(19) Евразийское патентное ведомство

(11) 043155 (13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.04.27

(21) Номер заявки
201700561

(22) Дата подачи заявки
2017.11.16

(51) Int. Cl. ***A61B 6/14*** (2006.01)
A61C 7/00 (2006.01)
G06T 17/00 (2006.01)
B29C 64/00 (2017.01)

(54) СПОСОБ И СИСТЕМА ВЫРАВНИВАНИЯ ЗУБОВ НА ОСНОВАНИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ КОРОНОК И КОРНЕЙ

(43) **2019.05.31**
(96) **2017000124 (RU) 2017.11.16**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
3Д СМАЙЛ ЮЭСЭЙ, ИНК (US)

(72) Изобретатель:
Домрачева Марина Евгеньевна,
Аптекарев Федор Александрович,
Дмитриенко Ирина Вадимовна (RU)

(74) Представитель:
Котлов Д.В., Черняев М.А. (RU)

(56) US-A1-20120214121
KR-B1-101099732
RU-C2-2593741
ПЕТРОВСКИЙ М.А. Применение свёрточных нейронных сетей для сегментации биомедицинских диагностических изображений. Труды Международной научно-технической конференции, "Перспективные информационные технологии" ПИТ 2015, том 1, с. 344-348.
US-A-5345490
EP-B1-1119308
WO-A1-1995028688

(57) Изобретение относится к стоматологии, в частности ортодонтии. Технический результат - моделирование движения коронок и корней каждого зуба для изготовления индивидуальных кап для лечения зубных патологий пациентов на основе рассчитываемой индивидуальной 3D-модели челюстей пациента, содержащей точные модели каждого зуба. Компьютерно-реализованный способ построения модели зубов, содержащий этапы, на которых получают данные пациента, которые включают в себя цифровую 3D-модель коронок зубов и прилежащей десны, и компьютерную томограмму (КТ) ротовой полости; автоматически выделяют на КТ область с челюстью и осуществляют сегментацию зубов с корнями, в результате чего, формируется изображение корневой системы зубов и окружающей ткани для верхней и нижней челюсти; осуществляют автоматическую разметку зубов на полученном изображении корневой системы и получают отдельные цифровые 3D-модели корней зубов в отдельности, а также, по меньшей мере, 3D-модели кости и мягких тканей; получают 3D-модель зубов путем совмещения моделей корней и соответствующих им коронок; формируют 3D-модель челюсти на основании полученных 3D-моделей зубов и, по меньшей мере, 3D-моделей кости и мягких тканей. Система для реализации данного способа. А также ортодонтического лечения пациента с помощью кап, с использованием данного способа и системы.

043155 B1

043155 B1

Область техники

Изобретение относится к стоматологии, в частности ортодонтии. Данное изобретение содержит моделирование движения зубов, создание этапов движения зубов и производство кап с помощью 3D-печати для выравнивания прикуса.

Уровень техники

Далеко не все люди понимают, как важно иметь правильный прикус. Очень немногие решаются идти к ортодонту, тем более, если нет внешних признаков аномалий прикуса.

Тем не менее, по статистике около 80% людей имеют неправильный прикус.

Причин для исправления прикуса немало: понижается риск развития заболеваний десен и возникновения кариеса, не будут стираться зубы, хорошо пережеванная пища не вызовет заболеваний системы пищеварения, черты лица станут симметричными, дикция - четкой.

Существуют разные способы выравнивания зубов: брекет-системы; элайнеры, или капы; в особо тяжелых случаях требуется операция челюсти.

Известна полезная модель RU 132340 U1, "Ортодонтический аппарат", Персин Леонид Семёнович и др. (RU), опубликована 20.09.2013. В данной полезной модели описан ортодонтический аппарат, включающий брекет-систему с проволочной дугой и губной бампер, при этом губной бампер смонтирован на дуге брекет-системы посредством выполненных на обоих его концах крючкообразных элементов, которые размещены между 3-м и 4-м зубами или между 4-м и 5-м зубами, считая от середины зубного ряда.

