, при необходимости добавляются элементы сопряжения, например, штуцеры, для соединения сосудов со шлангами, по которым будет подаваться имитирующая кровь жидкость. Полученная виртуальная модель сосудов подготавливается к трехмерной печати в специальной программе, называемой slicer. В качестве такой программы мы использовали PZSlice 1.0.5. Она формирует изображения, которые будут отображаться на экране принтера при печати методом фотолитографии. Примеры модели сосудов, изготовленных описанным образом с использованием принтера Phrozen 4k и размещенных в корпусе фантома, представлены на Фиг. 2 и 3, где цифрой 3 обозначена модель сосудов, 4 - крепления для модели сосудов, 5 - штуцер. Далее берут пластизол,

наливают в толстостенную керамическую емкость и разогревают до рекомендованной температуры (~150 градусов Цельсия) в микроволновой печи, делая остановки через каждые 30 секунд для тщательного перемешивания. Дожидаются состояния, когда пластизол станет прозрачным и перейдет из густого состояния снова в жидкое. После чего переливают его в корпус фантома с предварительно установленными моделью сосудов и подводными шлангами. Через несколько минут пластизол застывает. Затем в корпус помещают модель височной кости. Пример размещения модели височной кости, отмеченной цифрой 6, представлен на Фиг. 4. Для улучшения контакта пространство между височной костью и пластизолом заполняют дегазированной водой или специальным гелем для ультразвуковых исследований. Модель височной кости изготавливают методом фотолинтографии на основе компьютерной томограммы головы человека. При этом из компьютерной томограммы извлекают трехмерное изображение той части черепа, где содержится височная кость. На этом изображении должен быть хорошо виден рельеф внутренней и внешней поверхностей в области акустического окна прозрачности. Модель височной кости извлекается из компьютерной томограммы в формате STL, направляется в slicer, печатается методом фотолинтографии. Другим распространенным методом печати является послойное наплавление (FDM). Для печати модели височной кости метод послойного наплавления не подходит, поскольку при печати остается воздух между волокнами пластика, препятствующий прохождению ультразвука. При использовании фантома к модели височной кости 6 прикладывают ультразвуковой датчик 7, как это показано на Фиг. 5. В силу технических особенностей при ультразвуковом обследовании через височную кость в качестве ультразвукового датчика используют фазированный секторный датчик. Пространство между ультразвуковым датчиком и моделью кости для улучшения контакта заполняют специальным гелем.

Используем пластизол, поскольку он более долговечный, чем многие распространенные материалы, применяемые для имитации мягких тканей, такие как желатин, агар-агар или поливиниловый спирт, последние же достаточно быстро высыхают при контакте с воздухом, также в отсутствие специальной химической обработки в них появляются бактерии.

При изготовлении сосудов фантома используется 3D печать высокого разрешения, что позволяет придавать им необходимые формы, вносить интересующие патологии, такие как аневризмы, тромбы, бляшки и т.д. Печать осуществляется методом фотолинтографии с использованием фотополимерных смол. Напечатанные этим методом стенки сосудов являются прозрачными для ультразвука. После печати объект промывают спиртом для снятия незастывшей смолы и помещают в ультрафиолетовую камеру, где окончательной полимеризации. Подготовленные таким способом сосуды при нахождении в воде в течении нескольких часов становятся упругими, то есть их стенки при протекании пульсирующего потока имитирующей кровь жидкости способны изменять форму, пульсируя в такт потоку.

Фантом может содержать объекты для проверки пространственной, контрастной разрешающих способностей, разрешающей способности по скорости для проверки доплеровских режимов.

Фантом может использоваться для тренировки у врачей ультразвуковой диагностики навыков выявления характерных анатомических характеристик и патологий, в особенности, патологий развития сосудов.

Работа с моделью обеспечит получение навыков:

- быстрого подбора режима ультразвукового сканирования для наилучшей

визуализации различных областей и патологий;

- распознавания проявления артефактов визуализации и их отличия от изображения кровотока;

5 - правильной постановки и координации руки с датчиком по ориентирам на экране ультразвукового прибора.

