



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*G09B 23/303* (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2020138649, 25.11.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
25.11.2020

Дата регистрации:  
02.04.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.11.2020

(45) Опубликовано: 02.04.2021 Бюл. № 10

Адрес для переписки:

308015, Белгородская обл., г. Белгород, ул.  
Победы, 85, НИУ "БелГУ", ОИС, Токтаревой  
Т.М.

(72) Автор(ы):

Ивахно Елена Николаевна (RU),  
Дуброва Владислав Александрович (RU),  
Алейников Андрей Юрьевич (RU),  
Худасова Ольга Геннадьевна (RU),  
Буковцов Артем Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Белгородский государственный  
национальный исследовательский  
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 10115322 B2, 30.10.2018 . RU  
2033645 C1, 20.04.1995 . DE 102016108152 A1,  
02.11.2017 . US 6997719 B2, 14.02.2006 . CN  
201397604 Y, 03.02.2010.

(54) Симуляционная модель нижней конечности туловища человека

(57) Реферат:

Полезная модель относится к медицинской технике, в частности к симуляционным устройствам, и может быть использована для обучения студентов медицинских вузов и средних медицинских училищ проведению эндovasкулярной тромбэктомии. Симуляционная модель нижней конечности туловища человека выполнена в виде ноги в натуральную величину с использованием технологии 3D-печати из материала, идентичного тканям человека как тактильно, так и сонографически. На передней поверхности выше колена в верхней трети бедра симуляционной модели расположен разрез, имитирующий типичный бедренный доступ. Сосудистая система нижней конечности, имитирующая сосудистое русло, включающее бедренную артерию и бедренную вену, выполнена в виде трубки, представляющей собой замкнутую систему. По всей передней поверхности нижней конечности от верхней трети бедра до

голеностопного сустава расположены светодиоды для визуального определения симптоматики тромбообразования в сосудах нижней конечности, при этом синее свечение светодиодов имитирует цианоз, красное свечение имитирует гиперемию, зеленое свечение предназначено для воссоздания оттенков. На внешней поверхности трубки, имитирующей бедренную артерию, расположены электромагниты. Модель искусственного тромба выполнена из силикона с включением металлической стружки. На трубке, имитирующей бедренную артерию в области разреза для типичного бедренного доступа, расположено отверстие для ввода Зонда типа Фогарти, выполненное в форме силиконовой заглушки, рядом с которым установлен контактный датчик определения факта введения Зонда типа Фогарти, связанный с датчиком, представляющим собой инкрементный энкодер, для определения глубины проникновения Зонда.

Блок управления, расположенный на трубке, имитирующей сосудистое русло, состоит из микроконтроллера, драйвера управления насосом, набора драйверов для управления электромагнитами и снабжен беспроводным интерфейсом, при этом блок управления связан с датчиком факта введения зонда, датчиком

глубины проникновения зонда и светодиодами посредством проводов. Технический результат - реализация поставленной задачи путем предложенной симуляционной модели в виде нижней конечности человека, обеспечивающей возможность обучения эндоваскулярной тромбэктомии.

R U 2 0 3 4 0 6 U 1

R U 2 0 3 4 0 6 U 1

Полезная модель относится к медицинской технике, в частности к симуляционным устройствам, и может быть использована для обучения студентов медицинских вузов и средних медицинских училищ проведению эндоваскулярной тромбэктомии.

Из уровня техники известен виртуальный симулятор ангиографии КАТЛАБВР.

5 Симулятор предназначен для отработки практических навыков выполнения манипуляций в ангиографии. Уникальное роботизированное устройство, позволяет имитировать ощущения, а мгновенно изменяющиеся изображения на мониторах клинически достоверно и реалистично воспроизводят ангиографическую интервенцию (<https://virtumed.ru/virtualnye-simulyatory/katlab-vr.html>).

