



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011127389/14, 02.12.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
02.12.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
05.12.2008 EP 08170851.3

(43) Дата публикации заявки: 10.01.2013 Бюл. № 1

(45) Опубликовано: 27.07.2014 Бюл. № 21

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: LASKER J. et al "Dynamic optical imaging of vascular and metabolic reactivity in rheumatoid joints". J. of Biomedical Optics 12(5), 02.11.2007. JOSEPH M. LASKER et al. "Digital-signal processor-based imaging system for optical tomography", Review of Scientific Instruments, 78, 083706-1, 31.08.2007. US 57555226 A, 26.05.1998. US 5355880 A, (см. прод.)

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 05.07.2011

(86) Заявка РСТ:  
IB 2009/055463 (02.12.2009)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2010/064202 (10.06.2010)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городиский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

РЕНСЕН, Ваутер, Х., Й. (NL)

(73) Патентообладатель(и):

АКЕСО МЕДИКАЛ ИМЭДЖИНГ Б.В.  
(NL)

## (54) СПОСОБ ОПТИЧЕСКОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СУСТАВОВ

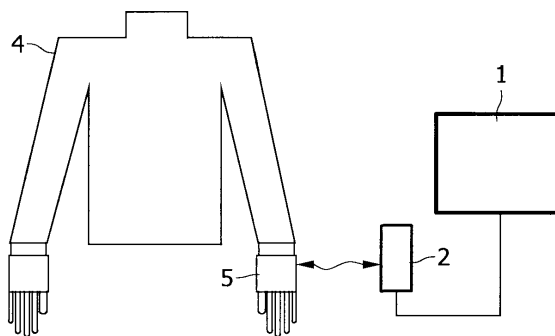
(57) Реферат:

Изобретение относится к медицинской технике, а именно к средствам оптического детектирования суставов. Устройство содержит измерительный блок для облучения светом части тела субъекта и одновременно локального детектирования ослаблений света, при этом частота выборки для локального детектирования

является более высокой, чем частота сокращений сердца субъекта. Устройство дополнительно выполнено с возможностью предоставления информации о состоянии, по меньшей мере, одного сустава путем сравнения результатов измерений сустава и, по меньшей мере, одного другого участка части тела при различных

состояниях кровотока, вызванных в период различных фаз пульсовых колебаний кровяного давления, обусловленных сокращениями сердца субъекта. Способ заключается в использовании

устройства. Использование изобретения позволяет повысить надежность и качество детектирования состояния сустава. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 4 ил.



ФИГ.1

(56) (продолжение):

18.10.1994. L.SORNMO "Time-varying digital filtering of ECG baseline wander", Medical & Biological Engineering & Computing, 31, 1993, p.p.503-508. EP 842635 B1, 24.09.2003. RU 2160130 C1, 10.12.2000

RU 2524131 C2

RU 2524131 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*A61B 5/00* (2006.01)  
*G01N 21/47* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011127389/14, 02.12.2009**

(24) Effective date for property rights:  
**02.12.2009**

Priority:

(30) Convention priority:  
**05.12.2008 EP 08170851.3**

(43) Application published: **10.01.2013** Bull. № 1

(45) Date of publication: **27.07.2014** Bull. № 21

(85) Commencement of national phase: **05.07.2011**

(86) PCT application:  
**IB 2009/055463 (02.12.2009)**

(87) PCT publication:  
**WO 2010/064202 (10.06.2010)**

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,  
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**RENSEN, Vauter, Kh., J. (NL)**

(73) Proprietor(s):

**AKESO MEDIKAL IMEhDZhING B.V. (NL)**

(54) **METHOD OF OPTICAL DETECTION AND DEVICE FOR OPTICAL DETECTION OF JOINT STATE**

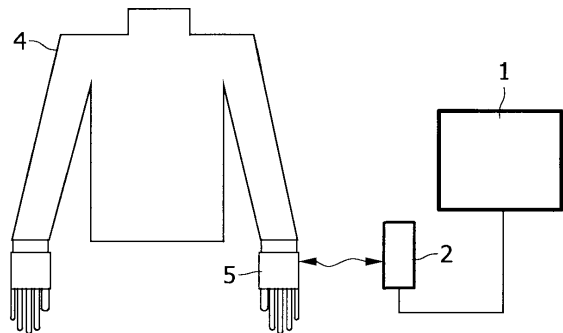
(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to medical equipment, namely to means of optical detection of joints. A device contains a measuring unit for irradiation with light of a subject's body part and the simultaneous detection of light weakening, with a frequency of selection for the local detection being higher than the frequency of the subject's heart rate. The device is additionally made with a possibility of presenting information about the state of, at least, one joint by comparison of results of the joint measurement and, at least, one other section of the body's part with different states of the blood flow, induced in the period of different phases of the pressure pulse, conditioned by contractions of the subject's heart. The method consists in the device application.

EFFECT: application of the invention makes it possible to increase reliability and quality of the joint state detection.

14 cl, 4 dwg



ФИГ. 1

RU 2 524 131 C2

RU 2 524 131 C2

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к способу оптического детектирования и устройству для оптического детектирования состояния суставов.

## УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

5 В контексте настоящей заявки термин «свет» следует понимать как неионизирующее электромагнитное излучение, в частности, с длиной волны в диапазоне от 400 нм до 1400 нм. Термин «часть тела» означает часть тела человека или животного. Термин «блокирование» распространяется как на полное блокирование, так и на блокирование в существенной степени.

10 В общем, настоящее изобретение относится к оптическому детектированию состояния суставов, в частности к оптическому детектированию заболеваний суставов, таких как ревматоидный артрит (RA). Лечение подобных заболеваний суставов выполняется поэтапно. Обычно пациент сначала принимает обезболивающие препараты. За ними часто следуют нестероидные противовоспалительные препараты (NSAID) и базисные  
15 противоревматические препараты, модифицирующие течение заболевания (DMARD). В большом числе случаев на последнем этапе лекарственной терапии используют биологическую терапию. В особенности последняя категория является дорогостоящей, и лечение может стоить десятки тысяч долларов в год на одного пациента. Кроме того, препараты, используемые на последних этапах лечения, часто вызывают более серьезные  
20 побочные эффекты. В отношении таких заболеваний суставов специалисты-медики основывают свои решения по изменению тактики лечения на том, насколько активно протекает заболевание, что определяется количеством воспаленных суставов и степенью их воспаления.

Поскольку ревматоидный артрит - прогрессирующее заболевание и ранние  
25 диагностика и начало лечения могут помочь отдалить неблагоприятные последствия и большие затраты на лечение, существует потребность в способах и устройствах, позволяющих получить достаточную информацию о состоянии суставов, способную помочь специалисту-медику прийти к заключению о действительном состоянии сустава.

30 Отражающие временную зависимость измерения с использованием «нецелевых» (non-targeted) флуоресцентных красителей, вводимых пациенту, показали, что динамика перфузии в больных суставах отличается от динамики в здоровых суставах. Однако в клинической практике ревматологов введение контрастных веществ в большинстве случаев не практикуется.

В качестве альтернативного подхода было предложено использовать диффузионную  
35 оптическую томографию (DOT) для визуализации суставов для предоставления информации об их состоянии. В одном исследовательском проекте с помощью сдавливающей манжеты временно прерывали венозный кровоток, поступающий в некоторую часть тела, и посредством DOT визуализировали единичный сустав. При проведении таких исследований было обнаружено существование оптических  
40 параметров, взаимосвязанных с наличием ревматоидного артрита (RA).

Известно, например, что воспаление можно распознать по изменению перфузии. Компоненты крови, в частности оксигенированный гемоглобин и деоксигенированный гемоглобин, имеют четко различимые оптические характеристики по сравнению с  
45 другими составляющими тела человека или животного, а значит, в принципе, могут быть оптически обнаружены или распознаны.

Устройство и способ для детектирования состояния сустава описаны в Европейской патентной заявке EP 08156917.0. В документе описано количественное определение воспалительного процесса в суставе путем анализа изменений в спектральном

пропускании суставов и других частей, например руки пациента, до, во время и после (частичной) окклюзии кровотока в руке и кисти пациента. Окклюзию кровотока проводили с использованием сдавливающей манжеты, накладываемой вокруг руки пациента. Наложение сдавливающей манжеты может занять время и требует некоторого опыта, а значит, помощи еще одного человека (например, медицинской сестры).  
Пребывание наполненной воздухом манжеты на руке пациента в течение продолжительного времени может причинять пациенту неудобства и подвергать, в весьма малой степени, риску здоровью пациента, связанному с образованием сгустка крови. Кроме того, манжета и сопутствующее ей оборудование, насос и электронная аппаратура управления повышают стоимость устройства и предполагают использование механических деталей, риск поломки которых относительно высок.

### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задача изобретения заключается в создании устройства и способа для детектирования состояния сустава, предоставляющих информацию о состоянии сустава без необходимости в использовании сдавливающей манжеты.