Известно изобретение RU 2559762 C1, "Способ трансверзального расширения верхнего зубного ряда", Липова Юлия Сергеевна и др. (RU), опубликовано 10.08.2015. В данном изобретении описан способ трансверзального расширения верхнего зубного ряда, включающий расширение зубного ряда по трансверзали с использованием несъемного аппарата с винтом на верхнюю челюсть, при этом одновременно с расширением зубного ряда по трансверзали осуществляют фиксацию брекетов на зубы 1.5, 1.3, 1.2, 1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.5, по мере выравнивания зубов верхней челюсти, наклеивают брекет-систему на нижнюю челюсть, через 2-3 месяца убирают несъемный аппарат с верхней челюсти, фиксируют брекеты на зубы 1.4, 2.4, кольца со щечными трубками на моляры и далее проводят лечение по известной методике стандартным способом с помощью брекет-системы.

Известно изобретение RU 2495642 C2, "Способ изготовления индивидуального ортодонтического аппарата и аппарат, выполненный этим способом", X 32 (FR), опубликовано 20.10.2013. В данном изобретении описан способ изготовления индивидуального ортодонтического аппарата, содержащего по меньшей мере одну лечебную ортодонтическую дужку и множество элементов, каждый из которых содержит скобку с по меньшей мере одним пазом, выполненным с возможностью приема указанной ортодонтической дужки, причем каждая скобка выполнена с возможностью установки на промежуточной детали, которая, в свою очередь, выполнена с возможностью установки на основании, предназначенном для установки на передней или задней стороне зуба, при этом указанный способ включает индивидуальное компьютерное проектирование указанных скобок, промежуточных деталей и оснований после формирования изображения в скорректированном положении зубной дуги и сторон зубов, на которых необходимо закрепить указанные основания, на указанном изображении позиционируют проектную дужку относительно указанных сторон зубов, при этом геометрия проектной дужки подобна геометрии лечебной ортодонтической дужки, а затем производят компьютерное моделирование указанных элементов так, чтобы их огибающая соответствовала геометрии зазора, который по завершении ортодонтического лечения будет разделять зуб и дужку, когда зуб займет свое скорректированное положение, а лечебная дужка восстановит свою первоначальную форму.

Известно изобретение US 7585172 B2, "Orthodontic treatment planning with user-specified simulation of tooth movement", ORAMETRIX INC (US), опубликовано 08.09.2009. В данном изобретении описано устройство для регулировки ортодонтического лечения пациента, у которого уже имеются скобки, прикрепленные к зубам, и в котором скобки заключены в скобки, сканирующая система для сканирования зубного ряда пациента, включая и сами скобки; рабочая станция, имеющая процессор, память и дисплей; а также программное обеспечение для обработки захваченных изображений из упомянутой системы сканирования и преобразования упомянутых захваченных изображений в текущую виртуальную трехмерную модель зубов с кронштейнами, расположенными на поверхности зубов пациента; и упомянутое программное обеспечение дополнительно позволяет пользователю количественно точно определять количество движения указанных зубов пациента, тем самым позволяя регулировать ортодонтическое лечение для указанного ортодонтического пациента, уже проходящего ортодонтическое лечение.

Известно изобретение WO 2011/103876 A1, "DYNAMIC VIRTUAL ARTICULATOR", 3SHAPE AS (DK), опубликовано 01.09.2011. В данном изобретении описан способ использования динамического виртуального артикулятора для имитационного моделирования окклюзии при выполнении автоматизированного проектирования одного или более стоматологических протезов для пациента, реализуемый при помощи компьютера, включающий следующие стадии: обеспечение виртуального артикулятора, содержащего виртуальную трехмерную модель верхней челюсти и виртуальную трехмерную модель нижней челюсти, повторяющие верхнюю челюсть и нижнюю челюсть пациента соответственно; обеспечение движения виртуальной верхней челюсти и виртуальной нижней челюсти относительно друг друга

для имитационного моделирования динамической окклюзии при возникновении контактов между зубами виртуальной верхней и виртуальной нижней челюстей, причем способ включает предотвращение пересечения между собой виртуальной поверхности зубов виртуальной верхней челюсти и виртуальной поверхности зубов виртуальной нижней челюсти при указанных контактах, при этом указанные протезы являются проницаемыми.