10 Однако, несмотря на то, что технология тактильной чувствительности и сопротивления виртуальных тканей сочетается с изображением и звуком для максимальной реалистичности ангиографических вмешательств, таких как базовые перкутанные коронарные вмешательства, транскатетерная пластика аортального клапана, расширенные перкутанные коронарные вмешательства, каротидные  
15 эндоваскулярные вмешательства (перкутанные периферические вмешательства: ангиопластика и стентирование сонной артерии), диагностика и лечение патологий сердечного ритма, данное устройство невозможно использовать для обучения проведению эндоваскулярной тромбэктомии.

За прототип был выбран фантом нижней части туловища человека для отработки  
20 навыков выполнения бедренного доступа и региональной анестезии под контролем оборудования для ультразвукового исследования через центральную вену с бедренным доступом, а также введения катетера в бедренную артерию и вену. Указанный фантом представляет собой выполненную из материала, идентичного тканям человека как тактильно, так и сонографически, модель нижней конечности туловища, а именно  
25 правой нижней части торса и бедра с анатомически правильной сосудистой анатомией нижней конечности, включая изготовленные из сверхпрочного самовосстанавливающегося материала бедренную артерию, вену и другие сосуды, а также насос, выполненный в виде ручной или автоматической помпы, для обеспечения циркуляции по сосудам жидкости, имитирующей кровь. Опция имитации тромбоза  
30 глубоких вен путем использования искусственного тромба позволяет отрабатывать навыки обнаружения тромбов в глубоких венах ноги. <http://germesrf.com/catalog/simulyatsionnye-tekhnologii/Practicheskaya-otrabotka-navikov/545>.

Недостатком технического решения является отсутствие возможности моделирования эндоваскулярной тромбэктомии для проведения обучения.

35 Задача заключается в создании симуляционной модели нижней конечности, устраняющего недостатки прототипа.

Технический результат - реализация поставленной задачи путем предложенной симуляционной модели в виде нижней конечности человека, обеспечивающей  
возможность обучения эндоваскулярной тромбэктомии.

40 Для решения поставленной задачи предложена симуляционная модель нижней конечности туловища человека, выполненная из материала, идентичного тканям человека как тактильно, так и сонографически, содержащая анатомически правильную сосудистую систему нижней конечности, модель искусственного тромба, насос, в которую внесены следующие новые признаки:

45 - симуляционная модель нижней конечности туловища человека выполнена в виде ноги в натуральную величину с использованием технологии 3D-печати FDM (Fused Deposition Modeling) и стереолитографии SLA (StereoLithography Apparatus);

- на передней поверхности выше колена в верхней трети бедра симуляционной модели

расположен разрез, имитирующий типичный бедренный доступ, через который осуществляют моделирование эндоваскулярной тромбэктомии, с помощью зонда баллонного для удаления эмболов и тромбов типа "Фогарти" (далее Зонд);

5 - сосудистая система нижней конечности, имитирующая сосудистое русло, включающее бедренную артерию и бедренную вену, выполнена в виде трубки, представляющей собой замкнутую систему;

10 - наличие светодиодов, расположенных по всей передней поверхности нижней конечности от верхней трети бедра до голеностопного сустава. При этом для визуального определения симптоматики тромбообразования в сосудах нижней конечности, синее свечение светодиодов имитирует цианоз, красное свечение имитирует гиперемию, зеленое свечение предназначено для воссоздания оттенков;

- наличие электромагнитов, расположенных на внешней поверхности трубки, имитирующей бедренную артерию;

15 - модель искусственного тромба выполнена из силикона с включением металлической стружки;

- наличие отверстия для ввода Зонда, выполненное в форме силиконовой заглушки, расположенной на трубке, имитирующей бедренную артерию в области разреза для типичного бедренного доступа;

20 - наличие контактного датчика определения факта введения Зонда, расположенного рядом с упомянутой силиконовой заглушкой;

- наличие датчика, представляющего собой инкрементный энкодер, для определения глубины проникновения Зонда;

25 - наличие блока управления, расположенного на трубке, имитирующей сосудистое русло, состоящего из микроконтроллера, драйвера управления насосом, набора драйверов для управления электромагнитами, и снабженного беспроводным интерфейсом. Блок управления посредством проводов связан с датчиком факта введения зонда, датчиком глубины проникновения зонда и светодиодами.