Эта задача решается с помощью устройства по п.1 формулы изобретения. Изобретение основано на признании того, что сокращение сердца пациента приводит к пульсовым колебаниям давления в сосудистой системе пациента. Вместо пульсовых колебаний давления, индуцируемых в сосудистой системе пациента путем блокирования кровотока с использованием сдавливающей манжеты, пульсовые колебания давления, вызванные сокращениями собственного сердца пациента, могут также использоваться для определения реакции части тела на такое пульсовое колебание давления. Однако если детектирование должно основываться на пульсовых колебаниях давления, обусловленных сердечными сокращениями, частота выборки в процессе детектирования должна быть выше частоты сердечных сокращений пациента для обеспечения должной выборки модулируемых сердечными сокращениями оптических сигналов, детектируемых у пациента. Поскольку ослабление светового излучения, используемого для облучения, локально детектируется для двух конкретных местоположений, из которых, по меньшей мере, одно является суставом, могут быть выявлены различия в оптических характеристиках, по меньшей мере, одного сустава по сравнению, по меньшей мере, с одним другим участком части тела. Может быть распознана реакция, по меньшей мере, одного сустава на изменения кровотока по сравнению, по меньшей мере, с одним другим участком. В процессе воспаления сустава число и свойства кровеносных сосудов (капилляров) в суставе изменяются. Это явление в сочетании со специфическим поглощением света кровью используется для измерения состояния сустава. Благодаря измерениям, выполненным в различных условиях осуществления кровотока (при этом различные условия осуществления кровотока создаются в течение различных фаз пульсовых колебаний кровяного давления, вызванных сокращениями сердца пациента), сигнал, обусловленный динамикой крови, может быть отделен от сигналов, обусловленных другими источниками ослабления света в теле. Поскольку измерения производятся, по меньшей мере, на одном суставе и, по меньшей мере, на одном другом участке тела в части тела (например, расположенном рядом с суставом), можно получить результаты, характеризующие сустав, а привносимые составляющие от тканей, присутствующих как в суставе, так и на другом участке тела (таких как жировые ткани, кожный покров и т.д.), могут быть отделены. В результате можно получить характеризующий сустав сигнал в отношении изменений в содержании крови. Отдельные измерения для идентификации состава (например, костной ткани, жировой ткани, кожного покрова и т.д.) части тела можно не проводить. В итоге специалист-медик

может получить ценную информацию о состоянии сустава и/или степени активности заболевания.

В более общем случае вместо частоты сокращений сердца субъекта можно использовать эталонную частоту, при этом частота сокращений сердца субъекта - лишь один из ее примеров. Другим примером эталонной частоты может служить частота дыхательных движений субъекта. Частота дыхательных движений связана с частотой сердечных сокращений. Следовательно, частота дыхательных движений может использоваться в качестве эталонной частоты. Значение эталонной частоты, которое следует использовать, зависит от того, как эталонная частота связана с частотой сердечных сокращений.

Один вариант осуществления устройства по изобретению характеризуется тем, что частота выборки, по меньшей мере, вдвое превышает частоту сокращений сердца субъекта. Данный вариант осуществления имеет преимущество в том, что в процессе выборки информация не теряется, поскольку данный вариант осуществления удовлетворяет теореме Найквиста.

Дополнительный вариант осуществления устройства по изобретению характеризуется тем, что частота выборки составляет, по меньшей мере, 100 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 120 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 150 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 200 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 250 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 300 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 400 Гц. Данный вариант осуществления имеет преимущество в том, что в зависимости от частоты сокращений сердца субъекта удовлетворяется теорема о выборках Найквиста. Когда субъект находится в состоянии релаксации и покоя, значения частоты выборки, составляющие, по меньшей мере, 100 Гц, 120 Гц и 150 Гц, обычно достаточны для удовлетворения теоремы о выборках. Однако когда субъект занимается физическими упражнениями или частота его сердечных сокращений повышается по любой другой причине, для удовлетворения теоремы о выборках могут потребоваться значения частоты выборки, составляющие, по меньшей мере, 200 Гц, 250 Гц и 300 Гц. Частота выборки, составляющая, по меньшей мере, 400 Гц, удовлетворит теореме о выборках вне зависимости от фактической частоты сокращений сердца субъекта. Следовательно, в этом случае для осуществления должной выборки никакой информации о фактической частоте сокращений сердца субъекта не требуется.

Дополнительный вариант осуществления устройства по изобретению характеризуется тем, что устройство дополнительно содержит датчик сердечных сокращений для детектирования частоты сокращений сердца субъекта, при этом датчик сердечных сокращений связан с измерительным блоком, так что определение частоты выборки выполняется на основе частоты сокращений сердца субъекта, обнаруженной с помощью датчика сердечных сокращений. Данный вариант осуществления имеет преимущество в том, что он предоставляет простой способ установления связи между фактической частотой сокращений сердца субъекта и частотой выборки, при которой получены локальные данные ослабления.

Дополнительный вариант осуществления устройства по изобретению характеризуется тем, что измерительный блок содержит блок источника света, способный излучать свет, по меньшей мере, с двумя различными длинами волн. Данный вариант осуществления имеет преимущество в том, что первая длина волны может быть выбрана так, чтобы кровь обладала более высокой способностью поглощения света с этой первой длиной волны, а вторая длина волны может быть выбрана так, чтобы поглощающая способность крови была ниже или соразмерна способности окружающей ткани к

поглощению света с этой второй длиной волны. Таким образом, обеспечивается более подробная информация о перфузии, по меньшей мере, одного сустава и, по меньшей мере, одного другого участка части тела, которая может быть проанализирована для вынесения решения о состоянии, по меньшей мере, одного сустава.

5       Дополнительный вариант осуществления устройства по изобретению характеризуется тем, что устройство дополнительно содержит тренажер для выполнения субъектом физических упражнений для оказания влияния на частоту сокращений сердца субъекта и/или дыхание. Данный вариант осуществления имеет преимущество в том, что можно  
10       получить ценную информацию для принятия решения о состоянии сустава путем получения локальных данных по ослаблению света на различных частотах сердечных сокращений и/или в различных условиях осуществления дыхания. Выполнение субъектом физических упражнений - простой способ изменить частоту сокращений сердца субъекта и/или изменить дыхание субъекта. Выполнение субъектом физических упражнений также приведет к изменению содержания кислорода в крови пациента. Такое изменение  
15       содержания кислорода приведет к изменению ослабления света кровью в некоторой части тела субъекта, например в суставе.

