



ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИОННЫХ РАБОТ

УДК 616.329-07

Е.В. ПЕГАНОВА^{1,2}, Д.М. БАТУХТИН², Н.Н. МИТРАКОВА^{1,2}¹Республиканская клиническая больница МЗ РМЭ, 424000, г. Йошкар–Ола, ул. Осипенко, д. 33²Поволжский государственный технологический университет, 424000, г. Йошкар–Ола, пл. Ленина, д. 3

Оптимизация эндоскопической диагностики патологии пищевода на основе автоматизированной системы сегментации узкоспектральных изображений

Пеганова Евгения Викторовна — аспирант кафедры радиотехнических и медико–биологических систем ПГТУ, врач эндоскопического отделения РКБ, тел. (8362) 98–91–11, e-mail: evpeganova@mail.ru^{1,2}

Батухтин Дмитрий Михайлович — аспирант кафедры радиотехнических и медико–биологических систем ПГТУ, тел. (8362) 68–78–05, e-mail: evpeganova@mail.ru²

Митракова Нина Николаевна — доктор медицинских наук, профессор кафедры радиотехнических и медикобиологических систем ПГТУ, заведующая эндоскопическим отделением РКБ, тел. (8362) 68–94–77, e-mail: evpeganova@mail.ru^{1,2}

В статье представлены результаты практического использования цветовой сегментации узкоспектральных изображений пищевода. Разработан алгоритм выполнения узкоспектрального эндоскопического исследования верхних отделов желудочно-кишечного тракта с применением автоматизированного выделения патологии. У 238 пациентов в ходе эзофагогастродуоденоскопии применена методика автоматизированного выделения патологических очагов. Показано достоверное повышение диагностической эффективности узкоспектральной эндоскопии в диагностике патологии пищевода. Проведен статистический анализ узкоспектральных эндоскопических изображений пищевода. Использование математического моделирования показало возможность выделения нормальных и патологических участков для получения объективных оценок состояния слизистой оболочки пищевода.

Ключевые слова: узкоспектральная эндоскопия, патология пищевода, цветовая сегментация изображения.

E.V. PEGANOVA^{1,2}, D.M. BATUKHTIN², N.N. MITRAKOVA^{1,2}¹Republican Clinical Hospital of the Ministry of Health of the Mary–El Republic, 33 Osipenko St., Ioshkar–Ola, Russian Federation 424000²Volga State University of Technology, 3 Lenin sq., Ioshkar–Ola, Russian Federation 424000

Optimization of endoscopic diagnosis of esophagus pathology on the basis of automated system of narrow-band image segmentation

Peganova E.V. — postgraduate student of the Department of Radiotechnical and Medicobiologic Systems of Volga State University of Technology, physician of Endoscopy Department of Republican Clinical Hospital, tel. (8362) 98–91–11, e-mail: evpeganova@mail.ru^{1,2}

Batukhtin D.M. — postgraduate student of the Department of Radiotechnical and Medicobiologic systems of Volga State University of Technology, tel. (8362) 68–78–05, e-mail: evpeganova@mail.ru²

Mitrakova N.N. — D. Med. Sc., Professor of the Department of Radiotechnical and Medicobiologic Systems of Volga State University of Technology, Head of Endoscopy Department of Republican Clinical Hospital, tel. (8362) 68–94–77, e-mail: evpeganova@mail.ru^{1,2}

The article gives the results of practical application of color segmentation of esophagus narrow-band images. Was developed an algorithm of narrow-band endoscopic examination of upper gastrointestinal with the use of an automated specification of pathology. In 238 patients in the course of esophagogastroduodenoscopy was used the methodology of an automated specification of abnormal focus. Positive increase of diagnostic effectiveness of narrow-band endoscopy has been indicated in diagnostics of esophagus pathology. Statistical analysis of narrow-band endoscopic images of esophagus was made. The usage of mathematic modeling has shown the possibility of determination of normal and pathological sites for obtaining objective evaluation of mucous coat of esophagus condition.

Key words: narrow-band imaging, endoscopy, pathology of esophagus, color segmentation of images.

В структуре заболеваний желудочно-кишечного тракта патология пищевода имеет достаточно высокий удельный вес [1, 2]. Прогрессируя, заболевания пищевода претерпевают морфологические фоновые изменения слизистой оболочки (дистрофия, атрофия, склероз, гиперплазия и метаплазия), которые неизбежно приводят к развитию неоплазии [3]. В силу некоторых причин (отсутствие жалоб, особенности анатомического строения органа и др.) диагностика ранних изменений пищевода остается недостаточно эффективной. Так, согласно данным отечественных авторов, у 75% больных рак пищевода диагностируется только на II-III стадии заболевания и лишь у 5% пациентов на ранней стадии, что отрицательно отражается на показателях пятилетней выживаемости в этой группе пациентов [1, 2, 4, 5].