При использовании данных изобретений не обеспечивается полная автоматизация плана лечения и производства кап для выравнивания зубов, поскольку процесс выравнивания чрезвычайно сложен. В то же время осуществление планирование каждой стадии лечения вручную довольно трудное и требует длительных временных затрат, кроме того требует обширного обучения врачей.

Кроме того, брекеты вызывают боль, с ними приходится хорошо вычищать остатки пищи, они царапают эмаль, приводят к повторному кариесу и непредсказуемым результатам в коррекции роста зубов.

Сущность технического решения

Данное техническое решение направлено на устранение недостатков, присущих существующим изобретениям.

Технический результат - моделирование движения коронок и корней каждого зуба для изготовления индивидуальных кап для лечения зубных патологий пациентов на основе рассчитываемой индивидуальной 3D-модели челюстей пациента, содержащей точные модели каждого зуба.

Данный технический результат достигается благодаря компьютерно-реализованному способу построения модели зубов, содержащему этапы, на которых:

получают данные пациента, которые включают в себя цифровую 3D-модель коронок зубов и прилежащей десны, и компьютерную томограмму (КТ) ротовой полости;

автоматически выделяют на КТ область с челюстью и осуществляют сегментацию зубов с корнями, в результате чего, формируется изображение корневой системы зубов и окружающей ткани для верхней и нижней челюсти;

осуществляют автоматическую разметку зубов на полученном изображении корневой системы и получают отдельные цифровые 3D-модели корней зубов в отдельности, а также, по меньшей мере, 3D-модели кости и мягких тканей;

получают 3D-модель зубов путем совмещения моделей корней и соответствующих ем коронок, формируют 3D-модель челюсти на основании полученных 3D-моделей зубов и, по меньшей мере, 3D-моделей кости и мягких тканей.

В частном варианте реализации, предлагаемого способа, КТ ротовой полости содержит данные о костной ткани, толщине кости челюсти и расположении корней зубов.

В другом частном варианте реализации, предлагаемого способа, при сегментации корней зубов на КТ используют сверточные нейросети.

В другом частном варианте реализации, предлагаемого способа, преобразование изображений в цифровую 3D-модель реализуется с применением алгоритма марширующих кубов (Marching cubes).

В другом частном варианте реализации, предлагаемого способа, находят зубную дугу, которая определяет и описывает форму челюсти.

В другом частном варианте реализации, предлагаемого способа, производится ортогональная проекция всех выявленных пикселей на зубную дугу;

осуществляют подсчет суммарной интенсивности спроецированных пикселей в каждой точке зубной дуги;

находят точки зубной дуги, на которых суммарная интенсивность спроецированных пикселей минимальна;

через эти точки перпендикулярно зубной дуге строятся прямые, которые позволяют разделить сегментацию на отдельные зубы.

Технический результат достигается также благодаря системе построения модели зубов, содержащей, запоминающее устройство, сконфигурированное для хранения данных;

по меньшей мере один процессор, сконфигурированный с возможностью выполнения способа построения модели зубов по любому из пп.1-6.

Технический результат достигается также благодаря способу ортодонтического лечения пациента с помощью кап, содержащий этапы, на которых:

получают диагностические данные для составления плана лечения пациента, содержащие параметры перемещения зубов для лечения ортодонтической патологии;

вычисляют траекторию перемещения зубов на основании плана лечения с помощью полученной модели по п.1, с учетом физиологических особенностей зубочелюстного аппарата пациента; при этом траектория перемещения зубов до конечной точки может задаваться по-разному, например, сначала горизонтальное перемещение, потом вертикальное перемещение, потом ротация

на основании вычисленной траектории определяют количество точек положения зубов для их перемещения, используя модели зубов, полученных по п.1;

формируют на основании упомянутого положения зубов в каждой упомянутой точке соответствующую 3D-модель челюсти;

изготавливают капу на основании полученных 3D-моделей челюсти в каждой упомянутой точке.