      Дополнительный вариант осуществления устройства по изобретению характеризуется тем, что тренажер представляет собой велоэргометр. Данный вариант осуществления имеет преимущество в том, что велоэргометр представляет собой в особенности  
20       пригодную платформу, на которой можно сочетать детектирование локального ослабления света с созданием физических нагрузок для пациента. В процессе выполнения физических упражнений пациент может удобно сидеть на велотренажере, держась за руль. По меньшей мере, часть измерительного блока может быть встроена в рулевой механизм.

25       Задача изобретения далее решается с помощью способа оптического детектирования по п.9 формулы изобретения. Способ позволяет достичь преимуществ, описанных выше в отношении устройства.

      Один вариант осуществления способа по изобретению характеризуется тем, что, по меньшей мере, одним другим участком части тела является другой сустав. Данный  
30       вариант осуществления имеет преимущество в том, что можно провести сравнение ответной реакции различных суставов на изменение кровотока и получить информацию о различиях в состоянии различных суставов. В предпочтительном варианте осуществления измерения на всех суставах обеих рук пациента выполняются одновременно.

35       Следующий вариант осуществления способа по изобретению характеризуется тем, что результаты определенных локальных замеров ослабления сигнала, по меньшей мере, для одного сустава и, по меньшей мере, для одного другого участка части тела, которые были получены, по существу, одновременно, сравниваются друг с другом. Данный вариант осуществления имеет преимущество в том, что можно получить ценную  
40       информацию для принятия решения о состоянии, по меньшей мере, одного сустава путем сравнения данных, полученных для сустава, с данными, полученными, по существу, одновременно, по меньшей мере, от одного другого участка части тела. Сравнение данных, полученных, по существу, одновременно, имеет преимущество в том, что изменения, оказывающие влияние, по меньшей мере, на один сустав и, по  
45       меньшей мере, на один другой участок одновременно, аннулируются, оставляя только информацию, относящуюся к независимым от времени различиям между, по меньшей мере, одним суставом и, по меньшей мере, одним другим участком.

      Следующий вариант осуществления способа по изобретению характеризуется тем,

что в процессе сбора результатов определенных замеров локального ослабления света часть тела погружают в среду с согласованными оптическими свойствами. Данный вариант осуществления имеет преимущество в том, что граничные эффекты в оптических средах и динамический диапазон нагрузок, которым подвергается датчик, снижены.

5     Дополнительный вариант осуществления способа по изобретению отличается тем, что способ дополнительно содержит этап:

выполнение субъектом физических упражнений для оказания влияния на частоту сокращений сердца субъекта и/или дыхание.

10     Данный вариант осуществления имеет преимущество в том, что можно получить ценную информацию для принятия решения о состоянии сустава путем получения локальных данных по коэффициенту ослабления на различных частотах сердечных сокращений и/или в различных условиях осуществления дыхания. Заявленное изобретение обеспечивает повышение надежности и качества детектирования состояния сустава.

15     Это уже обсуждалось в отношении варианта осуществления устройства по изобретению.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Дополнительные признаки и преимущества настоящего изобретения станут понятны из подробного описания вариантов осуществления со ссылкой на прилагаемые чертежи.

20     На фиг.1 схематично показана схема для оптического детектирования состояния суставов по одному варианту осуществления.

На фиг.2 схематично показаны детали измерительного блока по одному варианту осуществления.

25     На фиг.3 схематично показана кисть руки человека в качестве примера части тела с указанием местоположения суставов.

На фиг.4 схематично показаны результаты одновременных измерений ослабления сигнала в отличных локальных областях для двух суставов и одного другого участка части тела, который суставом не является.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

30     Один вариант осуществления настоящего изобретения будет далее описан со ссылкой на фиг.1, на которой упрощенно показана схема для оптического детектирования состояния суставов. На этой иллюстрации тело 4 человека схематично показано в виде тела, а кисть руки образует часть 5 тела, которую требуется обследовать. Однако следует отметить, что изобретение не ограничивается телом человека и обследованию 35 могут быть подвергнуты, например, тела животных. Кроме того, часть 5 тела не ограничивается кистью руки, но может быть образована другой частью тела, содержащей, по меньшей мере, один сустав 6, например рукой, ногой, ступней и т.д.

В представленном варианте осуществления устройство для оптического детектирования состояния суставов содержит измерительный блок 2 и блок 1 управления.

40     Блок 1 управления создан для управления работой устройства и сбором данных.