Заболевания пищевода, протекающие с визуальными изменениями слизистой оболочки, требуют детального изучения структуры и сосудистого рисунка пораженного участка. Но классическая эзофагоскопия в белом свете не всегда позволяет оценить наличие и объективизировать характер обнаруженных изменений [6]. Внедрение в широкую практику видеоэндоскопии с уточняющими методами диагностики создает возможность увеличения диапазона получаемой информации о морфологических изменениях слизистой оболочки пищевода. Одним из таких методов является узкоспектральная эндоскопия высокого разрешения, базирующаяся на NBI (narrow band imaging) технологии.

NBI-технология основана на выделении из диапазона излучаемого света компонент с длиной волны 415 и 540 нм, соответствующих длинам волн синего и зеленого цветов. Глубина проникновения синего света ограничена структурами слизистой оболочки, в то время как зеленый свет проникает до подслизистого слоя. В результате осмотра в узком спектре повышается контрастность изображения, благодаря чему становится возможным оценить структуру эпителия пищевода. Используемые световые волны хорошо поглощаются гемоглобином, вследствие чего отмечается усиление визуализации внутрислизистого сосудистого рисунка в процессе узкоспектральной эндоскопии [7, 8].

Исследование в узком спектре света обеспечивает обнаружение малозаметной при классической эндоскопии патологии пищевода, позволяет оценивать характер этих изменений. Однако узкоспектральная эндоскопия, являясь инструментальным методом обследования, полностью зависит от индивидуального цветовосприятия исследователя, а величина смещения цвета на изображении определяется врачом на основании собственного опыта. Кроме того, какие-либо формализованные описания патологических состояний пищевода, выявляемых по изображениям, полученным в узком спектре, в настоящее время отсутствуют, что приводит к субъективизации эндоскопических заключений.

Таким образом, для объективизации метода узкоспектрального исследования пищевода необходима количественная оценка цветовых характеристик эндоскопических изображений. В нашем исследовании технология NBI явилась предпосылкой для создания автоматизированной системы сегментации эндоскопических изображений. Дальнейшие исследования были направлены на использование математического инструментария для получения объективных оценок состояния слизистой оболочки пищевода. Создание такого рода систем позволит

эффективнее проводить эндоскопическое исследование и снизить риск диагностических ошибок.

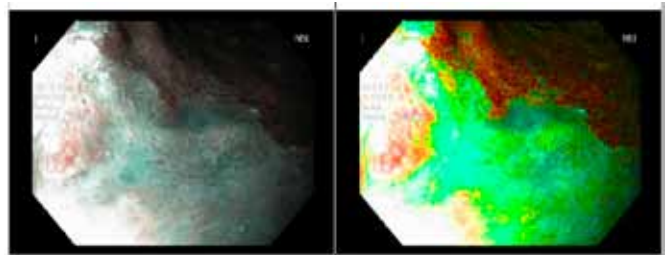
Цель — разработать методику автоматизированной обработки узкоспектральных эндоскопических изображений пищевода и провести дифференциальную диагностику нормальной и патологически измененной слизистой оболочки пищевода на основе методов математической статистики.

Материалы и методы

Исследования базировались на эндоскопических изображениях пищевода, полученных в результате проведения плановой эзофагогастроуденоскопии (ЭГДС) у пациентов РКБ. Изображения были получены на видеоэндоскопической системе EVIS EXERA II (Olympus), оснащенной NBI технологией. Визуальная оценка строения слизистой оболочки пищевода проводилась с использованием совместимого видеогастроскопа GIF H 180 с функцией цифрового пошагового (50-кратного) увеличения. Для улучшения визуализации слизистой оболочки пищевода всем пациентам за 30-40 минут до исследования, учитывая аллергологический анамнез, в качестве пеногасителя перорально предлагался препарат «Эспумизан» — две мерные ложки (10 мл). Исследование проводилось под местной анестезией с использованием 10%-ного раствора лидокаина в форме спрея. Достоверность результатов узкоспектральной эндоскопии подтверждалась прицельным забором биопсийного материала с последующим его морфологическим исследованием.

В результате анализа полученных статических узкоспектральных изображений пищевода был сделан вывод о возможности их цветовой сегментации. Неизменная слизистая оболочка пищевода при наблюдении в NBI-режиме имела серый цвет, а патологически измененная смещалась в область оттенков коричневого цвета. Для количественной оценки степени поражения оценивалась близость цвета ткани к серому или коричневому путем вычисления нормированного расстояния в цветовом пространстве RGB между цветом текущего пикселя изображения и эталонными цветами, соответствующими различной патологии. Поскольку разница между различными оттенками коричневого цвета незначительна, для выделения патологически измененных участков пищевода использовалось преобразование изображения из RGB пространства в цветовое пространство HSL (рис. 1).