В частном варианте реализации, предлагаемого способа, задают скорость перемещения зубов с учетом физиологических особенностей зубочелюстного аппарата пациента.

В другом частном варианте реализации, предлагаемого способа, капа изготавливается методом термоформовки по изготовленным методом 3D-печати моделям челюсти.

В другом частном варианте реализации, предлагаемого способа, капа может быть изготовлена из прозрачного пластика.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - блок-схема этапов действий пациента во время лечения.

Фиг. 2 - пример кап.

Фиг. 3 - блок-схема подготовки моделей зубочелюстной системы к моделированию движения зубов по компьютерной томографии.

Фиг. 4 - блок-схема моделирования движения зубов.

Фиг. 5 - блок-схема изготовления кап.

Фиг. 6 - общий вид системы построения модели зубов, реализующей заявленный способ построения модели зубов.

Подробное описание технического решения

Выравнивание зубов без брекетов у взрослых быстро и эффективно обеспечивают капы, изготовленные по технологии заявленного изобретения. Капы работают по такому же принципу, что и брекеты: за счет давления зубы постепенно смещаются на нужное место, и этот процесс происходит без боли и прочих неудобств. Просто капа плотно обхватывает зуб и толкает его, это технология, которая позволяет двигать зубы во всех направлениях, т.е. и вперед к центру зубной дуги, и назад от центра зубной дуги, и вверх, и вниз, наклоняет в сторону щеки или языка, к центру зубной дуги или от центра, перемещает зуб корпусно в сторону щеки или в сторону языка - все зависит от того, какой клинический случай, а брекет приклеен к зубу и тянет его за собой.

Особенностью кап является использование гипоалергенных и безопасных материалов - очень прозрачных и прочных, и цифровая точность расчета при изготовлении кап - до микронов. Кроме того, капы - это съемные ортодонтические аппараты. Они не зафиксированы на зубах, как брекет-системы, и их можно снимать. Это обеспечивает максимальный комфорт в лечении и дает определенную свободу пациенту. С капами нет необходимости соблюдать диету и всегда лучше гигиена полости рта.

Благодаря высокоточному 3D-моделированию лечение протекает быстро, эффективно и комфортно для пациента.

На первом этапе лечения получают данные пациента, которые включают в себя цифровую 3D-модель коронок зубов и прилежащей десны, и компьютерную томограмму (КТ) ротовой полости.

Для получения цифровой 3D-модели коронок зубов и прилежащей десны могут использовать два варианта: первый - это снимают слепки зубов пациента и присылают в лабораторию. В лаборатории по слепкам отливаются гипсовые модели, модели сканируются и создается цифровая 3D-модель коронок зубов и прилежащей десны. Второй вариант - это создают цифровую 3D-модель зубов, полученную путем внутриротового сканирования, которое проводит врач. Внутриротовое сканирование выполняют путем оптического сканирования при помощи лазерного оборудования. Скан зубов дает информацию только о коронковой части зуба и прилежащей десне.

Загружают на компьютер КТ ротовой полости пациента и автоматически, с помощью алгоритма специализированного программного обеспечения, выделяют на КТ именно область с челюстью, после чего происходит сегментация зубов с корнями.

Для сегментации (выделения) зубов с корнями используют систему компьютерного зрения на основе сверточных нейросетей и осуществляют следующим образом: на томограмме выявляют группы пикселей, характеризующих корни зубов.

