

21. *Borisova A.M., Tankova T., Kirilov G., Dakovska L., Krivoshiev S.* The effect of smoking on peripheral insulin sensitivity and plasma endothelin level // *Diabetes Metab.* 2004. Vol. 30 (2). PP. 147-152.
22. *Балаболкин М.И., Недосугова Л.В., Рудько И.А. и др.* Применение антиоксидантов флавоноидного ряда в лечении диабетической ретинопатии при сахарном диабете типа 2 // *Проблемы эндокринологии.* 2003. № 3.
23. *Mueller A.S., Pallauf J.* Compendium of the antidiabetic effects of supranutritional selenate doses: In vivo and in vitro investigations with type II diabetic db/db mice // *J. Nutr. Biochem.* 2006. Vol. 17. PP. 548-560.
24. *Тутельян В.А., Спиричев В.Б., Суханов Б.П., Кудашева В.А.* Микронутриенты в питании здорового и больного человека. – М.: Колос, 2002. 424 с.
25. *Broadhurst C.L., Domenico P.* Clinical Studies on chromium picolinate supplementation in diabetes mellitus: A review // *Diab. Technology Ther.* 2006. Vol. 8. PP. 677-687.
26. *Ming-Hoang L.* Antioxidant Effects and Insulin Resistance Improvement of Chromium Combined with Vitamin C and E Supplementation for Type 2 Diabetes Mellitus // *Clin. Biochem. Nutr.* 2008. Vol. 43. PP. 191-198.
27. *Ваганова М.Е.* Роль витаминов в лечении сахарного диабета // *Клиническая эндокринология.* 2009. № 1.
28. *Sargeant L.A., Wareham N.J., Bingham S. et al.* Vitamin C and hyperglycemia in the European Prospective Investigation into Cancer-Norfolk (EPIC-Norfolk) study: A population-based study // *Diabetes Care.* 2000. Vol. 23. PP. 726-732.
29. *Демидова И.Ю., Арбатская Н.Ю., Мельникова Е.П.* Актуальные проблемы компенсации сахарного диабета при беременности // *Сахарный диабет.* 2009. № 4. С. 32-36.

Николай Александрович Базаев,
 канд. техн. наук, ст. научный сотрудник,
Алексей Николаевич Плетенев,
 студент,
Кирилл Витольдович Пожар,
 студент,
 кафедра биомедицинских систем,
 ФГАОУ ВПО «Национальный
 исследовательский университет «МИЭТ»,
 г. Москва,
 e-mail: bazaev-na@yandex.ru

С.В. Селищев, Д.В. Телышев

Технические методы диагностики нарушений моторики пищевода

Аннотация

Заболевания желудочно-кишечного тракта входят в пятерку наиболее распространенных на территории России, что говорит о необходимости своевременной диагностики состояния желудочно-кишечного тракта, и в частности нарушений двигательной функции пищеварительного тракта. Это связано с тем, что нарушения моторной функции пищевода могут служить причиной развития различных гастроэнтерологических заболеваний. К наиболее распространенным заболеваниям, вызванным нарушением моторики пищевода относятся: гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь, ахалазия кардии, «пищевод шелкунчика», диффузный спазм пищевода. Диагностирование данных заболеваний производится путем регистрирования отклонений в изменении давления внутри тела пищевода.

В статье описаны технические особенности диагностирования нарушений моторной функции пищевода, в основе которых лежит измерение давления, измерение изменения сопротивления и уровня pH в теле пищевода.

По данным Всемирной организации здравоохранения смертность от болезней органов пищеварения в Российской Федерации практически удвоилась за последние 20 лет. В связи с этим остро стоит вопрос проведения диагностики нарушений функционирования желудочно-кишечного тракта в целом и двигательной функции пищеварительного тракта в частности, поскольку нарушения в моторике пищевода могут стать основой для развития различных гастроэнтерологических заболеваний. Также различные трудности при глотании, боли в области грудной клетки, изжога могут быть вызваны дисфункцией пищевода, что подчеркивает важность диагностирования моторной функции пищевода.

