

УДК 681.5.08

ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ ПОЛЫХ ТРУБЧАТЫХ ОРГАНОВ

С.В. Гюнтер, Г.Ц. Дамбаев*, В.Ф. Вотяков

НИИ медицинских материалов и имплантатов с памятью формы, г. Томск

*Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск

E-mail: guntersv@inbox.ru

Рассмотрен метод ИК-оптической диагностики функциональных нарушений полых трубчатых органов. Разработана оптоэлектронная система, реализующая этот метод. Приведены варианты конструкций оптоэлектронных зондов, используемых в гастроэнтерологии, проктологии и урологии. Представлены результаты экспериментов по исследованию функциональных нарушений перистальтики пищевода.

Ключевые слова:

Оптический метод, оптоэлектронная система, оптоэлектронный зонд, перистальтика, функциональные нарушения, полые трубчатые органы, инфракрасное излучение.

Key words:

Optical method, optoelectronic system, electrooptical probe, peristalsis, functional disordering, hollow organs, infrared radiation.

Функциональные заболевания полых трубчатых органов, в частности, в гастроэнтерологии, проктологии и урологии относятся к расстройствам перистальтических функций последних. Определение перистальтики (волнообразное сокращение мышечных стенок полых трубчатых органов) чрезвычайно актуально при диагностике функциональных заболеваний в клинической практике.

В работе [1] рассмотрены основные методы, которые используются в современной медицине для регистрации дисфункции полых трубчатых органов. Однако в большинстве своём применяемые методики не дают однозначной информации о динамической работе исследуемого органа. Кроме того, известные методы диагностики характеризуются недостаточной степенью информативности и неоднозначностью выводов. Для повышения эффективности диагностических исследований функциональных нарушений полых трубчатых органов необходимо использование такого метода, который способен регистрировать перистальтику, устанавливая точный диагноз заболевания.

Современные технологии позволяют на высоком уровне решать проблему регистрации функциональных нарушений этих органов и разрабатывать методы, на основе которых можно создавать

высокоэффективные системы исследования и анализа данных.

Перспективным направлением в диагностике функциональных нарушений является оптический метод, для которого важны такие характеристики, как высокая чувствительность, помехозащищенность и быстроедействие [2, 3].

Оптический метод основан на анализе взаимодействия оптического излучения с объектом исследования. Измерительную информацию получают в соответствии с явлениями отражения, поглощения, рассеяния и пропускания.

Важной оптической характеристикой биообъекта является коэффициент отражения. Отражение обусловлено как скачком показателя преломления на границе биообъект–воздух, так и обратным рассеянием от глубоких слоев ткани.

На основе проведенных теоретических исследований было установлено, что при инфракрасном излучении в ближнем диапазоне длин волн наблюдается максимальный коэффициент отражения и, следовательно, наибольшая чувствительность к измеряемым параметрам перистальтики [4].

Для экспериментальных исследований были изготовлены оптоэлектронные зонды (рис. 1, 2), состоящие из прозрачной силиконовой трубки, в рабочей части которой расположены от одной до пяти оптопар.

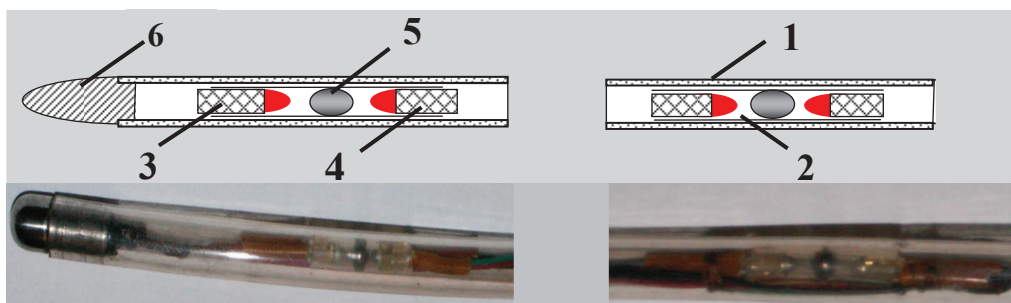


Рис. 1. Конструкция оптоэлектронного зонда: 1, 2) силиконовые трубки зонда и оптопары; 3, 4) приёмник и источник ИК-излучения; 5) светорассеивающий шарик с матовым покрытием; 6) NiTi наконечник



Рис. 2. Виды оптико-электронных зондов

Каждая оптопара содержит 2 светодиода типа АЛ107Б с максимумом спектрального распределения излучения на длине волны $\lambda=960$ нм [5]. Один из светодиодов является источником, а другой – приёмником ИК-излучения. Между светодиодами располагается шарик с матовым покрытием, необходимый для равномерного рассеяния излучения падающего от источника. Количество оптопар в зонде напрямую зависит от числа информационных каналов диагностического комплекса.

