

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ ДИАГНОСТИКИ В МЕДИЦИНЕ

На основі існуючих методів оптоелектронної діагностики параметрів життєдіяльності організму розроблений прилад, що визначає оптичні параметри біологічних рідин з метою підвищення точності досліджень. Проведено аналіз оптоелектронних показників прилада й ступеня сатурації крові

Ключові слова: оптична діагностика, оксиметрія, оптоелектронні прилади

На основе существующих методов оптоэлектронной диагностики параметров жизнедеятельности организма разработан прибор, определяющий оптические параметры биологических жидкостей с целью повышения точности исследований. Проведен анализ оптоэлектронных показателей прибора и степени сатурации крови

Ключевые слова: оптическая диагностика, оксиметрия, оптоэлектронные приборы

On the basis of existing methods of optical electronic diagnostics of organism's live ability parameters the device defining optical parameters of biological fluids for the purpose of increase of researches' accuracy is developed. The analysis optical electronic device's indexes and degree of saturation of blood is carried out

Keywords: optical diagnostics, oxygen measurements, the optical electronic devices

С.С. Гринько

Аспирант*

Контактный тел.: (0552) 32-69-44

А.И. Денисенко

Кандидат медицинских наук, заведующий отделением анестезиологии и интенсивной терапии КУ «Херсонская клиническая больница им. А. и О. Тропиных» г. Херсон, Украина, 73000

А.А. Новикова

Кандидат технических наук, доцент*
Контактный тел.: (0552) 32-69-05
E-mail: gingary@yandex.ru

А.А. Новиков

Доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой*
Контактный тел.: (0552) 32-69-05
E-mail: novikov@kstu.edu.ua

*Кафедра физической и биомедицинской электроники Херсонский национальный технический университет Бериславское шоссе, 24, г. Херсон, Украина, 73008

1. Введение

В настоящее время ни одна область экспериментальной, клинической или профилактической медицины не может успешно развиваться без широкого применения электронной медицинской аппаратуры. Инструментальные методы исследований и контроля используются в космической и подводной физиологии, спортивной и экстремальной медицине, сложных видах хирургического вмешательства. Задачи инженерно-психологической экспертизы при проектировании сложных управляющих комплексов, связанные с текущей диагностикой состояния организма человека, также не могут решаться без использования электронной диагностической аппаратуры.

Прогресс медицинской науки и техники в значительной степени определяется достижениями в области оптической электроники. Оптикоэлектронная

медицинская аппаратура на основе лазеров, светоизлучающих диодов, тепловых и газоразрядных излучателей оптического диапазона обладает неисчерпаемыми возможностями, как для диагностики, так и для лечения [1].

2. Постановка задачи

Все оптические методы диагностики различных тканей и органов можно разделить на две большие группы: оптическая неинвазивная диагностика (ОНД) и оптическая инвазивная диагностика (ОИД).

ОНД предполагает использование оптического (в том числе и лазерного) излучения для прижизненного зондирования тканей и органов пациента с целью получения по отраженному (рассеянному, прошедшему ткань насквозь и т.п.) свету диагностической информа-

ции о биохимическом составе и анатомическом (морфологическом) строении обследуемого участка мягких тканей тела пациента. Раньше нельзя было обойтись без длительных по времени и дорогостоящих лабораторных биохимических и гистологических анализов, требующим взятия образцов крови, фрагментов биотканей и т.п., а в некоторых случаях – без УЗИ и рентгенологических обследований. А сейчас оптическая диагностика во многом позволяет решать эти задачи неинвазивно, в реальном времени, более дешевыми способами и без использования вредных ионизирующих излучений. Большинство методов оптической неинвазивной медицинской диагностики можно и правильно будет именовать одним единым и обобщенным термином "неинвазивная медицинская спектродофотометрия" или просто "биоспектродофотометрия".

ОИД представляет собой различные методы оптической эндоскопии, которая сегодня все больше использует различные световолоконные технологии для быстрого и точного определения нарушений дыхательных путей, пищеварительного тракта, ЖКТ и прочее. Основные направления: ИК- видеоэндоскопия, оптическая ИК-спектроскопия, эндоскопическая лазер-сканирующая конфокальная микроскопия, эндоскопическая оптическая когерентная томография. Сегодня в мире развиваются несколько перспективных направлений медицинской оптической неинвазивной диагностики – лазерная когерентная и диффузионная томография, спектроскопия упругого рассеяния, флуоресцентная диагностика, лазерная доплеровская флоуметрия, тканевая оксиметрия и ряд других направлений [2]. Первые опытные образцы приборов уже пробуют свой выход на рынок медтехники.