Совокупность указанных признаков не известна из уровня техники, следовательно, заявленная полезная модель соответствует условиям новизны.

30 Полезная модель охарактеризована на следующих графических изображениях:

Фиг. 1. Изображение симуляционной модели нижней конечности.

Фиг. 2. Изображение разреза, имитирующего типичный бедренный доступ для проведения тромбэктомии из бедренной артерии на симуляционной модели нижней конечности.

35 Фиг. 3. Схема блока управления.

40 На фиг. 1 изображена симуляционная модель нижней конечности 1 выполненная в натуральную величину с использованием технологии 3D-печати FDM (Fused Deposition Modeling) и стереолитографии SLA (StereoLithography Apparatus), на передней поверхности которой выше колена в верхней трети бедра расположен разрез 2, имитирующий типичный бедренный доступ для проведения тромбэктомии из бедренной артерии. Сосудистое русло, имитирующее бедренную артерию 3 и бедренную вену 4, выполнено в виде трубки, представляющей собой замкнутую систему. Блок 5 управления симуляционной моделью 1, расположенный на вышеупомянутом сосудистом русле, содержит в себе перистальтический насос 6. Светодиоды 7, расположенные в произвольном порядке внутри модели над частью трубки, имитирующей бедренную артерию 3 сосудистого русла по всей передней поверхности нижней конечности, от верхней трети бедра до голеностопного сустава, соединены с блоком 5 при помощи проводов (на фигуре не показаны), что позволяет моделировать визуальную

симптоматику тромбообразования в сосудах нижней конечности, а именно: синее свечение светодиодов имитирует цианоз, красное свечение имитирует гиперемию, зеленое свечение предназначено для воссоздания оттенков.

Фиг. 2 демонстрирует модель разреза 2, имитирующий типичный бедренный доступ для проведения тромбэктомии из бедренной артерии. Для наглядной демонстрации анатомических особенностей строения сосудистого русла верхней части нижней конечности, части трубки, имитирующие бедренную артерию 3 и бедренную вену 4, снабжены имитирующими другие сосуды трубки 8 и трубки 9 соответственно. В трубке, имитирующей сосудистое русло, расположена модель искусственного тромба 10, выполненная из силикона с включениями металлической стружки. Модель крови, заполняющей сосуда, представляет собой подкрашенную жидкость 11. Возможность прикрепления искусственного тромба 10 около отдельных сегментов трубки, имитирующей бедренную артерию 3, обеспечивает взаимодействие металлической стружки, содержащейся в модели тромба 10 и электромагнитного поля, создаваемого электромагнитами 12, расположенными на внешней поверхности трубки, имитирующей бедренную артерию. На передней поверхности трубки, имитирующей бедренную артерию 3, в разрезе 2 расположена силиконовая заглушка 13, имитирующая отверстие для ввода зонда типа Фогарти с целью обучения проведению эндоскопических манипуляций по захвату и удалению тромба 10. Контактный датчик 14 регистрирует момент проникновения Зонда через силиконовую заглушку 13 в имитирующую сосудистое русло трубку, и с этого момента датчик 15 инкрементного типа автоматически начинает отсчитывать расстояние, на которое продвигается Зонд с целью определения глубины проникновения Зонда и его местоположения относительно тромба 10 для дальнейшего проведения тромбэктомии с захватом тромба 10 и удалением его из сосудистого русла.

Фиг. 3 демонстрирует схему блока управления 5, состоящего из микроконтроллера 16, драйвера 17 управления перистальтическим насосом 6, набора драйверов 18 для управления электромагнитами 12, и беспроводного интерфейса 19. Связь микроконтроллера 16 с контактным датчиком 14 факта введения зонда, датчиком 15 определения глубины проникновения зонда и светодиодами 7 осуществляется посредством проводов.

Как видно на фиг. 3, основой блока управления 5 является микроконтроллер 16, в функции которого входит управление исполнительными элементами: перистальтическим насосом 6, светодиодами 7, электромагнитами 12, а также получение и обработка информации с контактного датчика 14 введения зонда, датчика 15 глубины проникновения зонда. Для обмена информацией с внешним персональным компьютером блок управления 5 снабжен беспроводным интерфейсом 19.