Пищевод представляет собой мышечную трубку длиной 20...22 см, соединяющую глотку с желудком. В состав пищевода входят верхний пищеводный сфинктер, нижний пищеводный сфинктер, которые обеспечивают прохождение пищи только в одном направлении, и тело пищевода. Стенки пищевода состоят из поперечнополосатых мышц в верхнем отделе и гладких – нижнем [1].

Оценить сократительную способность пищевода, а следовательно, способность доставлять пищу в желудок можно посредством измерения давления в выбранных участках вдоль всего пищевода.

Первые исследования по оценке моторной функции пищевода были сделаны в 1883 году Гуго Кронекером и Самуэлем Мельцером. В своих экспериментах ученые использовали наполненный воздухом баллон, который был соединен с наружным датчиком давления. Поскольку отклик системы был несколько медленнее, чем изменение давления внутри пищевода, результаты измерения были весьма неточными [2]. Исследования в области улучшения качества измерения давления внутри пищевода привели к изобретению водно-перфузионного

манометра в 1960-х и твердотельного манометра в 1970-х годах. Данные устройства позволяют измерить и записать давление в нескольких точках пищевода одновременно и оценить пространственно-временное поведение внутри пищевода. В настоящее время качество оборудования значительно возросло и позволяет получить достоверные данные об изменении давления внутри пищевода. В связи с тем, что современное оборудование позволяет с высокой точностью оценить моторную функцию пищевода, на сегодняшний день основной задачей является разработка диагностических систем обработки и анализа полученных данных манометрии.

Стандартные системы оценки моторной функции пищевода

На сегодняшний день существуют два основных типа систем измерения давления внутри тела пищевода. Первый тип представляют так называемые стандартные системы оценки моторной функции пищевода. Они в своем составе имеют от 3 до 8 сенсоров, расположенных на различном расстоянии друг от друга [3]. Ко второму типу относятся так называемые системы оценки моторной функции пищевода высокого разрешения, которые получили широкое распространение только в последние 10 лет. Данные устройства характеризуются системой из 30 и более сенсоров, расположенных на расстоянии менее 2 см друг от друга [4].

К стандартным системам оценки моторной функции пищевода традиционно относятся манометры на базе катетера водно-перфузионного типа (рис. 1). Результаты измерения представляются в виде графиков измерения давления отдельно для каждой точки пищевода. На рис. 1 справа представлено графическое отображение трех глотков жидкости.

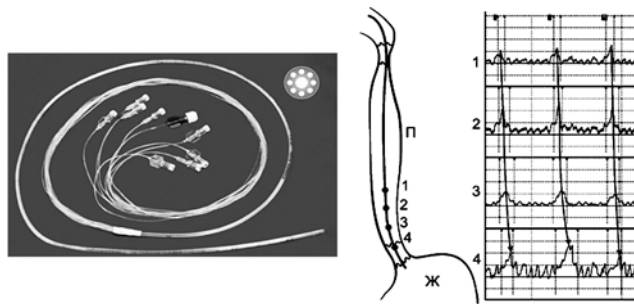


Рис. 1. Катетер водно-перфузионного типа (слева); графическое отображение результатов измерения (справа)

Одна из стандартных систем оценки моторной функции пищевода «Гастроскан-Д» была разработана и зарегистрирована в России в 2008 году. Данная система позволяет одновременно измерить давление в 8 точках пищевода в диапазоне 0...225 мм рт. ст. с частотой 10 Гц (рис. 2). Помимо водно-перфузионного катетера, система включает в себя водяную помпу, внешний датчик давления, баллон с газом, записывающий модуль, компьютер с программным обеспечением. Водно-перфузионные катетеры состоят из нескольких полихлорвиниловых трубочек, объединенных общей оболочкой, открывающихся каналами (датчиками) на расстоянии 5 см друг от друга, что позволяет записывать перистальтическую активность одновременно в нескольких точках. По системе этих трубочек постоянно циркулирует жидкость, которая нагнетается водяной помпой со скоростью 0,5 мл/мин. Мениск жидкости, вытекающей из канала, деформируется сжимающейся стенкой пищевода. Сила (давление), с которой стенка пищевода давит на мениск капли жидкости, передается на датчик давления и регистрируется воспринимающим устройством [5].