Параметры каждого из зондов определены с учётом анатомических особенностей исследуемого органа. Материал внешней оболочки зонда не оказывает вредного воздействия на стенки исследуемого органа. В таблице приведены геометрические размеры оптико-электронных зондов и количество оптопар в зависимости от области применения.

Таблица. Геометрические размеры основных видов зондов

Тип зонда	Внешний диаметр зонда, мм	Рабочая длина зонда, мм	Количество оптопар
Проктологический (1)	10	300	5
Гастроэнтерологический (2)	7	300	5
Урологический 1 типа (3 а)	4	200	3
Урологический 2 типа (3 б)	3	200	1

На рис. 3 изображена структурная схема оптико-электронной системы для исследования функциональных нарушений полых трубчатых органов [6].

Устройство работает следующим образом. Зонд вводят в исследуемый орган желудочно-кишечного

тракта, например, пищевода. С помощью генератора положительных прямоугольных импульсов – 1 и излучателя – 3, возбуждают импульсное оптическое излучение инфракрасного диапазона, воздействующее на исследуемую область пищевода. Посредством приемника – 4 и согласующего усилителя – 5 преобразуют интенсивность отраженного от стенок пищевода импульсного светового потока в электрический сигнал, который через последовательно соединенные усилитель импульсного напряжения – 6 и демодулятор – 7 поступает на вход фильтра нижних частот – 8.

В отсутствии перистальтической волны сигнал на выходе фильтра нижних частот – 8 будет практически равен нулю. При прохождении перистальтической волны, стенки пищевода приходят в движение, вследствие чего происходит амплитудная модуляция отраженного импульсного светового потока. В этом случае, на выходе фильтра нижних частот – 8 появляется электрический сигнал, который через аналого-цифровой преобразователь передают для обработки и регистрации в компьютер.

Устройство управления – 10 выполнено на микроконтроллере, имеющем внутреннюю flash-память программ. Это позволило значительно снизить энергопотребление устройства, отказавшись от внешнего ПЗУ. Устройство – 10 управляет коммутатором и аналого-цифровым преобразователем – 9, а также передает оцифрованные сигналы в компьютер. Связь с компьютером осуществляется по интерфейсу RS-232. Это упростило схему гальванической развязки прибора и компьютера, необходимую для обеспечения безопасности использования прибора.

Программа выполняет цифровую фильтрацию сигналов, выделяя информативные составляющие, визуализирует данные в удобном для просмотра виде. Имеется возможность масштабирования изображения, сохранения данных исследования и информации о пациенте. По частоте следования электрических сигналов, их амплитуде и форме, характеризующих частоту следования сокращений исследуемого органа, а также скорость прохождения перистальтической волны, длительность и периодичность, судят о перистальтике исследуемого органа.

В качестве примера представлены диаграммы пациента, не имеющего функциональных нарушений полого органа, например, пищевода (рис. 4, а)