Вокруг каждого пикселя строится окно заданного размера. Нейросеть классифицирует каждый блок пикселей, соответствующих этому окну, на два класса ("зуб" и "не зуб") и присваивает центральному пикселю в блоке соответствующую метку. Операция выполняется в каждом слое 3D-массива и минимум в одной проекции. После этого по полученной сегментации из исходного 3D-массива отсекаются все пиксели, которые были классифицированы как "не зуб". Получившийся объём делится на две части, соответствующие верхней и нижней челюстям. Для каждой из челюстей, на срезе, который найден алгоритмом, производится автоматическая разметка зубов следующим методом: находится зубная дуга, которая определяет и описывает челюсть (аппроксимация методом наименьших квадратов, least square fitting), производится ортогональная проекция всех пикселей, характеризующих зуб, на зубную дугу и происходит подсчет их суммарной интенсивности в каждой точке зубной дуги, находятся точки зубной дуги, на которых суммарная интенсивность спроецированных пикселей минимальна, через эти точки перпендикулярно зубной дуге строятся прямые, по прямым происходит разделение сегментации на отдельные зубы, между прямыми выделяются связные компоненты и помечаются меткой отдельного зуба, после чего осуществляют автоматическую разметку зубов полученного изображения корневой системы и получают цифровые 3D-модели корней каждого зуба в отдельности, а также, по меньшей мере, 3D-модели

кости и мягких тканей.

Совмещают модель корня, полученную из КТ, и соответствующую ему коронку, полученную путем цифрового сканирования, и получают 3D-модель зуба и так для каждого зуба пациента.

В итоге формируют 3D-модель челюсти на основании полученных 3D-моделей зубов и, по меньшей мере, 3D-моделей кости и мягких тканей.

Загружают диагностические данные для автоматического создания сценария выравнивания зубов и составления плана лечения пациента, содержащие параметры перемещения зубов для лечения ортодонтической патологии. После чего вычисляют траекторию перемещения зубов на основании плана лечения с помощью, полученной 3D-модели зубов, с учетом физиологических особенностей зубочелюстного аппарата пациента.

При этом траектория перемещения зубов до конечной точки, а именно финальной цели ортодонтического лечения, может задаваться по-разному, например, сначала горизонтальное перемещение, потом вертикальное, потом ротация.

Точность расчета перемещения каждого зуба измеряют в микронах. Это значит, что каждый зуб будет двигаться так, как его запрограммировали (предусмотрено планом лечения) и пациент получит гарантированный результат лечения при соблюдении режима ношения кап не менее 22 ч в сутки.

На основании вычисленной траектории определяют количество точек положения зубов для их перемещения, используя 3D-модели зубов, формируют на основании упомянутого положения зубов в каждой упомянутой точке соответствующую 3D-модель челюсти и изготавливают капу на основании полученных 3D-моделей челюсти в каждой упомянутой точке.

Использование реальных корней для моделирования движения зубов позволяет избегать при моделировании плана лечения невозможных анатомически движений, например, коллизия корней, перекрест корней, движение корня в плотные участки костной ткани, пазухи - эти движения невозможно предсказать при моделировании движения зубов исходя только из скана коронок.

Когда план лечения утвержден, весь курс лечения будет разбит на двухнедельные этапы. Каждому этапу соответствует своя смоделированная пара кап. Капы изготавливают методом термоформовки по моделям, изготовленным при помощи высокоточной 3D-печати.

Данное техническое решение в различных своих вариантах осуществления может быть выполнено в виде способа, реализуемого на компьютере, в виде системы или машиночитаемого носителя, содержащего инструкции для выполнения вышеупомянутого способа.

В некоторых вариантах реализации, техническое решение может быть реализовано в виде распределенной компьютерной системы.

На фиг. 6 представлен общий вид системы (100), реализующей заявленный способ построения модели зубов.

Система построения модели зубов (100) может выполняться на базе широкого спектра электронно-вычислительных устройств, например, персонального компьютера, ноутбука, серверного кластера и т.п.

В общем случае система (100) содержит один или более процессоров (101), выполняющих основную вычислительную работу при реализации этапов способа.

Оперативную память (ОЗУ) (102), предназначенную для оперативного хранения команд, исполняемых одним или более процессорами (101).

Средство хранения данных (103) может представлять собой жесткий диск (HDD), твердотельный накопитель (SSD), флэш-память (NAND-flash, EEPROM, Secure Digital и т.п.), оптический диск (CD, DVD, Blue Ray), мини диск или их совокупности.