Согласно изобретению сбор данных выполняется так, что частота выборки, посредством которой получают локальные данные ослабления сигнала, выше частоты сокращений сердца пациента. Таким образом, обеспечивается должная выборка модулируемых 45 сердечными сокращениями сигналов ослабления, получаемых от пациента, при этом

блокировать кровоток с помощью сдавливающей манжеты не требуется. Измерительный блок 2 обеспечивается для облучения участков обследуемой части 5 тела и измерения локального ослабления света в различных положениях части 5 тела. Например, в представленном варианте осуществления измерительный блок 2 образован

измерительной головкой, которая ниже будет описана более подробно. Конструкция измерительного блока 2 по данному варианту осуществления будет подробнее описана со ссылкой на фиг.2. Устройство может содержать датчик сердечных сокращений (не показан) для детектирования частоты сокращений сердца субъекта для определения 5 подходящей частоты выборки. Устройство по изобретению может быть включено в состав системы, которая дополнительно содержит эргометр (не показан). Примером подходящего эргометра служит велоэргометр. Эргометр предоставляет простое средство для того, чтобы субъект, часть тела которого исследуется, выполнял физические упражнения для оказания влияния на частоту сокращений сердца субъекта и/или 10 дыхание. Система позволяет выполнять измерения в различных условиях в отношении частоты сокращений сердца и/или дыхания, результатом чего является ценная информация, способная помочь в определении состояния сустава субъекта. По меньшей мере, часть устройства, например блок источника света и/или измерительный элемент (см. фиг.2), может быть встроена в эргометр, например в рулевой механизм 15 велоэргометра. Далее человек может выполнять физические упражнения на велоэргометре, удерживая руками рулевой механизм, при этом выполняются измерения в отношении сустава.

Измерительный блок 2, схематично показанный на фиг.2, выполнен с возможностью измерения ослаблений сигнала в геометрии пропускания. Измерительный блок 2 20 содержит блок 21 источника света, испускающий луч света для облучения части 5 тела. Блок 21 источника света содержит, по меньшей мере, один источник света и соответствующие световые волноводы для направления светового луча на часть 5 тела. Источник света может быть образован лампой либо одним или несколькими лазерными источниками, а световые волноводы, например, могут быть образованы оптическими 25 волокнами. Блок 21 источника света может быть выполнен с возможностью излучения света, по меньшей мере, с двумя различными длинами волн, предпочтительно в красном диапазоне до близкого к инфракрасному, при этом одна длина волны выбирается так, чтобы кровь обладала высокой поглощающей способностью, а другая длина волны выбирается так, чтобы поглощающая способность крови была низкой или сравнимой 30 с поглощающей способностью окружающей ткани. Пригодные длины волн, например, составляют 600 нм и 805 нм, но могут быть использованы также и другие частоты, удовлетворяющие данным критериям. В особенности подходящими являются длины волн в диапазоне от 550 до 980 нм. Далее обеспечивается оптический компонент 22, который, например, может быть образован линзой для направления света на часть 5 35 тела. Оптический компонент 22 способен сконцентрировать свет (облучающий свет 25) на конкретной исследуемой области (или нескольких конкретных исследуемых областях, т.е. конкретных точках) части 5 тела, как будет описано ниже. Обеспечивается второй оптический элемент 23 для сбора света, исходящего из конкретной исследуемой области (или исследуемых областей), и направления собранного света 26 на измерительный 40 элемент 24. Измерительный элемент 24 может быть образован, например, фотодиодом, ПЗС, оптическим волноводом, таким как волокно, соединенное с фотодиодом, либо другой схемой детектирования света, известной в данной области техники.

Измерительный блок 2 выполнен с возможностью проведения измерений различных локальных ослаблений сигнала, по меньшей мере, для двух различных участков части 45 5 тела. Предпочтительно измерения в отношении множества суставов осуществляются одновременно, и проводится анализ временных характеристик для этого множества суставов в отношении друг друга. Еще более предпочтительно одновременно проводить измерения в отношении всех суставов части 5 тела. На фиг.3 показана кисть руки в

качестве примера части 5 тела, которую требуется обследовать, при этом местоположения суставов 6 обозначены перекрестиями (следует отметить, что не все суставы снабжены ссылочными позициями). Обозначенные местоположения могут использоваться в качестве точек для замеров локального ослабления сигнала, а дополнительные местоположения между этими обозначенными местоположениями могут использоваться для эталонных замеров ослабления сигнала.

В варианте осуществления на фиг.1 посредством измерительного блока 2 блок 1 управления регистрирует спектральные характеристики части 5 тела, содержащей суставы 6. Измерительный блок 2 далее детектирует спектральные изменения, связанные с изменениями кровотока. Предпочтительно также выполняется сравнение перфузии суставов с перфузией других областей части 5 тела. Воспаленные суставы обладают перфузией и насыщенностью кислородом, отличными от тех, что у здоровых суставов. В результате динамические спектральные характеристики, замеряемые измерительным блоком 2, будут отличаться.