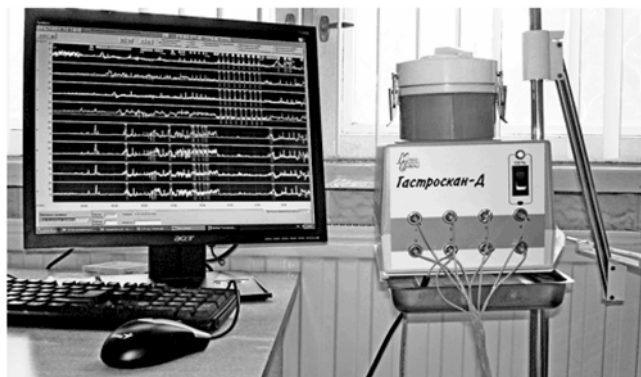


Рис. 2. Прибор для измерения давления в пищеводном отделе «Гастроскан-Д»

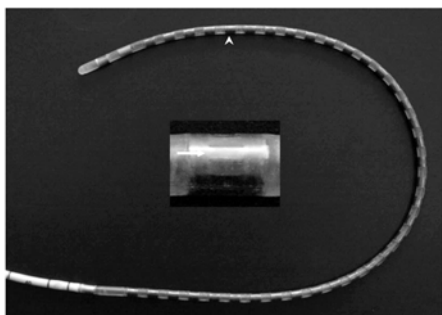


Рис. 3. Твердотельный датчик давления

Системы оценки моторной функции пищевода высокого разрешения основаны на использовании твердотельных датчиков давления (рис. 3) [6]. Система данного типа традиционно содержит 36 датчиков давления, расположенных на расстоянии 1 см друг от друга [7]. Современные компьютерные технологии позволяют в реальном времени обрабатывать большое количество данных, переданных с системы данного типа,

не только в виде графиков давления, поступающих с каждого сенсора отдельно, но и представлять данные в виде топографических контуров (рис. 4), что позволяет отображать направление и силу сократительной волны [4].

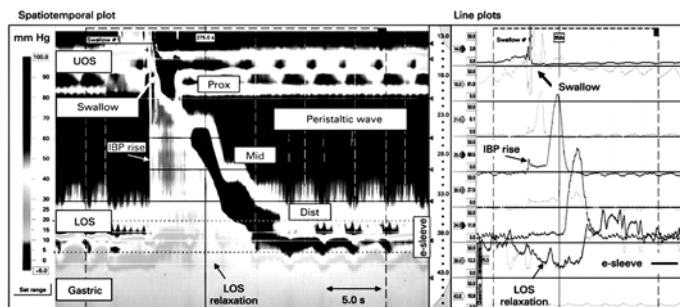


Рис. 4. Представление данных системы высокого разрешения в виде топографического контура

Системы высокого разрешения

В отличие от стандартных систем оценки моторики пищевода, системы высокого разрешения позволяют получить точную информацию об изменении давления по всей длине пищевода, что является немаловажным для оценки распространения сократительной волны. Датчики данного типа имеют ряд преимуществ по сравнению с водно-перфузионными системами. Во-первых, технология использования твердотельных датчиков позволяет получить быстрый отклик на изменение моторики пищевода, что особенно важно при исследовании верхнего отдела пищевода, который состоит из поперечно-полосатых мышц, обладающих способностью к быстрому сокращению. Частота дискретизации современных систем достигает 50 Гц. Во-вторых, процедура диагностики не требует большого опыта в использовании системы, как в случае с водно-перфузионной системой, что увеличивает применимость систем данного типа в клинических условиях. Также исключена потеря информации о давлении в определенной области пищевода, поскольку количество датчиков избыточно (36 датчиков на 36 см при длине пищевода 20...22 см); любое смещение катетера приводит к перераспределению информации на новые датчики. К недостаткам же систем данного типа следует отнести высокую стоимость. Системы, оснащенные водно-перфузионными катетерами, в несколько раз дешевле систем, использующих твердотельные датчики давления.