Рисунок 1.
Преобразование узкоспектрального изображения пищевода из RGB цветового пространства в цветовое пространство HSL



Анализ результатов цветовой сегментации позволил сделать вывод о возможности цветовой дифференциации нормальной и патологически измененной слизистой оболочки пищевода. По ре-

Рисунок 2.
Интерфейс программы Endoview

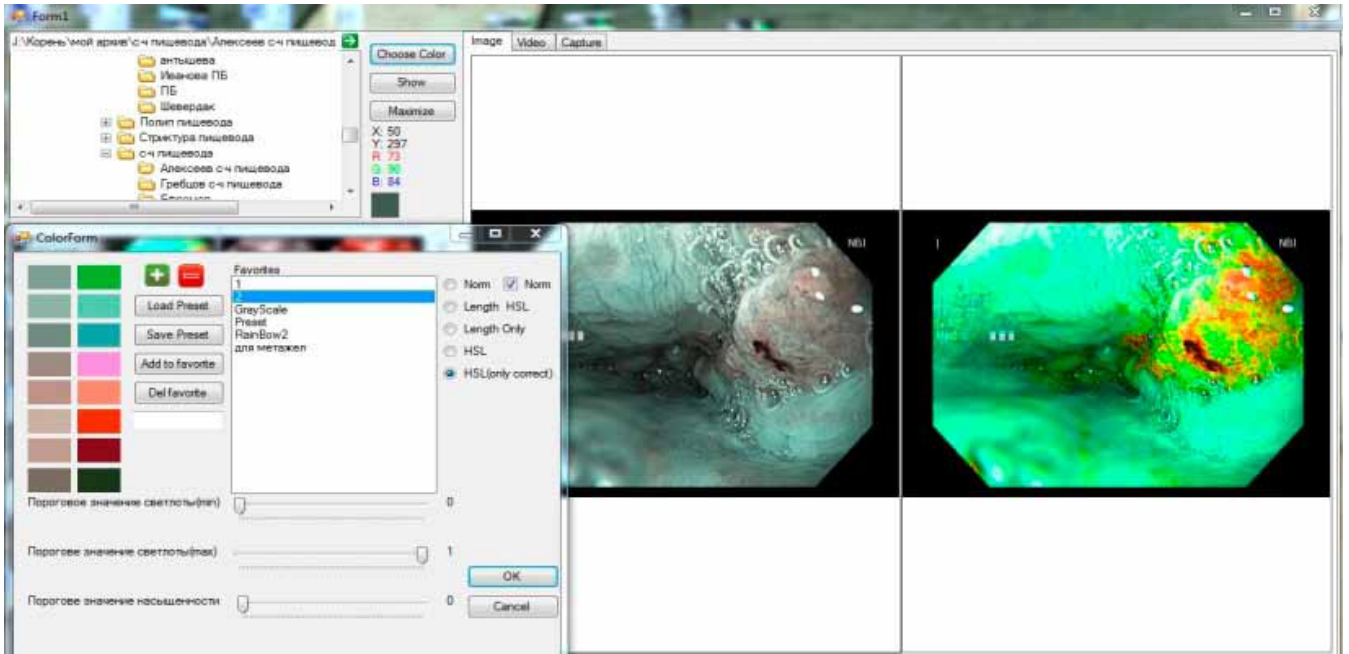
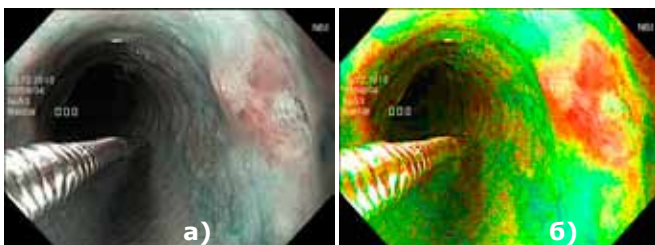


Рисунок 3.
Ранний рак грудного отдела пищевода, тип IIa+IIc: а) узкий спектр изображения; б) результат применения автоматизированного выделения патологии



зультатам статистического анализа статических NBI-изображений были подготовлены эталонные цветовые палитры, содержащие информацию о цветовых характеристиках здоровых тканей и тканей с различными патологиями пищевода, удобные для восприятия. В ходе цветовой дифференциации эпителия пищевода неизменная слизистая оболочка была представлена зеленым цветом, при наличии патологии — красным цветом.

