



Дифференциальный диагноз опухолевых заболеваний тощей и подвздошной кишки на основе данных видеокапсульной эндоскопии с использованием математического анализа

Е.Д. Федоров, Е.В. Иванова, С.Е. Раузина, Д.Е. Селезнев, А.В. Будыкина

ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова», г. Москва, Российская Федерация

Цель исследования: разработка алгоритма оценки типа опухолевых поражений тощей и подвздошной кишки на основе видеокапсульной эндоскопии (ВКЭ) для поддержки принятия тактических решений врача.

Материалы и методы. В исследование вошли результаты обследования и лечения 65 пациентов (мужчин — 35, женщин — 30, в возрасте от 18 до 80 лет (средний возраст 46 ± 28 лет)), у которых за период с октября 2008 по апрель 2017 г. в ГКБ № 31 и АО «Клиника К+31» была проведена ВКЭ. Показаниями к проведению ВКЭ был поиск источника при желудочно-кишечном кровотечении, анемия неясной этиологии, подозрение на опухоль тонкой кишки. По результатам ВКЭ был выявлен 181 случай изменений тощей и подвздошной кишки. Каждый опухолевый объект перед нашим исследованием был гистологически верифицирован. Применялись производители различных систем капсульной эндоскопии — Olympus (Япония), MicroCam Intromedic (Корея), PillCam Given Imaging (Израиль), OMOM Chongqing Jinshan Science & Technology (Китай).

Результаты. С помощью экспертов был получен перечень из 30 признаков и их градаций, которые важны для оценки типа поражения тощей и подвздошной кишки по видеокапсульному изображению. Из полученных признаков статистически значимыми (влияющими на разделение объектов на группы) оказалось 8: пол пациента, деформация стенки/просвета кишки, ход складок, полиповидные изменения, сосудистый рисунок, регулярность слизистой, дольчатое строение образования и цвет слизистой оболочки. С использованием неоднородной байесовской диагностической процедуры и расчетом диагностических коэффициентов был разработан трехуровневый алгоритм дифференциальной диагностики опухолевых поражений тощей и подвздошной кишки.

Выводы. Применение разработанного алгоритма в клинической практике позволит не только высказаться о наличии или отсутствии опухолевого поражения тощей или подвздошной кишки, но и с точностью свыше 86 % предположить тип этого поражения. Разработанный диагностический алгоритм является поддержкой принятия решений врача-клинициста в задаче дифференцировки опухолевых поражений тощей или подвздошной кишки на три основных типа: эпителиальные доброкачественные опухоли, неэпителиальные доброкачественные опухоли, злокачественные опухоли. Дифференциальный диагноз типа опухолевого поражения тощей или подвздошной кишки с помощью разработанного диагностического алгоритма позволяет не только выработать тактику лечения таких пациентов (динамическое наблюдение, консервативная терапия, оперативное лечение), но и определить сроки (экстренное, срочное, плановое) и метод (внутрипросветный эндоскопический, лапароскопический, лапаротомический) оперативного лечения.

Ключевые слова: видеокапсульная эндоскопия, опухоль тощей кишки, опухоль подвздошной кишки, диагностический алгоритм, система поддержки принятия врачебного решения

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Федоров Е.Д., Иванова Е.В., Раузина С.Е., Селезнев Д.Е., Будыкина А.В. Дифференциальный диагноз опухолевых заболеваний тощей и подвздошной кишки на основе данных видеокапсульной эндоскопии с использованием математического анализа. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2018;28(5):59–66. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2018-28-5-59-66>

Differential Diagnosis of Jejunum and Ileum Tumours Based on Video Capsule Endoscopy Data Using Mathematical Analysis

Evgeny D. Fedorov, Ekaterina V. Ivanova, Svetlana E. Rauzina, Denis E. Seleznev, Anna V. Budykina

Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Aim. The aim of this study was to develop an algorithm for identifying various types of jejunum and ileum tumour lesions based on video capsule endoscopy (VCE), which can be used by physicians in the process of decision making.

Materials and methods. In the study, we analysed data on the examination and treatment of 65 patients (35 men and 30 women aged 18–80 years (mean age 46 ± 28 years)), who underwent VCE in the City Clinical Hospital No. 31 and in the Clinica K+31 during the period October 2008 — April 2017. The indications for VCE were a search for a reason of gastrointestinal bleeding, the anaemia of unknown etiology and suspected tumour of the small intestine. According to the VCE results, 181 cases of various changes in the jejunum and ileum were revealed. Each tumour object had been histologically verified before our study. Capsule endoscopy was performed using equipment produced by Olympus (Japan), MicroCam Intromedic (Korea), PillCam Given Imaging (Israel), OMOM Chongqing Jinshan Science & Technology (China).