На фиг.4 показан пример результатов измерений ослабления сигнала (в геометрии пропускания), выполненных одновременно, как функции времени. Кривая, помеченная T1, соответствует измерениям локального ослабления сигнала на первом суставе, кривая, помеченная T2, соответствует измерениям локального ослабления сигнала на втором суставе, а кривая, помеченная R1, соответствует измерениям локального ослабления сигнала в референсной точке, которая суставом не является. Сигнал изменяется периодически с частотой сокращений сердца пациента. Характеристики A1, A2, A3 падений, имеющих место на кривых, могут отличаться. Воспаленный сосуд может проявлять признаки высокой перфузии, такие как увеличенное падение в пропускании по сравнению с другими суставами или по сравнению с эталонным положением. Падения отражают различия в глубине модуляции между различными участками, на которых проводятся измерения. На глубину модуляции влияют изменения кровотока через пораженную ткань по сравнению с кровотоком в здоровой ткани. Кроме того, временная разность D1, D2 между изменениями в режиме пропускания между кривыми T1, T2 и R1 может использоваться в качестве маркера воспаления и предоставлять важную информацию.

Проводится анализ зависящих от времени характеристик отдельных суставов, характеристик суставов в отношении друг друга и в отношении других частей (которые могут выполнять роль эталонных).

В вышеописанном варианте осуществления измерительный блок 2 выполнен с возможностью измерений в геометрии пропускания, т.е. участок тела облучается с одной стороны, а световое излучение, прошедшее сквозь часть тела, замеряется на противоположной стороне. В модифицированном варианте осуществления измерительный блок 2 может быть выполнен с возможностью измерений ослабления сигнала в геометрии отражения. В этом случае облучение и детектирование выполняются с одной и той же стороны части 5 тела. В геометрии отражения оптические компоненты 22 и 23 могут быть объединены. Предпочтительно отделить диффузно отраженный свет от облучающего света. Это можно выполнить, например, с помощью спектральной визуализации с ортогональной поляризацией (orthogonal polarized spectral imaging (OPSI)), темнопольной визуализации или иной соответствующей технологии, известной в данной области техники.

Следует отметить, что в вариантах осуществления не требуется полностью блокировать кровоток, а может быть достаточным существенное снижение кровотока.

Существует множество различных способов реализации измерительного блока 2.

Существенным признаком является то, что производится измерение локального сбора света от множества участков обследуемой части 5 тела. Это может достигаться, например, путем облучения одной точки в один момент времени и детектирования соответствующей одной точки на части 5 тела, сканируя при этом позиции облучения и детектирования по части 5 тела.

Дополнительная, более предпочтительная возможность заключается в том, чтобы облучать целиком часть 5 тела и отображать пропущенный (или отраженный) свет с помощью камеры на ПЗС или иной соответствующей камеры. Однако в силу диффузного пропускания разрешение изображения ограничено, а свет, проходящий, например, между пальцами, может создать перегрузку датчика.

Еще более предпочтительная возможность заключается в облучении дискретного числа точек на части 5 тела. Такой вариант осуществления имеет преимущество в том, что датчика достигает меньшее количество рассеянного света, что приводит к повышению разрешения, при этом можно отрегулировать интенсивность светового излучения в отношении всех точек, так чтобы датчику требовалось иметь лишь ограниченный динамический диапазон измерений.

Существует также возможность погрузить обследуемую часть 5 тела в среду с согласованными оптическими свойствами, например в текучую среду, чтобы уменьшить оптические граничные эффекты и динамический диапазон нагрузок на датчик. При такой технологии применяют текучую среду, оптические свойства которой (такие как оптический коэффициент поглощения и уменьшенный коэффициент рассеяния) схожи с теми, что у ткани.

Кроме того, для детектирования различных длин волн имеется возможность изменять длину волны при облучении. Существует также возможность одновременно осуществлять облучение с использованием всего требуемого спектра длин волн и разделять различные виды волн в траектории детектирования, например, используя фильтры или спектрограф.

В предпочтительном варианте осуществления измерения одновременно проводятся на нескольких частях тела (например, обеих кистях рук).

Хотя в отношении варианта осуществления было раскрыто, что для облучения используются, по меньшей мере, две длины волны, изобретение этим не ограничивается. Например, может использоваться большее число дискретных длин волн или даже целый спектр в определенном диапазоне длин волн (например, 650-1000 нм). Однако сбор полного спектра сигналов требует более дорогостоящих компонентов по сравнению с несколькими отдельными длинами волн. Если требуется различить несколько типов компонентов ткани (например, жировую ткань, воду и т.д.), может оказаться предпочтительным использовать более двух отдельных длин волн. Использование большего числа длин волн помогает повысить точность устройства, однако при этом увеличивается его стоимость и повышается уровень сложности.

Следует отметить, что вышеупомянутые варианты осуществления иллюстрируют, а не ограничивают изобретение, и специалисты в данной области техники смогут предложить множество альтернативных вариантов осуществления, не выходя за пределы объема притязаний прилагаемой формулы изобретения. В формуле изобретения ни одну из ссылочных позиций, помещенных в круглые скобки, не следует толковать как ограничивающую формулу изобретения. Слово «содержащий» не исключает наличия элементов или этапов помимо тех, что приведены в формуле изобретения. Упоминание элементов в единственном числе не исключает наличия множества таких элементов. В пунктах формулы изобретения, в которых перечисляется ряд средств, некоторые из

этих средств могут быть реализованы одним и тем же элементом программного обеспечения, пригодного для ввода в компьютер, или аппаратного обеспечения. Тот факт, что определенные меры упоминаются в различающихся между собой зависимых пунктах формулы изобретения, не означает, что сочетание этих мер не может быть эффективно использовано.