Источники информации

1. CN109859595A Vascular network ultrasonic phantom and making method thereof.

(57) Формула изобретения

10 1. Способ изготовления фантома для транскраниальных ультразвуковых исследований, состоящий в том, что при помощи 3D-печати изготавливается модель сосудистого русла, модель закрепляется в корпусе фантома, заливается жидким веществом, которое после застывания по величине затухания акустической волны и продольной скорости звука моделирует мягкие ткани, отличающийся тем, что

15 - предварительно методом трехмерного моделирования и прототипирования изготавливают корпус фантома, причем для изготовления используют материал, химически не взаимодействующий с материалом, имитирующим мягкие ткани;

- внутреннюю поверхность корпуса покрывают герметизирующим и звукопоглощающим материалом;

20 - проектируют и изготавливают крепления для сосудистого русла из материала, химически не взаимодействующего с материалом, имитирующим мягкие ткани;

- при помощи фотолитографии изготавливают сосудистое русло, причем модель для печати методом фотолитографии предварительно подготавливается в среде трехмерного моделирования так, что на печать подаются области, формирующие стенки сосуда, а

25 - внутреннее пространство между стенками остается свободным;

- сосудистое русло закрепляют в корпусе при помощи предварительно изготовленных креплений;

- закрепляют на корпусе и подсоединяют к сосудистому руслу трубки для подачи и отвода имитирующей кровь жидкости;

30 - в качестве материала для имитации мягких тканей используют пластизол, причем его предварительно нагревают до температуры, при которой диффузия пластификатора в поливинилхлорид происходит наиболее быстро, жидкий пластизол заливают в корпус с закрепленным сосудистым руслом;

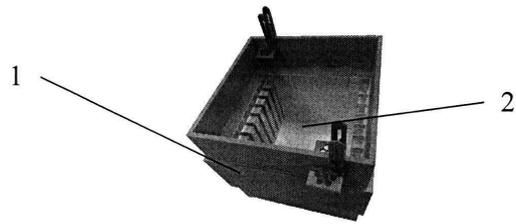
35 - проектируют и изготавливают модель височной кости из материала, близкого по величине затухания акустической волны и продольной скорости звука к костям человека;

- размещают в корпусе предварительно изготовленную модель височной кости поверх материала, имитирующего мягкие ткани, причем для обеспечения контакта пространство между моделью височной кости и материалом, имитирующим мягкие ткани, заполняют дегазированной водой или гелем.

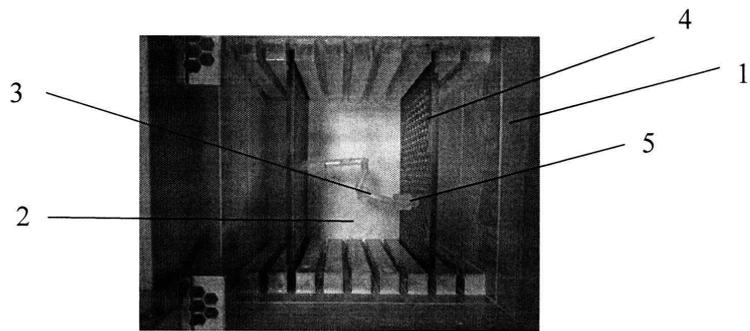
40 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что модель сосудистого русла изготавливают по компьютерной программе сосудов, полученной с использованием рентгеноконтрастного вещества на основе йода.

45

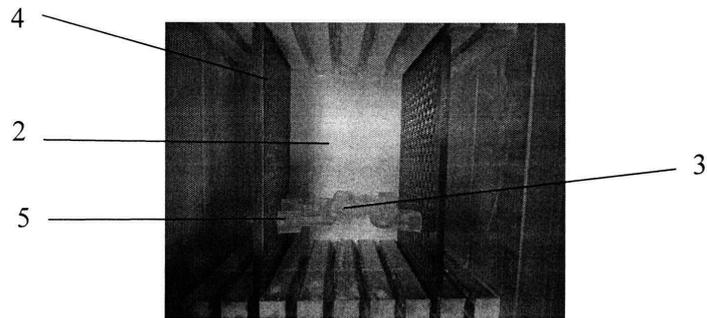
1



Фиг.1

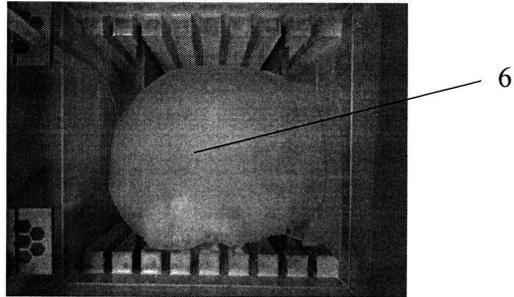


Фиг.2

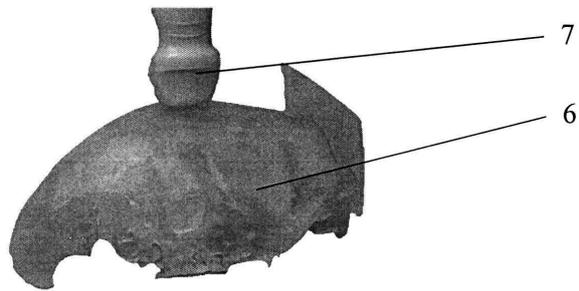


Фиг.3

2



Фиг.4



Фиг.5