Для практической реализации цветовой сегментации изображений был создан оригинальный программный продукт, получивший название Endoview. Программа Endoview автоматизированного выделения патологии, написанная на языке C#, предназначена как для обработки заранее подготовленных изображений и видеофайлов, так и для анализа поступающей от эндоскопа видеоинформации в реальном масштабе времени. Программа обеспечивает возможность проверки принадлежности каждого пикселя NBI-изображения к одному из характерных цветов, определяющих состояние слизистой оболочки пищевода, и формирование изображения, отображающего результаты цветовой сегментации в виде карты распределения этих цветов (рис. 2).

Для применения в ходе исследования компьютерной технологии обработки цифровых изображений

Рисунок 4.
Алгоритм выполнения узкоспектральной увеличительной ЭГДС с применением автоматизированного выделения патологии



процессор эндоскопа был подключен к персональному компьютеру через интерфейс IEEE 1394. Учитывая возможность применения автоматизированного выделения патологии в реальном масштабе времени, разработанная в исследовании программа была применена в процессе узкоспектральной эндоскопии верхних отделов желудочно-кишечного тракта.

Применение автоматизированного выделения в процессе эндоскопического исследования пищевода в узком спектре света позволило локализовать области наличия патологических процессов, выявить малозаметные изменения слизистой оболочки (рис. 3). Узкоспектральная эзофагогастродуоденоскопия с применением автоматизированного выделения выполнялась по разработанному нами алгоритму (рис. 4).

На первом этапе в белом свете оценивалось наличие участков измененного эпителия, последовательно включая режимы цифрового увеличения. Задачами второго и третьего этапов исследования в узком спектре света с применением программы Endoview

Таблица 1.
Распределение патологии пищевода пациентов исследуемой группы

| Патология пищевода | Число пациентов (n=238) |
|---------------------------------|-------------------------|
| Папиллома пищевода | 29 |
| Полип пищевода | 43 |
| Язва пищевода | 30 |
| Стриктура пищевода | 31 |
| Пищевод Барретта | 29 |
| Гетеротопия желудочная | 15 |
| Неинвазивная карцинома пищевода | 8 |
| Инвазивная карцинома пищевода | 53 |

являлись обнаружение мелких очаговых изменений слизистой оболочки, оценка размера и характера обнаруженных изменений: наличие или отсутствие в структуре измененного эпителия признаков неоплазии, при наличии — идентификация эндоскопических признаков степени неоплазии (структурный тип слизистой оболочки и капиллярный рисунок). Соответствие капиллярного рисунка слизистой оболочки пищевода тому или иному типу неоплазии оценивалось согласно классификации интраэпителиальных папиллярных капиллярных петель (Kudo, 2006) [9]. Третий этап исследования завершался прицельным взятием биопсийного материала из патологического очага слизистой оболочки пищевода для морфологического исследования.

Результаты

Ретроспективно по наличию патологии в пищеводе для исследования были отобраны 238 пациентов, из них 158 (66,4%) мужчин и 80 (33,6%) женщин. Средний возраст обследуемых составил 54 года — 18-89 лет (μ — 14). Распределение патологии пищевода пациентов исследуемой группы представлено в табл. 1.

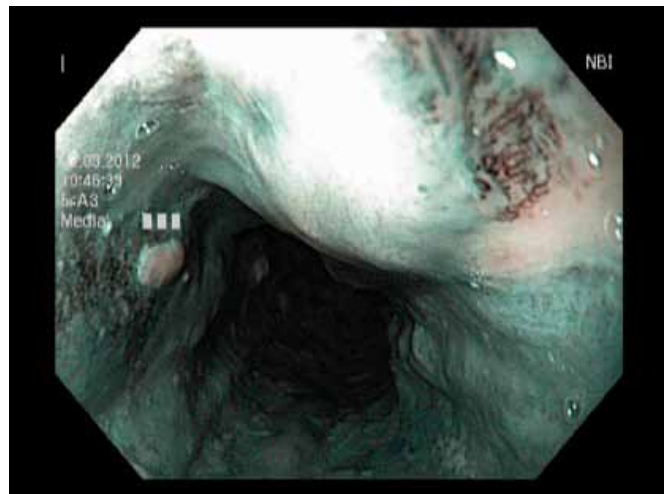
Однонаправленные и равномерно разветвленные капилляры, соответствующие нормальному кровоснабжению, а также ровная регулярная поверхность слизистой оболочки в структуре патологического очага свидетельствовали об отсутствии неоплазии эпителия (рис. 5).