### Формула изобретения

1. Устройство для оптического детектирования состояния сустава, использующее пульсовые колебания давления, вызванные сердечными сокращениями субъекта, содержащее:

измерительный блок (2) для облучения светом части (5) тела субъекта, содержащей, по меньшей мере, один сустав, и одновременно локального детектирования ослаблений света, по меньшей мере, в одном суставе и, по меньшей мере, на одном другом участке части (5) тела, при этом указанный другой участок не является суставом, при этом частота выборки для локального детектирования ослаблений света является более высокой, чем частота сокращений сердца субъекта, и

устройство дополнительно выполнено с возможностью предоставления информации о состоянии, по меньшей мере, одного сустава путем сравнения результатов измерений сустава и, по меньшей мере, одного другого участка части тела при различных состояниях кровотока, вызванных в период различных фаз пульсовых колебаний кровяного давления, обусловленных сокращениями сердца субъекта.

2. Устройство по п.1, в котором измерительный блок выполнен с возможностью детектирования каждого из ослаблений в качестве сигнала, указывающего интенсивность светового излучения, изменяющегося периодически с частотой сокращений сердца, и определения падения интенсивности, возникающего периодически в каждом из сигналов.

3. Устройство по п.1-2, в котором измерительный блок выполнен с возможностью вычисления временной разности сигнала от, по меньшей мере, одного сустава относительно сигнала от, по меньшей мере, одного участка, не являющегося суставом.

4. Устройство по любому из пп.1-2, при этом частота выборки для локального детектирования ослаблений света, по меньшей мере, вдвое превышает частоту сокращений сердца субъекта.

5. Устройство по любому из пп.1-2, в котором частота выборки для локального детектирования ослаблений света составляет, по меньшей мере, 100 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 120 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 150 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 200 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 250 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 300 Гц, предпочтительно, по меньшей мере, 400 Гц.

6. Устройство по любому из пп.1-2, устройство дополнительно содержит: датчик сердечных сокращений для детектирования частоты сокращений сердца субъекта, при этом датчик сердечных сокращений соединен с измерительным блоком (2), так что частота выборки для локального детектирования ослабления света определяется на основе частоты сокращений сердца субъекта, обнаруженной датчиком сердечных сокращений.

7. Устройство по любому из пп.1-2, в котором измерительный блок (2) содержит блок (21) источника света, способный излучать свет, по меньшей мере, с двумя различными длинами волн.

8. Устройство по любому из пп.1-2, при этом устройство дополнительно содержит: устройство для выполнения физических упражнений, чтобы субъект выполнял физические упражнения для оказания влияния на частоту сердечных сокращений

субъекта и/или дыхание.

9. Устройство по п.8, в котором устройство для выполнения физических упражнений представляет собой велоэргометр.

5 10. Устройство по любому из пп.1-2, 9 при этом устройство представляет собой медицинское устройство обнаружения.

11. Способ оптического детектирования для оптического детектирования состояния сустава, использующего пульсовые колебания давления, вызванные сердечными сокращениями субъекта, содержащий следующие этапы:

10 облучение светом части (5) тела субъекта, содержащей, по меньшей мере, один сустав;

одновременное детектирование локального ослабления света частью (5) тела в местоположении, по меньшей мере, одного сустава и в местоположении, по меньшей мере, одного другого участка части (5) тела, которое не является суставом; при этом частота выборки для локального детектирования ослаблений света является более  
15 высокой, чем частота сокращений сердца субъекта; и

предоставление информации о состоянии, по меньшей мере, одного сустава блоком (1) управления устройства путем сравнения результатов измерений сустава и, по меньшей мере, одного другого участка части тела при различных состояниях кровотока, вызванных в период различных фаз пульсовых колебаний кровяного давления,  
20 обусловленных сокращениями сердца субъекта.

12. Способ по п.11, при этом, по меньшей мере, один другой участок части (5) тела представляет собой другой сустав.

13. Способ по любому из пп.11-12, в котором в процессе сбора результатов измерений определенного локального ослабления часть (5) тела погружена в среду с  
25 согласованными оптическими свойствами.