Results. Following expert interviews, 30 signs and their gradations were identified for assessing the type of lesion in the jejunum and ileum using video capsule endoscopy images. Among them, 8 were found to be statistically significant (affecting the division of objects into groups): patient gender, gut wall/lumen deformation, path of intestinal folds, polypoid changes, vascular pattern, mucosal regularity, mucosal lobulation and colour. Using a Bayesian heterogeneous diagnostic procedure and the calculation of diagnostic factors, a three-level algorithm has been developed for the differential diagnosis of jejunum and ileum lesions.

Conclusions. The application of the proposed algorithm in clinical practice will not only allow the presence or absence of the jejunum or ileum tumour lesion to be verified, but also the type of this lesion to be determined with an accuracy of more than 86%. The developed diagnostic algorithm can support decision making by the clinician within the task of differentiating jejunum or ileum tumour lesions into three main types: benign epithelial tumours, benign non-epithelial tumours and malignant tumours. Differential diagnosis of the type of jejunum or ileum tumour lesion using the proposed diagnostic algorithm facilitates not only the development of a treatment tactic for managing such patients (dynamic observation, conservative therapy, operative treatment), but also the determination of terms (emergency, urgent, planned) and methods (endometrial luminal, laparoscopic, laparotomic) of surgical treatment.

Keywords: video capsule endoscopy, jejunum tumour, ileum tumour, diagnostic algorithm, medical decision support system

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Fedorov E.D., Ivanova E.V., Rauzina S.E., Seleznev D.E., Budykina A.V. Differential Diagnosis of Jejunum and Ileum Tumours Based on Video Capsule Endoscopy Data Using Mathematical Analysis. Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology. 2018;28(5):59–66. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2018-28-5-59-66>

Диагностика и лечение заболеваний тощей и подвздошной кишки — сложная задача, которая на протяжении многих лет остается актуальной для гастроэнтерологов, хирургов, онкологов, эндоскопистов. Даже для опытных клиницистов проблемы своевременной диагностики и объективно обоснованного лечения кровотечений, опухолевых, воспалительных, а также редких заболеваний тощей и подвздошной кишки несут в себе существенные трудности [1].

Попытки разработки правил диагностики заболеваний ЖКТ, автоматизации обработки эндоскопических изображений, в том числе видеокапсульных, учеными из разных стран предпринимаются [2–5]. Однако реального использования представленных подходов в клинической практике не обнаружено.

Материал и методы

В исследование вошли результаты обследования и лечения 65 пациентов (мужчин — 35, женщин — 30, в возрасте от 18 до 80 лет (средний

возраст 46 ± 28)), у которых за период с октября 2008 по апрель 2017 г. в ГКБ № 31 и АО «Клиника К+31» была проведена ВКЭ. Показаниями к проведению ВКЭ был поиск источника при желудочно-кишечном кровотечении, анемия неясной этиологии, подозрение на опухоль тонкой кишки. По результатам ВКЭ был выявлен 181 случай изменений тощей и подвздошной кишки, среди которых опухолевые и не опухолевые поражения в количестве 97 и 84 соответственно. Каждый опухолевый объект перед нашим исследованием был гистологически верифицирован после проведенного лечения:

1. Эндоскопического (45,7 %):
 - электроэксцизия (33,4 %);
 - эндоскопическая резекция слизистой оболочки (8,2 %);
 - аргонно-плазменная коагуляция (4,1 %).
2. Хирургического (54,3 %):
 - из традиционного лапаротомического доступа (27,4 %);
 - из мини-лапаротомного доступа (26,9 %).

Все объекты (181) были разделены экспертами на 4 группы («Неопухолевые; норма» / «Эпите-

лиальные доброкачественные опухоли» / «Неэпителиальные доброкачественные опухоли» / «Злокачественные опухоли») с учетом классификации опухолей тонкой кишки Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), предложенной в 2008 году (рис. 1) и с учетом тактики ведения пациентов.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью языка программирования R для статистической обработки данных фирмы Bell Labs (USA) [6]. Для оценки статистической значимости количественных параметров был применен тест Краскела — Уоллиса. Статистическая значимость



Рис. 1. Классификация опухолей тонкой кишки ВОЗ (2008 г.)