Основанием для установления эндоскопического заключения о неоплазии эпителия являлось наличие нарушенной архитектоники поверхности слизистой оболочки и спиралевидных сосудов с измененным калибром. По степени разнонаправленности и неравномерности ветвления капилляров, а также по степени выраженности нарушения структуры эпителиального рисунка проводилась дифференциальная диагностика между неоплазией эпителия низкой и высокой степеней. В случаях, когда на поверхности слизистой оболочки визуализировалась нерегулярная структура и разнонаправленный капиллярный рисунок, устанавливался диагноз неоплазии эпителия низкой степени (рис. 6). Если какой-либо рисунок в структуре слизистой оболочки отсутствовал (бесструктурный тип) либо визуализировались единичные патологические

Рисунок 5.
Папиллома пищевода (NBI-режим)



Рисунок 6.
Очаговая неоплазия пищевода низкой степени (NBI-режим)



(утолщенные, разветвленные) кровеносные сосуды, то такой эпителий признавался нами как неоплазия высокой степени (рис. 7).

Таким образом, своевременное обнаружение очагов неоплазии низкой степени позволило спрогнозировать риск развития карциномы пищевода, неоплазии высокой степени/карциномы — определить сроки и показания для оперативного лечения.

Диагностическая эффективность узкоспектральной эндоскопии с применением автоматизированного выделения патологии оценивалась такими показателями, как диагностическая точность, чувствительность и специфичность метода. Диагностическая точность примененных методов в выявлении патологии пищевода составила 92%, а показатели чувствительности и специфичности — 96 и 89% соответственно. Для повышения диагностической эффективности разработанного метода необходимо повысить его специфичность, уменьшив количество ложноположительных результатов.

Для получения более объективных оценок состояния слизистой оболочки пищевода в исследовании были применены методы математической статистики.

Рисунок 7.
Неоплазия пищевода высокой степени/карцинома (NBI-режим)



Рисунок 8.
Пример исходного изображения, получаемого при помощи технологии NBI



Рисунок 9.
Точечное поле в пространстве RGB

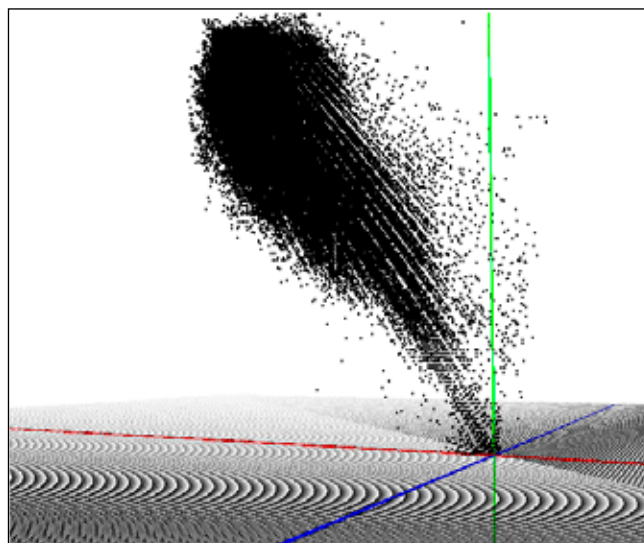
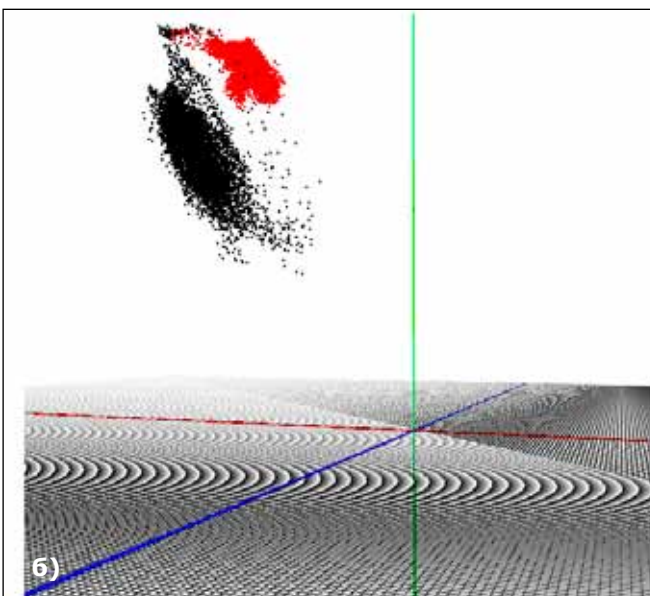
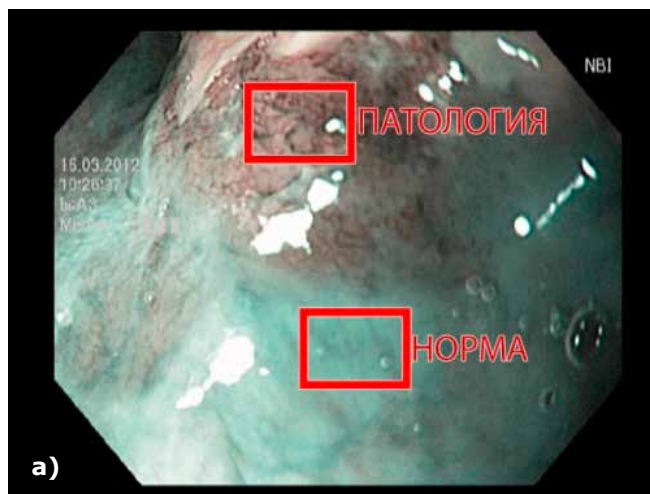