Поскольку за последние 10 лет методика проведения исследования оценки моторной функции пищевода изменилась незначительно, большой интерес вызывает комбинирование измерения давления с другими диагностическими методами. Одним из таких методов является измерение импеданса между парами электродов, закрепленных вдоль пищевода. Расположение электродов вдоль пищевода позволяет оценить направление движения пищи по пищеводу и ее вид по изменению сопротивления между электродами. Воздух, жидкость и стенки пищевода характеризуются уникальными значениями импеданса, что позволяет определить тип болюса, проходящего через каждую пару электродов при изменении значения импеданса между ними [8]. На рис. 5 представлено изменение импеданса при прохождении жидкости через пищевод [9].

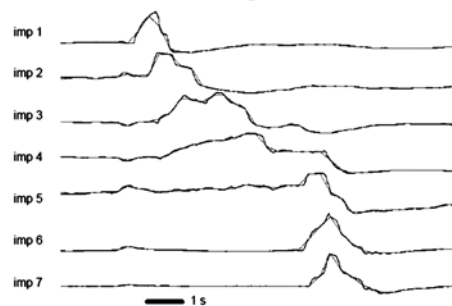


Рис. 5. Изменение сопротивления между электродами при прохождении жидкости по пищеводу

Еще одним немаловажным критерием оценки моторики пищевода является измерение уровня pH внутри него. Традиционно уровень pH измеряется на уровне 5 см выше нижнего сфинктера пищевода, что позволяет оценить выброс содержимого желудка в пищевод. Измерение уровня pH позволяет определить тип рефлюкса (кислотный или нет). Измерение уровня pH является первичным диагностическим критерием при определении гастроэзофагеальной рефлюксной болезни [10].

Комбинирование описанных выше методов помогает получить целостную картину моторной функции пищевода и его реакцию на различные типы болюсов, что позволяет успешно регистрировать различные нарушения сократительной функции пищевода.

На сегодняшний день стандартный протокол проведения манометрии состоит из десяти глотков 5 мл воды в течение короткого промежутка времени. Данная процедура позволяет регистрировать первичные отклонения в моторике пищевода, такие как ахалазия кардии или «пищевод щелкунчика», но зачастую времени анализа недостаточно, чтобы регистрировать нарушения в моторике пищевода, которые происходят непредсказуемо. Улучшить качество диагностики можно посредством увеличения времени проведения процедуры манометрии до 24 ч. На сегодняшний день имеются все предпосылки для реализации 24-часового протокола исследования, поскольку современное оборудование делает процедуру манометрии безболезненной, а компьютерные технологии позволяют быстро обрабатывать большое количество данных исследования.

Идея проведения 24-часовой манометрии пищевода не является новой, некоторые результаты первых исследований представлены в публикациях [11], [12]. Несмотря на то что оборудование, используемое в исследованиях, не позволяло получить данные об изменении давления во всем пищеводе ввиду недостаточности измерительных каналов, полученные результаты показывают целесообразность использования данного метода для улучшения качества диагностики. Так, в [13] описывается, что во время диагностирования 390 пациентов у 16 из них был обнаружен диффузный спазм пищевода (эзофагоспазм) во время 24-часового анализа, при этом только у двух из них был диагностирован диффузный спазм пищевода во время краткосрочного анализа, к тому же еще у 53 пациентов данное расстройство моторики пищевода было зарегистрировано неправильно.

Увеличение времени проведения анализа до 24 ч является шагом вперед в исследовании заболеваний пищевода, поскольку позволяет регистрировать отклонения, которые не могут быть диагностированы при краткосрочном исследовании. Использование 24-часовой манометрии позволит собрать большое количество данных моторики пищевода, которые впоследствии могут быть использованы для совершенствования диагностики нарушений функции пищевода, и регистрировать различные дисфункции пищевода более корректно.