Интерфейсы ввода/вывода (В/В) (104) представляют собой стандартные порты и средства сопряжения устройств и передачи данных, выбираемые исходя из необходимой конфигурации исполнения системы (200), в частности: USB (2.0, 3.0, USB-C, micro, mini), Ethernet, PCI, AGP, COM, LPT, PS/2, SATA, Fire Wire, Lightning и т.п.

Средства В/В (105) также выбираются из известного спектра различных устройств, например, клавиатура, тачпад, сенсорный дисплей, монитор, проектор, манипулятор мышь, джойстик, трекбол, световое перо, стилус, устройства вывода звука (колонки, наушники, встроенные динамики, зуммер) и т.п.

Средства передачи данных (106) выбираются из устройств, предназначенных для реализации процесса коммуникации между различными устройствами посредством проводной и/или беспроводной связи, в частности, таким устройствами могут быть: GSM модем, Wi-Fi приемопередатчик, Bluetooth или BLE модуль, GPS модуль, Глонасс модуль, NFC, Ethernet модуль и т.п.

Компоненты системы (100) сопряжены посредством общей шины передачи данных (110).

Программа - последовательность инструкций, предназначенных для исполнения устройством управления вычислительной машины или устройством обработки команд.

Модификации и улучшения вышеописанных вариантов осуществления настоящей технологии будут ясны специалистам в данной области техники. Предшествующее описание представлено только в качестве примера и не несет никаких ограничений. Таким образом, объем настоящей технологии ограничен только объемом прилагаемой формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Компьютерно-реализованный способ построения модели зубов, содержащий этапы, на которых:

получают данные пациента, которые включают в себя цифровую 3D-модель коронок зубов и прилежащей десны, и компьютерную томограмму (КТ) ротовой полости;

автоматически выделяют на КТ область с челюстью и осуществляют сегментацию зубов с корнями, в результате чего формируется изображение корневой системы зубов и окружающей ткани для верхней и нижней челюсти;

осуществляют автоматическую разметку каждого из зубов на полученном изображении корневой системы и получают отдельные цифровые 3D-модели корней зубов в отдельности, а также, по меньшей мере, 3D-модели кости и мягких тканей;

получают 3D-модель зубов путем совмещения моделей корней и соответствующих им коронок;

формируют 3D-модель челюсти на основании полученных 3D-моделей зубов и, по меньшей мере, 3D-моделей кости и мягких тканей.

2. Способ по п.1, характеризующийся тем, что КТ ротовой полости содержит данные о костной ткани, толщине кости челюсти и расположении корней зубов.

3. Способ по п.1, характеризующийся тем, что при сегментации корней зубов на КТ используют сверточные нейросети.

4. Способ по п.1, характеризующийся тем, что преобразование изображений в цифровую 3D-модель реализуется с применением алгоритма марширующих кубов (Marching cubes).

5. Способ по п.1, характеризующийся тем, что находят зубную дугу, которая определяет и описывает форму челюсти.

6. Способ по п.5, характеризующийся тем, что

производится ортогональная проекция всех выявленных пикселей на зубную дугу;

осуществляют подсчет суммарной интенсивности спроецированных пикселей в каждой точке зубной дуги;

находят точки зубной дуги, на которых суммарная интенсивность спроецированных пикселей минимальна;

через эти точки перпендикулярно зубной дуге строятся прямые, которые позволяют разделить сегментацию на отдельные зубы.

7. Система построения модели зубов, содержащая

запоминающее устройство, сконфигурированное для хранения данных;

по меньшей мере один процессор, сконфигурированный с возможностью выполнения способа построения модели зубов по любому из пп.1-6.