В основе применения оптических методов диагностики лежит тот факт, что все основные биохимические и клеточные компоненты тканей и крови обладают характерными "индивидуальными" спектрами поглощения, отражения, рассеяния и люминесценции. Эти спектры различны для разных мягких тканей и областей уплотнений в них, для окисленного и восстановленного состояния молекул в клетках ткани. Общее же процентное соотношение разных биохимических и анатомо-морфологических компонент в тканях различно для состояния нормы и заболевания органов и систем организма. Следовательно, общее функциональное и патофизиологическое состояние тканей отражается на их общих оптических свойствах, которые могут быть зарегистрированы методами лазерного спектрального анализа, спектроскопии рассеяния и поглощения и т.п. Современное развитие оптики, электроники и компьютерной техники позволяет проводить такую диагностику чрезвычайно и в реальном масштабе времени. Вследствие того, что оптические свойства живых тканей зависят, главным образом, от содержания в тканях различных биохимических оптических хромофоров и флуорофоров (гемоглобина крови, меланина, порфирина и т.д.), данные диагностические методы оказываются родственны обычным методам лабораторных клинических.

Диагностические приборы, реализующие все эти принципы, представляют собой соединенные с компьютером оптико-электронные узлы и блоки, позволяющие освещать область тела пациента низкоинтенсивным оптическим излучением заданной мощности и

спектрального состава и регистрировать выходящее из тканей пациента вторичное (рассеянное) излучение. Очень часто в качестве источников излучения используют лазеры, вследствие чего в названии методов диагностики может присутствовать дополнительное определение «лазерная». С точки зрения пользователя диагностика заключается в простом поднесении к обследуемому участку тела пациента оптического датчика (световода) и считывания показаний с экрана монитора компьютера [3].

Вся конечная обработка информации и решение обратных задач оптики светорассеивающих сред на основе математических расчетных алгоритмов происходят сегодня в компьютерах диагностических систем. Вычислительный процесс носит многоуровневый и многоступенчатый характер, начиная от вычислений оптических свойств обследуемой среды и до оценки относительной концентрации в тканях и крови различных молекул и общей наблюдаемой комплексной клинической картины в медицине.

3. Основная часть

В настоящее время в медицине наиболее актуальной задачей является диагностика нарушений кислородного статуса. Существует множество методов оптоэлектронной диагностики данного показателя. Все они имеют свои достоинства и недостатки. Обладая меньшей точностью исследования по сравнению с газовым анализом крови, прямой оксиметрией, они привлекают внимание практических врачей быстротой, динамичностью исследования, возможностью получения данных в режиме реального времени. Все они основаны на двух принципах спектродофотометрического метода оценки уровня оксигемоглобина. Во-первых, поглощение гемоглобином света различных по длине волн меняется в зависимости от насыщения его кислородом. Наибольшее отличие в проницаемости света обнаружено у отдавшего кислород тканям гемоглобина (Hb) и насыщенного в легочных капиллярах кислородом оксигемоглобина (HbO₂) для красных (660 нм) и инфракрасных лучей (910 нм). Во-вторых, объем артериальной крови в тканях (и, следовательно, уровень HbO₂) различается в зависимости от пульсовой волны [4].

Исследование насыщения артериальной крови кислородом (пульсоксиметрия) уже давно стало стандартом мониторинга тяжело больных пациентов отделений интенсивной терапии, а также проведения анестезиологических обеспечений оперативных вмешательств во всем мире. Это простой неинвазивный метод мониторинга процентного содержания оксигемоглобина артериальной крови (SaO₂). Пульсоксиметр представляет собой специальный датчик, закрепленный на пальце или мочке уха больного и связанный с компьютеризированным электронным блоком. На дисплее прибора отражается процент оксигемоглобина, при этом сердечное сокращение сопровождается звуковым сигналом. Большинство моделей пульсоксиметров демонстрируют частоту сердечных сокращений, и графическое изображение объемного кровотока на участке расположения датчика (пульсовая волна). Также есть возможность установления пределов звуковой тревоги. Пульсоксиметры используются в раз-

личных клинических ситуациях: контроль частоты пульса и уровня сатурации во время анестезии, мониторинг периода после анестезии, мониторинг состояния пациентов в отделениях интенсивной терапии, транспортировка пациентов, проведение процедур, сопровождающихся седацией больных.