Описание работы устройства в динамике

С помощью микроконтроллера 16 через драйвер 17 включают перистальтический насос 6 для перемещения модели крови 11 по трубке, имитирующей сосудистое русло, включающее бедренную артерию 3 и бедренную вену 4. Затем через набор драйверов 18 для управления электромагнитами микроконтроллера 16, включают один из электромагнитов 12, в результате модель искусственного тромба 10 за счет взаимодействия металлической стружки, содержащейся в модели тромба 10 и электромагнитного поля, создаваемого включенным электромагнитом 12, фиксируется именно около этого электромагнита. В зависимости от месторасположения модели тромба вдоль сосуда, и его влияния на модель кровотока, кровоток перекрывается полностью, либо частично. Над местом фиксации модели тромба 10 по команде

микроконтроллера 16 включают светодиоды 7, моделируя симптоматику тромбообразования: синее свечение светодиодов имитирует цианоз, красное свечение имитирует гиперемию, зеленое свечение воссоздает оттенки, что дает обучающимся возможность научиться ставить диагноз по внешним симптомам. Например, свечение светодиодов 7 красным цветом свидетельствует в пользу возникновения патологического процесса в недавнем времени, свечение синим цветом говорит о давнем сроке возникновения патологии, при этом чем темнее оттенок свечения, тем больше прошло времени с момента появления тромба 10 в сосудистом русле. Для проведения эндоваскулярной тромбэктомии обучающийся должен ввести Зонд через силиконовую заглушку 13. Контактный датчик 14 факта введения Зонда регистрирует момент его проникновения в сосудистое русло и передает в микроконтроллер 16 информацию для запуска датчика 15 определения глубины проникновения Зонда. Информация о расстоянии, на которое продвигается зонд необходима для точного определения местоположения Зонда относительно тромба 10 для дальнейшего проведения тромбэктомии с захватом тромба 10 и удалением его. Беспроводной интерфейс 19 обеспечивает визуализацию проведения тромбэктомии на экране персонального компьютера (ПК) путем двухстороннего обмена информацией о местоположении тромба 10 и движения Зонда между ПК и микроконтроллером 16 посредством технологии Bluetooth. Зонд продолжают продвигать по трубке, имитирующей бедренную артерию 3 пока при помощи информации с компьютера не определят его наиболее близкое расположение к тромбу 10, после этого тромб 10 протыкают и на конце Зонда запускают раздувание маленького баллона, после заполнения этим баллоном пространства трубки, Зонд потихоньку извлекают через силиконовую заглушку 13 вместе с тромбом 11.

Таким образом, поставленная задача по созданию симуляционной модели в виде нижней конечности человека, обеспечивающей возможность проводить обучение эндоваскулярной тромбэктомии путем моделирования симптоматики тромбообразования в сосудах нижней конечности, в том числе эритемы и цианоза, решена.

#### (57) Формула полезной модели

Симуляционная модель нижней конечности туловища человека, выполненная из материала, идентичного тканям человека как тактильно, так и сонографически, содержащая анатомически правильные сосуды нижней конечности, модель искусственного тромба, насос, отличающаяся тем, что выполнена в виде ноги в натуральную величину с использованием технологии 3D-печати, на передней поверхности выше колена в верхней трети бедра симуляционной модели расположен разрез, имитирующий типичный бедренный доступ, сосуды нижней конечности, имитирующие сосудистое русло, включающее бедренную артерию и бедренную вену, выполнены в виде замкнутой трубки; по всей передней поверхности нижней конечности от верхней трети бедра до голеностопного сустава расположены светодиоды; на внешней поверхности трубки, имитирующей бедренную артерию, расположены электромагниты; модель искусственного тромба выполнена из силикона с включением металлической стружки; на трубке, имитирующей бедренную артерию, в области разреза для типичного бедренного доступа расположено отверстие для ввода Зонда типа Фогарти, выполненное в форме силиконовой заглушки, рядом с которым установлен контактный датчик определения факта введения Зонда типа Фогарти, связанный с датчиком, представляющим собой инкрементный энкодер, для определения глубины

проникновения Зонда; блок управления, расположенный на трубке, имитирующей  
сосудистое русло, состоит из микроконтроллера, драйвера управления насосом,  
драйверов для управления электромагнитами и снабжен беспроводным интерфейсом,  
при этом блок управления связан с датчиком факта введения зонда, датчиком глубины  
5 проникновения зонда и светодиодами посредством проводов.