Заключение

Технология проведения исследования моторной функции пищевода изменилась от использования 1 сенсора в конце XIX века до применения 36 сенсоров в наши дни, что позволяет регистрировать и анализировать давление вдоль всего пищевода. Современное оборудование и технологии, основанные на манометрии высокого разрешения, являются отличным инструментом для исследования функции пищевода и совершенствования технологий регистрации нарушений его моторики. Поскольку оборудование для проведения манометрии находится на высоком уровне, а идея увеличения времени исследования до 24 ч позволит увеличить качество диагностики,

остро стоит вопрос разработки и совершенствования новых алгоритмов оценки моторной функции пищевода на основе данных манометрии. Разработка современных диагностических алгоритмов призвана облегчить рутинную работу врача по обработке 24-часового массива данных и помочь в постановке точного диагноза пациенту.

Список литературы:

1. Kuo B., Urma D. Esophagus – anatomy and development / GI Motility online, 2006.
2. Бордин Д.С., Валитова Э.Р. Методика проведения и клиническое значение манометрии пищевода (Методические рекомендации № 50) / Под ред. д.м.н., проф. Л.Б. Лазебника. – М.: ИД «МЕДПРАКТИКА-М», 2009. 24 с.
3. Pandolfino J.E., Ghosh S.K., Rice J., Clarke J.O., Kwiatak M.A., Kahrilas P.J. Classifying esophageal motility by pressure topography characteristics: A study of 400 patients and 75 controls // Am. J. Gastroenterol. 2008. Vol. 103 (1). PP. 27-37.
4. Fox M.R., Bredenoord A.J. Oesophageal high-resolution manometry: Moving from research into clinical practice // Gut. 2008. Vol. 57. PP. 405-423.
5. Карасиков Н.В., Михеев А.Г., Мишулин Л.Е. и др. Манометрия желудочно-кишечного тракта с помощью прибора «Гастроскан-Д» // Биомедицинская радиоэлектроника. 2011. № 10. С. 79-83.
6. Conklin J., Pimentel M., Soffer E. Color Atlas of High Resolution Manometry. – Springer, 2009. 90 p.
7. Pandolfino J.E., El-Serag H.B., Zhang Q., Shah N., Ghosh S.K., Kahrilas P.J. Obesity: A Challenge to Esophagogastric Junction Integrity // Gastroenterology. 2006. Vol. 130. PP. 639-649.
8. Pandolfino J.E., Kahrilas P.J. AGA technical review on the clinical use of esophageal manometry // Gastroenterology. 2005. Vol. 128. Issue 1. PP. 209-224.
9. Bredenoord A.J., Weusten B.L., Timmer R., Smout A.J. Minimum sample frequency for multichannel intraluminal impedance measurement of the oesophagus // Neurogastroenterol Motil. 2004. Vol. 16 (6). PP. 713-719.
10. Vaezi M.F., Vela M.F. The Role of Multichannel Intraluminal Impedance and pH Monitoring in the Diagnosis of Gastroesophageal Reflux Disease // US Gastroenterology Review. 2007. PP. 75-77.
11. Pfister C.J., Harrison M.A., Hamilton J.W., Tompkins W.J., Webster J.G. Development of a three-channel, 24-h ambulatory esophageal pressure monitor // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. Vol. 36. № 4. PP. 487-490.
12. Stein H.J., DeMeester T.R., Eypasch E.P., Klingman R.R. Ambulatory 24-hour esophageal manometry in the evaluation of esophageal motor disorders and noncardiac chest pain // Surgery. 1991. Vol. 110 (4). PP. 753-761.
13. Barham C.P., Gotley D.C., Fowler A., Mills A., Alderson D. Diffuse oesophageal spasm: Diagnosis by ambulatory 24 hour manometry // Gut. 1997. Vol. 41. PP. 151-155.

Сергей Васильевич Селищев,
д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой,
Дмитрий Викторович Тельшев,
канд. техн. наук, ст. научный сотрудник,
кафедра биомедицинских систем,
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
г. Зеленоград,
e-mail: telyshev@bmslab.miet.ru

* * * * *