Пульсоксиметр пропускает красные и инфракрасные лучи через ткани, определяет изменение проницаемости и вычисляет уровень SpO_2 . В пульсоксиметрическом датчике встроены один или два светодиода или лазера (как правило красных и инфракрасных лучей), которые являются источниками света. Излучаемый светодиодами свет проходит через ткани и воспринимается фотодетектором, который затем передает данные на микропроцессор для дальнейшей обработки. Поскольку кровотоки неоднородны в различных тканях организма, то изменение проницаемости для световых волн отражается на плетизмографической кривой и на графике зависимости степени угасания света от длины волны. В тех случаях, когда кровотоки нарушены (вазоконстрикция, гиповолемия), Пульсоксиметр может оказаться неспособным выполнять свою функцию. Точность измерений при значениях от 70 до 100% максимальная и составляет $\pm 2\%$, а при насыщении гемоглобина кислородом менее 70% она значительно снижается [5].

К сожалению, все подобные аппараты иностранного производства. За рубежом появляются разработки приборов, определяющих сатурацию венозной крови (SvO_2), различных тканей, органов и систем организма, где значения SO_2 значительно меньше 70%. Все это диктует использование различных длин волн красного и инфракрасного спектра. И в этом плане заслуживает внимание новая развивающаяся методика – оксиметрия плода, где используется принцип отраженной оксиметрии на световых волнах 735 нм и 900 нм. Датчик помещается над виском или щекой плода. Он должен быть стерилизуемым, его также трудно закрепить, данные не стабильны по физиологическим и техническим причинам [6].

Нами разработан прибор, который определяет оптоэлектронные параметры биологических жидкостей организма. Структурная схема устройства показана на рисунке.



Рис. 1. Блок-схема устройства для определения оптических свойств биожидкостей

Биологическая жидкость (1мл крови человека) помещалась в кювету между излучающим светодиодом и датчиком (фотоприемник). Далее сигнал усиливался и оцифровывался. Измерялись оптоэлектронные показатели прибора. Одновременно газовым анализатором «AVL 995» (Австрия) определялись показатели газового состава крови, включая SO_2 . Исследование проводилось на базе отделения анестезиологии и интенсивной терапии КУ «Херсонская городская клиническая больница им. А. и О. Трופиных» г. Херсона с ноября 2008г. по май 2010г. Использовались следующие длины световых волн: 640нм (1-я группа, N=69), 660нм (2-я группа, N=66), 720нм (3-я группа, N=71),

760 нм (4-я группа, N=75), 840 нм (5-я группа, N=68), 880нм (6-я группа, N=74), 910нм (7-я группа, N=63), 940нм (8-я группа, N=76). Всего проведено 562 исследования крови (артериальной – 180, венозной – 382) у 112 пациентов в возрасте 24–74 лет (62 мужчин, 50 женщин). Весь спектр измеренной сатурации крови был распределен на группы – (41%... 50%), (51%...60%), (61%...70%), (71%...80%), (81%...90%), (91%...100%). Корреляционный анализ измеренных оптоэлектронных величин прибора и SO_2 , проводился методом Пирсона, с использованием пакета прикладных программ (STATISTICA) (StatSoft Inc., США) [7]. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициент корреляции r оптоэлектронных показателей прибора и SO_2

Длина волны, нм	SO_2 (%)					
	41 – 50	51 – 60	61 – 70	71 – 80	81 – 90	91 – 100
640	0,18*	0,21	0,27	0,44	0,68	0,76*
660	0,22	0,22	0,34	0,39	0,66	0,71*
720	0,33	0,29	0,36	0,42	0,55	0,68
760	0,41	0,32	0,38	0,39	0,51	0,54
840	0,51	0,39	0,39	0,38	0,28	0,31
880	0,65*	0,43	0,41	0,39	0,21	0,25
910	0,65	0,49	0,42	0,38	0,25	0,27*
940	0,66*	0,51	0,47	0,35	0,31	0,21

* – $p < 0,05$
** – $p < 0,1$

Выводы

Современные оптоэлектронные приборы обладают быстротой, динамичностью исследования, возможностью получения данных в режиме реального времени.