10

15

20

25

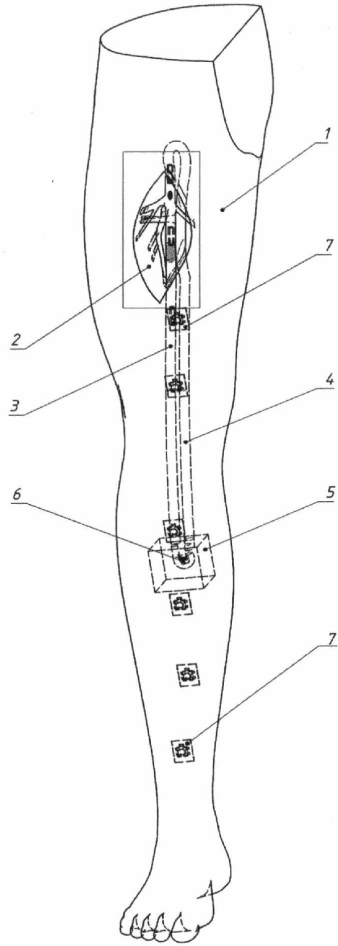
30

35

40

45

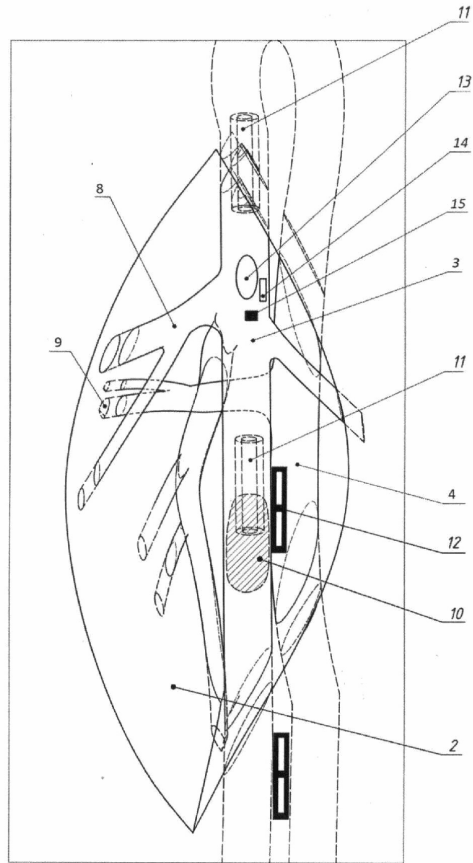
1



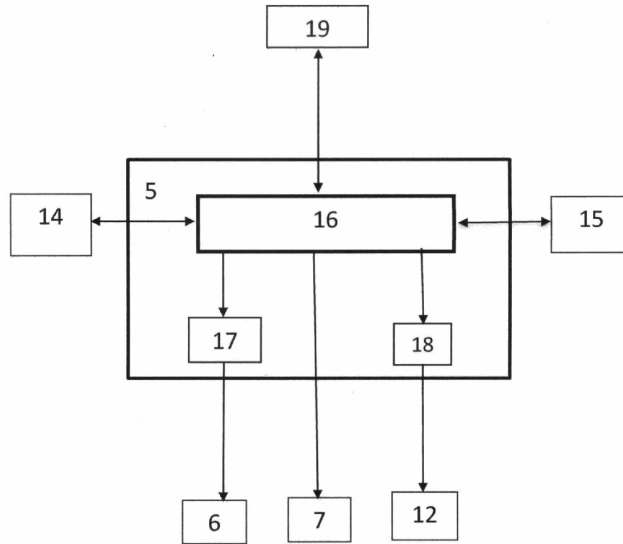
Фигура 1

2





Фигура 2



Фигура 3