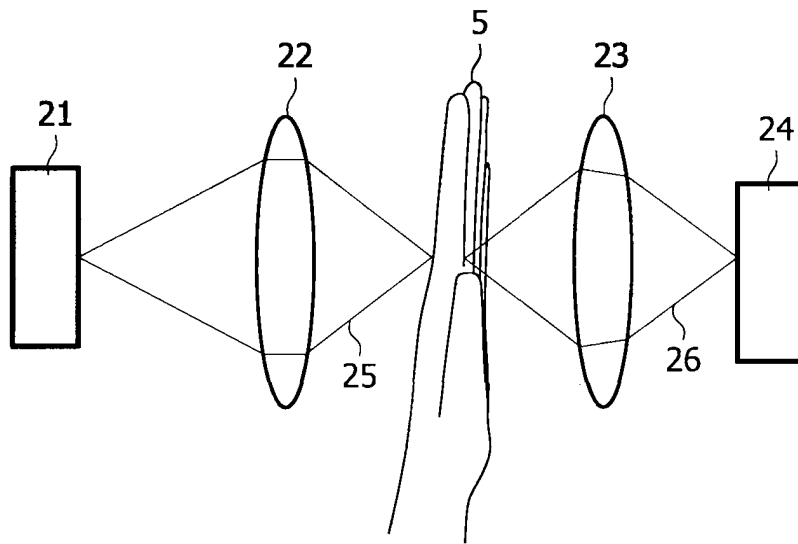
14. Способ по любому из пп.11-12, при этом способ дополнительно содержит этап: выполнение субъектом физических упражнений для оказания влияния на частоту сокращений сердца субъекта и/или дыхание.

30

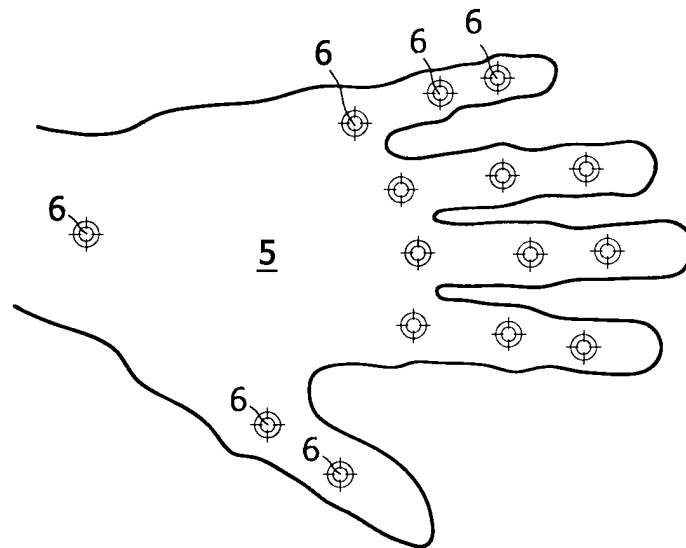
35

40

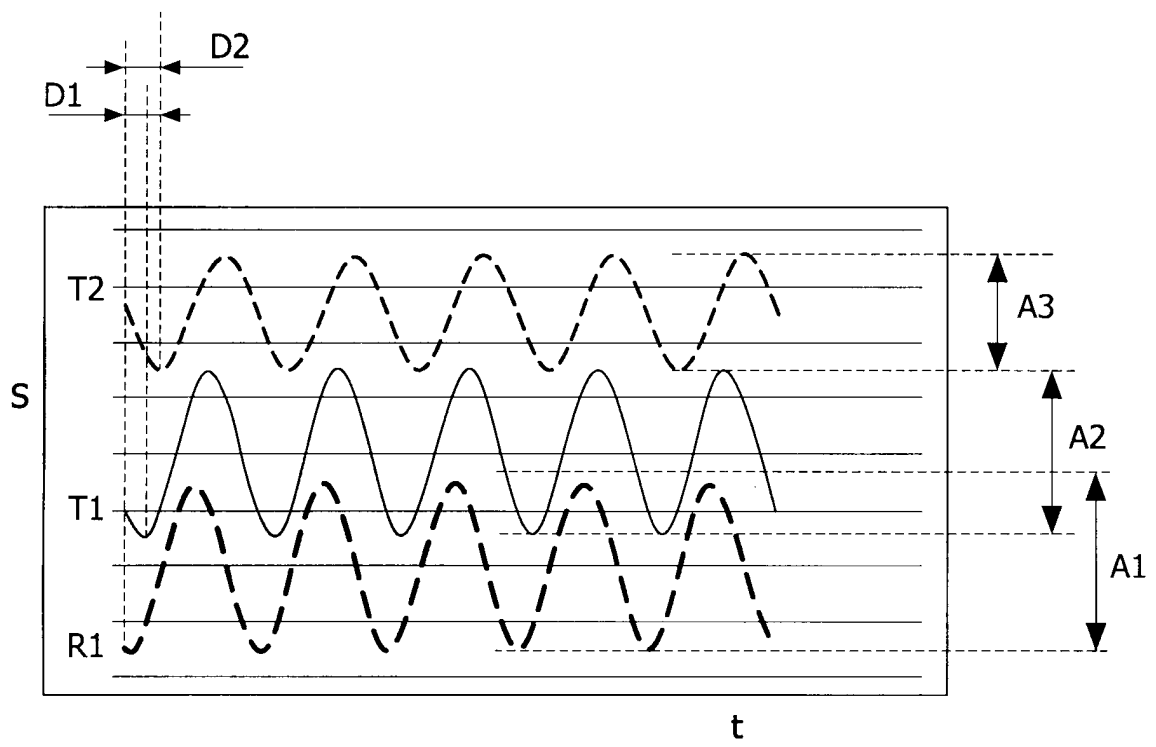
45



ФИГ.2



ФИГ.3



ФИГ.4