Наличие достаточно большой погрешности современной оптоэлектронной аппаратуры при измерении $SaO_2 < 70\%$, делает актуальным поиски длин волн, а также их сочетаний с целью повышения точности измерений. Наиболее точно оптоэлектронные приборы позволяют определять SaO_2 в диапазоне волн 640...680 нм, а SvO_2 – 880...940 нм. Устройство определения SO_2 требует дальнейшей доработки, в котором заключалась бы методика использования многофакторных моделей на разных длинах световых волн.

Литература

1. Буйлин В.А., Ларюшин А.И., Никитина М.В. Свето-лазерная терапия. Руководство для врачей. – Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2004. – 256 с.

2. Рогаткин Д.А., Быченков О.А., Поляков П.Ю. Неинвазивная медицинская спектрофотометрия в современной радиологии: вопросы точности и информативности результатов измерений // Альманах клинической медицины. - 2008. - Т. XVII, Часть 1. - С. 83-87.
3. Афанасьев А.И., Рогаткин Д.А., Сергиенко А.А., Шумский В.И. Методики и аппаратура неинвазивной оптической тканевой оксиметрии // Материалы XXVI школы по когерентной оптике и голографии. - Иркутск: «Папирус», 2008. - С. 505-513.
4. Неотложная медицинская помощь / Глумчер Ф.С., Москаленко В.Ф., Амосова Е.Н. и др. - Киев: Медицина, 2008. - 664с.
5. Марино П. Интенсивная терапия: Пер. с англ. доп. - Москва: Гэотар Медицина, 1999. - 640с.
6. Калакутский Л. И., Манелис Э. С., Родкина Ю. М. Пульсоксиметрический датчик для диагностики состояния внутриутробного плода в родах // Медицинская техника. - 2005. - №4. - С. 50-51.
7. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. - Москва: Медиа Сфера, 2003. - 312с.

Представлена класифікація об'єктів предметної області та на її підставі запропонований математичний опис (модель) предметної області. Розширені операції над моделями предметних областей з урахуванням масових проблем, які розв'язуються над ними, та сформульовані нові операції

Ключові слова: модель, предметна область, об'єкт, маніпулювання моделлю

Представлена классификация объектов предметной области и на ее основании предложено математическое описание (модель) предметной области. Расширены операции над моделями предметных областей с учетом массовых проблем, решаемых над ними, и сформулированы новые операции

Ключевые слова: модель, предметная область, объект, манипулирование моделью

A subject domain objects classification is presented and on its basis the mathematical description (model) of a subject domain is offered. Operations for subject domains models taking into consideration the mass problems solved over them are expanded and new operations are formulated

Keywords: model, subject domain, object, model manipulation

УДК 004.62:004.942

РАСШИРЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ НАД МЕТАМОДЕЛЯМИ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ С УЧЕТОМ МАССОВЫХ ПРОБЛЕМ

Е.В. Малахов

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой

Кафедра информационных систем в менеджменте
Одесский национальный политехнический университет
пр. Шевченко, 1, г. Одесса, Украина, 65044
Контактный тел.: (0482) 734-84-17
E-mail: opmev@mail.ru

Введение

Согласно одному из определений, приведенных в литературе [1], предметная область (ПрО) содержит множество объектов, между которыми установлены связи, также образующих определенное множество. Тем не менее, согласно математической формулировке понятия множества, нельзя говорить о множестве всех объектов, которые присутствуют в той или другой ПрО. Действительно, довольно сложно найти любое общее свойство, кроме принадлежности к конкретной ПрО, которая бы позволила включить в одно множество и

биологические объекты, в том числе, пользователей информационной системы, и материальные объекты этой ПрО, а также продукты и результаты интеллектуальной деятельности субъектов ПрО и пользователей информационной системы

Математическое представление предметной области

Если все элементы ПрО разбить на классы, можно говорить о классе объектов физического или виртуального мира G и о классе объектов интеллектуаль-