Рисунок 10.
а) нормальные и патологические области на узкоспектральном изображении; б) точечные поля на нормальных и патологических областях в RGB пространстве

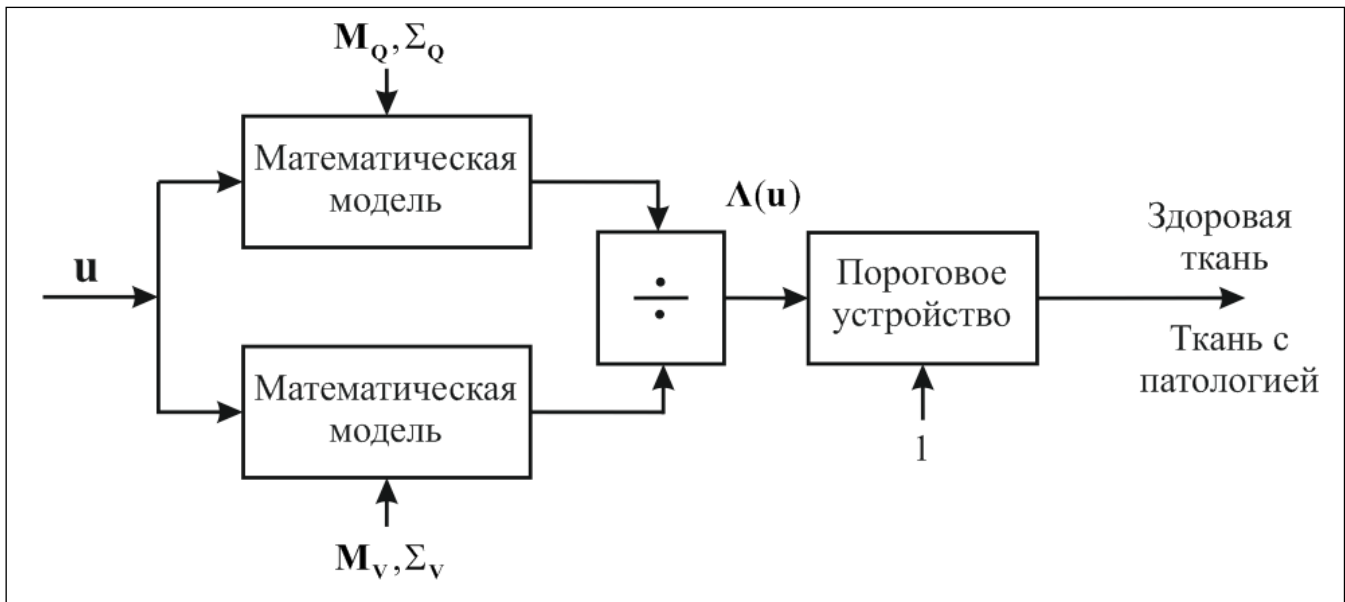


Анализируемые узкоспектральные изображения имеют цифровой формат *.jpeg и представлены в пространстве RGB, т.е. цвет пиксела изображения определяется смещением красного, зеленого и синего цветов, взятых с весовыми коэффициентами, соответствующими их яркости. Яркость отдельных цветовых компонент пиксела находится в диапазоне от 0 до 255 включительно.

Пример эндоскопического изображения, полученного при помощи технологии NBI, представлен на рис. 8. На данном изображении присутствует как нормальная ткань (серые области), так и ткань с патологией (области, имеющие цвет, приближенный к красному).

Каждый пиксел изображения может быть представлен в виде точки в трехмерном пространстве с координатами, равными значению отдельных цветовых компонент данного пиксела. Соответственно, весь набор пикселей изображения формирует точечное поле конкретного изображения. На рис. 9 показано точечное поле, полученное для изображения, представленного на рис. 8.

Рисунок 11.
Структура классификатора тканей пищевода



На исходном изображении можно выделить области, соответствующие нормальной ткани и ткани с патологией (рис. 10а). На рис. 10б представлены точки, построенные в трехмерном пространстве RGB, соответствующие этим областям. Красные точки соответствуют участку нормальной ткани, черные — участку ткани с патологией.