8. Способ ортодонтического лечения пациента с помощью кап, содержащий этапы, на которых:

получают диагностические данные для составления плана лечения пациента, содержащие параметры перемещения зубов для лечения ортодонтической патологии;

вычисляют траекторию перемещения зубов на основании плана лечения с помощью полученной модели по п.1, с учетом физиологических особенностей зубочелюстного аппарата пациента; при этом траектория перемещения зубов до конечной точки может задаваться по-разному: горизонтальное перемещение, вертикальное перемещение, ротация;

на основании вычисленной траектории определяют количество точек положения зубов для их перемещения, используя модели зубов, полученных по п.1;

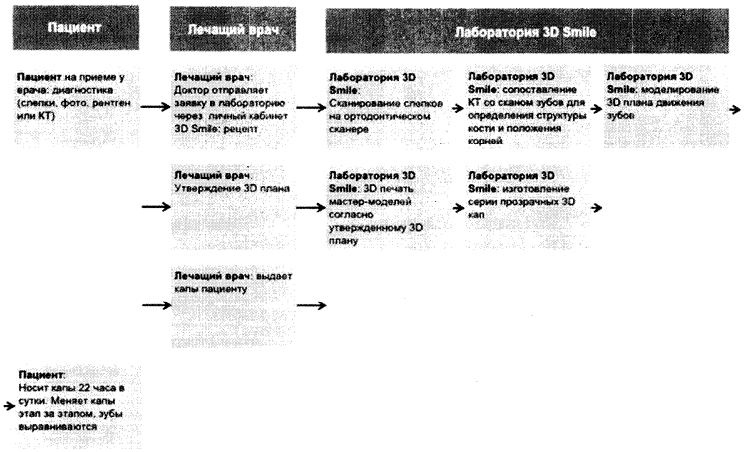
формируют на основании упомянутого положения зубов в каждой упомянутой точке соответствующую 3D-модель челюсти;

изготавливают капу на основании полученных 3D-моделей челюсти в каждой упомянутой точке.

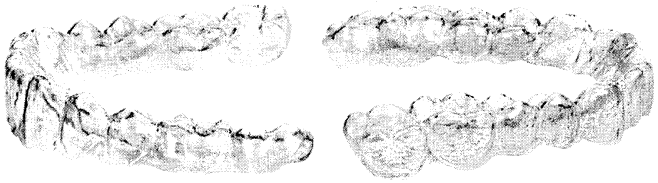
9. Способ по п.8, характеризующийся тем, что задают скорость перемещения зубов с учетом физиологических особенностей зубочелюстного аппарата пациента.

10. Способ по п.8, характеризующийся тем, что капа изготавливается методом термоформовки по изготовленным методом 3D-печати моделям челюсти.

11. Способ по п.10, характеризующийся тем, что капа может быть изготовлена из прозрачного пластика.



Фиг. 1



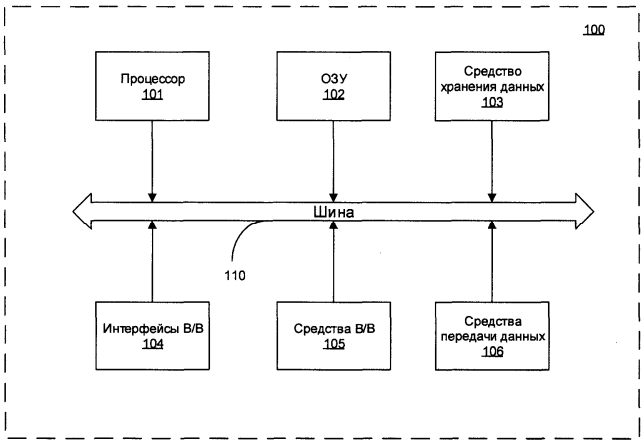
Фиг. 2

Фиг. 3

Фиг. 4

Трехмерные модели положения зубов на последовательных этапах, включая дополнительные структуры и уменьшение толщины коронки
Получение STL файлов моделей челюстей по последовательных этапах перемещения зубов, включая модели для установки замков.
3D печать моделей челюстей
Изготовление кап по моделям челюстей

Фиг. 5


100
Процессор 101
ОЗУ 102
Средство хранения данных 103
Шина
110
Интерфейсы В/В 104
Средства В/В 105
Средства передачи данных 106

Фиг. 6