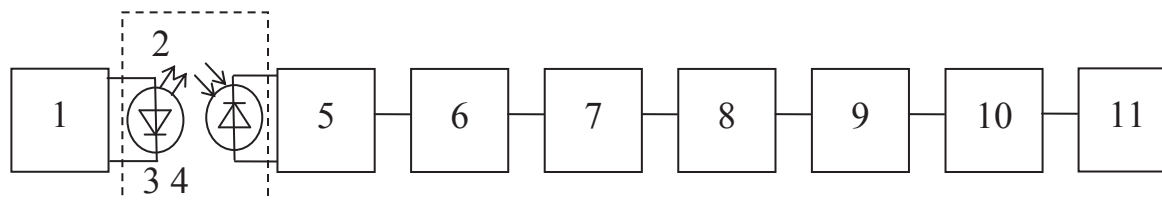
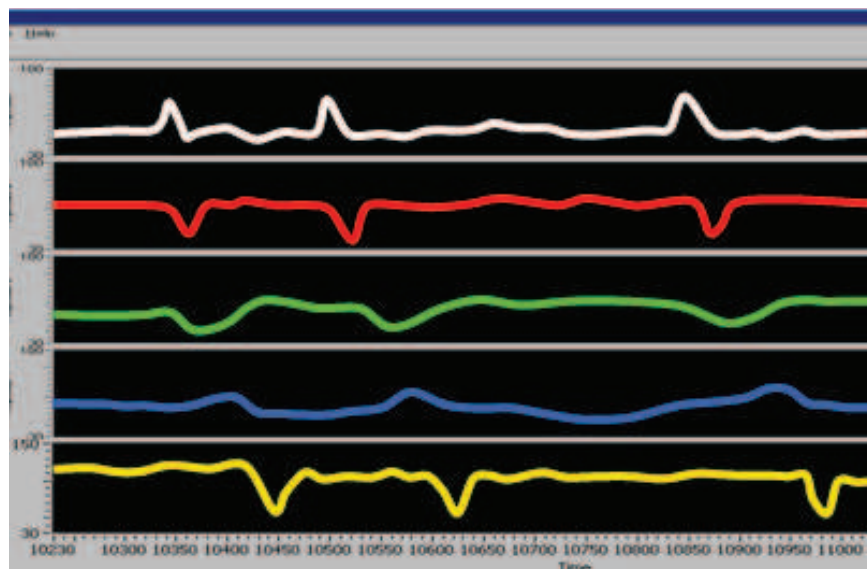
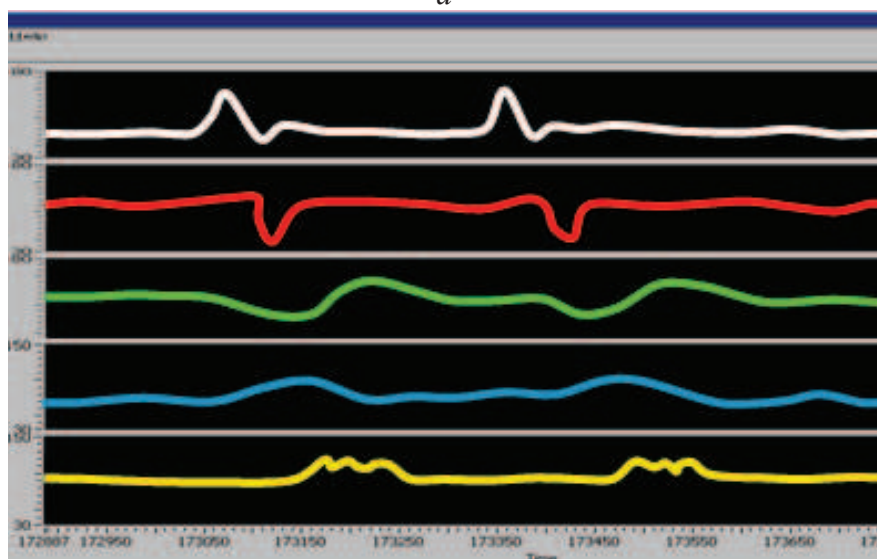


Рис. 3. Функциональная схема устройства: 1) генератор положительных прямоугольных импульсов; 2) инфракрасная оптико-электронная пара; 3, 4) излучатель и приемник инфракрасного излучения; 5) согласующий усилитель; 6) усилитель импульсного напряжения; 7) демодулятор; 8) фильтр нижних частот; 9) аналого-цифровой преобразователь; 10) устройство управления; 11) компьютер



а



б

Рис. 4. Диаграммы перистальтической работы пищевода при диагностике пациента: а) норма; б) патология с заболеванием ахалазии кардии

и пациента, страдающего заболеванием ахалазия кардии (рис. 4, б).

Диаграммы были сняты по всей длине пищевода на пяти уровнях. Анализируя эти диаграммы можно сказать, что патология с заболеванием ахалазия кардии наблюдается на уровне кардиального сфинктера (5-я оптопара). Видно, что форма сигнала искажается, уменьшается амплитуда, увеличивается длительность (рис. 4, б).

Из диаграмм видно, что оптический метод позволяет регистрировать перистальтику пищевода на всем его протяжении. Это может быть эффективным дополнительным инструментом для регистрации таких патологий, как кардиоспазм и ахалазия кардии, кардиальная грыжа пищеводного отверстия диафрагмы, рефлюкс-эзофагит и др.

Оптический метод обеспечивает необходимые требования при диагностике функциональных нарушений полых органов и может быть широко использован в клинической практике.

Выводы

1. Рассмотрен оптический метод диагностики функциональных нарушений полых трубчатых органов человека. Разработана оптико-электронная система, реализующая метод.
2. Система позволяет с большой достоверностью выявлять нарушения перистальтики полых органов за счет импульсного режима работы открытых оптоэлектронных пар (датчиков-приемников ИК-излучения), поэтому исключается влияние дрейфа нуля и шумов усилительных устройств постоянного тока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дамбаев Г.Ц., Вотяков В.Ф., Жуков В.К., Пюнтер С.В. Методы диагностики функциональных нарушений желудочно-кишечного тракта. – Томск: ООО НПП, 2005. – 40 с.
2. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 1996. – 608 с.
3. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник / под ред. В.В. Клюева. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 1. – 488 с., ил.
4. Пюнтер С.В. Оптико-электронная система регистрации функциональных заболеваний пищевода: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2006. – 139 с.
5. Иванов В.И., Аксенов А.И., Юшин А.М. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 448 с.
6. Способ исследования моторной функции органов желудочно-кишечного тракта и устройство для его осуществления: пат. 2307583 Рос. Федерация. № 2006100397/ 22; заявл. 10.01.06; опубл. 10.06.06, Бюл. № 28. – 4 с.: ил.

Поступила 07.10.2011 г.