Как видно из рис. 10б, множества данных точек заметно разделены относительно друг друга, что создает предпосылки для автоматической классификации патологически измененной слизистой оболочки пищевода.

В процессе исследования были сформированы два класса тканей — A_1 и A_2 . Класс A_1 соответствует нормальному участку пищевода, а класс A_2 — патологически измененной слизистой оболочке. Каждый участок пищевода задается точечным полем пикселей эндоскопического изображения, представленного в пространстве RGB. Так как цвет точки определяется соотношением трех компонент (RGB), то каждый класс задается трехмерным нормальным распределением совместной плотности вероятностей цветовых компонент пикселя.

Врач, анализирующий статические изображения, полученные в ходе NBI эндоскопии, выбирает в пределах визуально измененной области ряд участков.

На участках, отнесенных экспертом к здоровым тканям, формируются обучающие выборки класса A_1 , которые обозначим как Q_i . Тогда

$$Q_i = \{q_{ij}\}, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, S_i,$$

где i — номер выборки, S_i — ее объем, j — номер пикселя в этой выборке, цветовые компоненты которого задаются вектором $q_{ij} = \{q_{ijr}, q_{ijg}, q_{ijb}\}$.

Аналогично через V_i будем обозначать обучающие выборки, полученные на участках пищевода с предполагаемой патологией, т.е. выборки класса A_2 :

$$V_i = \{v_{ij}\}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, t_i,$$

где i — номер выборки, t_i — ее объем, j — номер пикселя в этой выборке, а $v_{ij} = \{v_{ijr}, v_{ijg}, v_{ijb}\}$ — вектор, задающий его цветовые компоненты.

Величина n выбирается исходя из требования необходимой репрезентативности параметров неиз-

менной слизистой оболочки пищевода. Из практических соображений количество точек, полученных с каждого участка должно находиться в пределах $300 \div 2000$ при значениях величины n равном $2 \div 5$. Величина m определяется количеством участков измененной слизистой оболочки пищевода, между которыми предполагается провести дифференциальную диагностику в пределах выбранной области.

Далее формируются математические модели обучающих выборок. Обучающие выборки Q_i , $i = 1, 2, \dots, n$, были получены на различных участках выбранной области поверхности пищевода, признанных врачом-эндоскопистом здоровыми.

Алгоритм выполнения классификации обеспечивает обоснованное принятие решения о том, к какому из классов A_1 или A_2 следует отнести конкретный пиксель u эндоскопического изображения пищевода.

Широко используемым алгоритмом для отнесения конкретного пикселя u к определенному классу является алгоритм максимального правдоподобия [10]. В соответствии с ним решение в пользу класса A_1 принимается при условии:

$$\Lambda_i(u) = \frac{L_Q(u)}{L_V(u)} \geq \frac{p_1}{p_2} \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

где $\Lambda_i(u)$ — величина отношения правдоподобия; $L_Q(u)$ — функция правдоподобия выборки Q ; $L_V(u)$ — функция правдоподобия выборки V ; p_1 и p_2 — априорные вероятности принадлежности отсчета u к первому или второму классу (рис. 11). Часто значения этих вероятностей неизвестны, и тогда при использовании алгоритма максимального правдоподобия полагают значениями априорных вероятностей каждого из классов, одинаковыми между собой. В этом случае решающее правило принимает вид:

$$\Lambda_i(u) \geq 1, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Таким образом, пиксель на изображении поверхности пищевода соответствует здоровой ткани, если значение его правдоподобия математической модели здоровой ткани больше или равно значению правдоподобия математической модели ткани с патологией.



Структура классификатора (рис. 11) содержит два параллельных канала, на входы которых подается классифицируемый пиксел \mathbf{u} . В верхнем канале вычисляется значение $L_Q(\mathbf{u})$ правдоподобия пиксела \mathbf{u} математической модели класса A_1 , а в нижнем канале — величина $L_V(\mathbf{u})$ правдоподобия этого пиксела математической модели класса A_2 . Далее формируется отношение правдоподобия $\Delta_{Q,V}(\mathbf{u})$, которое сравнивается с пороговым уровнем, равным единице. Если этот уровень не превышен, принимается решение о соответствии пиксела \mathbf{u} точке на патологически измененной слизистой оболочке пищевода. В противном случае ткань в этой точке считается здоровой.

Для обучения, проверки работоспособности и оценки эффективности классификатора, на слизистой оболочке пищевода, изображение которой показано на рис. 5, врачом-эндоскопистом визуально были выбраны три неизмененных участка и три участка с патологией. На изображении каждого из участков было выделено по 800 точек и получены обучающие выборки Q_1 , Q_2 и Q_3 для здоровой ткани и обучающие выборки V_1 , V_2 и V_3 для участков с больной тканью. Для каждой из этих обучающих выборок были получены математические модели.

Таким образом, применение математического инструментария позволило создать классификаторы, уверенно разделяющие нормальные и патологически измененные области пищевода в процессе анализа, полученной при NBI-эндоскопии информации. Как следует из структуры классификатора, решение об отнесении конкретного участка слизистой оболочки пищевода к здоровой ткани принимается при условии, если величина отношения правдоподобия равна или больше единицы. Поэтому промежуточные значения отношения правдоподобия будут получаться в условиях, когда яркостная деформация ткани в области

узкого спектра света при возникновении патологии находится на начальной стадии. Отсюда следует, что данный классификатор может найти применение на стадии ранней диагностики заболеваний пищевода.

Выводы

Узкоспектральная эндоскопия является одним из ведущих современных методов уточняющей диагностики патологии пищевода. Но отсутствие четких алгоритмов выполнения осмотра в узком спектре света и субъективное цветовосприятие исследователя снижают эффективность данного метода в диагностике патологии пищевода.

Новая внедренная методика, основанная на автоматизированном выделении патологии, позволяет более четко локализовать патологические процессы, протекающие на слизистой оболочке пищевода. Применение цветовой сегментации в процессе узкоспектральной эндоскопии верхних отделов желудочно-кишечного тракта достоверно повышает диагностическую информативность исследования. Разработанный алгоритм выполнения ЭГДС позволил систематизировать ход исследования и вывести его на новый более качественный этап.

На основе алгоритмов узкоспектральной обработки эндоскопического изображения и многомерного статистического анализа получен метод объективной классификации состояния слизистой оболочки пищевода на здоровые участки и участки с патологией. Метод достаточно просто реализуется и обладает высокой, с практической точки зрения, эффективностью.

Полученные результаты, основанные на принципах доказательной медицины, могут служить предпосылкой создания инструмента для осуществления дифференциальной диагностики ранних неопластических изменений слизистой оболочки пищевода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В. Состояние онкологической помощи населению России в 2011 г. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена Минздравсоцразвития России. — 2012. — 240 с.
2. Аксель Е.М. Состояние онкологической помощи населению России и стран СНГ в 2004г. // Вестник РОНЦ им. Блохина. — 2006. — Т. 17 (3), прил.1. — С. 11-44.
3. Аруин Л.И. Новая международная классификация дисплазий слизистой оболочки желудка // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии и колопроктологии. — 2002. — Т. 3, № XII. — С. 15-17.
4. Давыдов М.И., Стилиди И.С. Рак пищевода. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Издательская группа РОНЦ, Практическая медицина, 2007. — 392 с.
5. Иванов С.М. Химиолучевая терапия рака пищевода // Практическая онкология. — 2008. — № 9, прил. 1. — С. 21-26.
6. Митракова Н.Н., Пеганова Е.В. и др. Повышение информативности узкоспектральной эндоскопии в диагностике патологии пищевода // Эндоскопия. — 2012. — № 4. — С. 17-20.
7. Поддубный Б.К., Малихова О.А., Кашин С.В. Увеличительная и узкоспектральная эндоскопия: новые возможности диагностики

патологических процессов пищевода и желудка. — М.: Olympus. — 2007. — С. 10-14.

8. Gono K. An introduction to high-resolution endoscopy and narrowband imaging; In Cohen J. Editor — Advanced digestive endoscopy: comprehensive atlas of high resolution endoscopy and narrowband imaging. — Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2007. — P. 9-22.

9. Inoue H., Kaga M., Sato Y., Sugaya S., Kudo S. Magnifying endoscopic diagnosis of tissue atypia and cancer invasion depth in the area of pharyngo-esophageal squamous epithelium by NBI enhanced magnification image: IPCL pattern classification. In Cohen J. editor. — Advanced digestive endoscopy: comprehensive atlas of high resolution endoscopy and narrowband imaging. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd. — 2007. — P. 52-56.

10. Васин В.А., Власов И.Б., Егоров Ю.М. и др. Информационные технологии в радиотехнических системах: Учеб. пособие. — 2-е изд. перераб. и доп. / В.А. Васин: Под ред. И.Б. Федорова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.

Цветные иллюстрации можно посмотреть на сайте www.pmarchive.ru

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС ЖУРНАЛА «ПРАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА»

В КАТАЛОГЕ «РОСПЕЧАТЬ» 37140

В РЕСПУБЛИКАНСКОМ КАТАЛОГЕ ФПС «ТАТАРСТАН ПОЧТАСЫ» 16848