Fig. 1. Small intestinal tumour classification according to WHO (2008)

Таблица 1. Фрагмент базы данных

Table 1. Database fragment

№	Пол Sex	Возраст Age	Наличие кровотечения Bleeding	Изменение ворсинок Alterations in intestinal villi	Сосудистый рисунок Vascular pattern	N1	N2	N3
1	2	49	2	3	3	Опухоль проксимальной части тощей кишки Tumour of proximal jejunum	Лимфома тонкой кишки Small intestinal lymphoma	Лимфома тощей кишки Jejunal lymphoma
2	1	23	1	3	1	Эпителиальное образование тощей кишки Jejunal epithelial formation	Синдром Пейтца — Егерса: полипоз тонкой кишки Peutz-Jeghers syndrome: small intestinal polyposis	Гамартома тощей кишки Jejunal hamartoma
3	1	77	2	5	2	Подозрение на наличие карциноида Suspected carcinoid	Признаки наличия карциноида Carcinoid signs	Злокачественная нейроэндокринная опухоль Malignant neuroendocrine tumour

Примечания/Notes: N1 — заключение протокола исследования тонкой кишки ВКЭ / conclusion of VCE research protocol of small intestine;

N2 — заключение протокола исследования тонкой кишки БАЭ / conclusion of BAE research protocol of small intestine;

N3 — заключение патогистологического исследования / conclusion of pathohistological research.

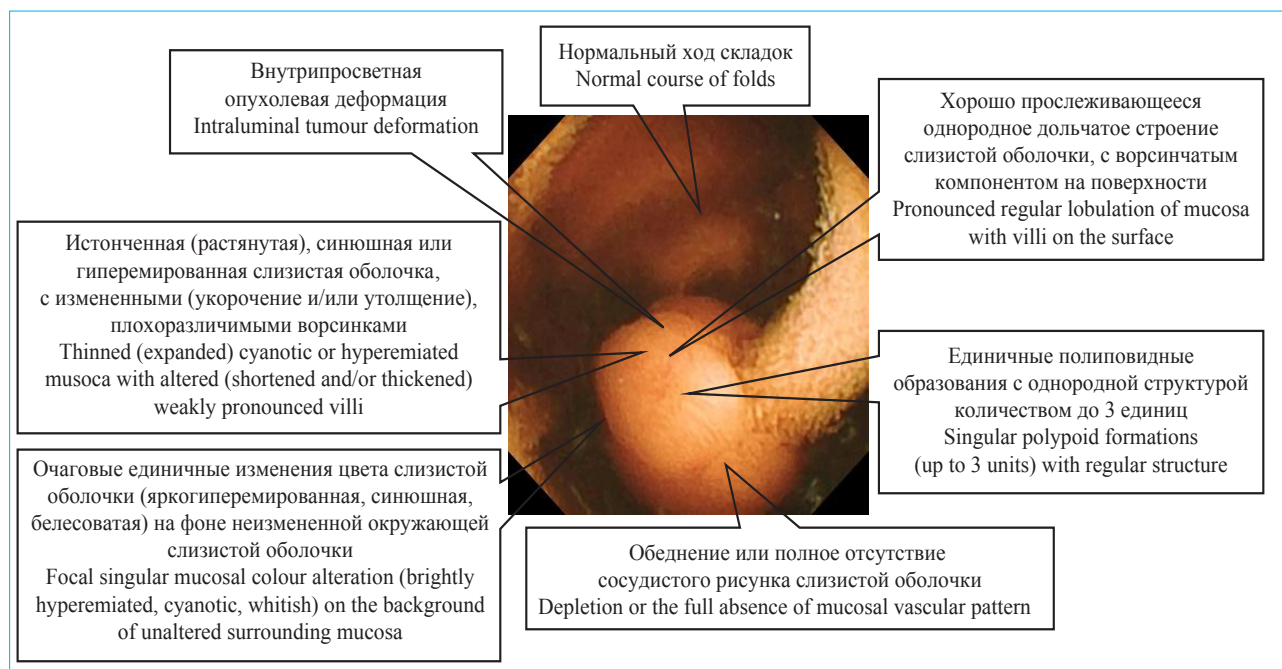


Рис. 2. Эпителиальная доброкачественная опухоль тощей кишки (гамартома). Кадр по данным ВКЭ пациентки М. Охарактеризована по формализованным признакам

Fig. 2. Epithelial benign tumour of jejunum (hamartoma). VCE Image, patient M. Characterized by formalized signs.

различий групп по качественным признакам анализировалась с помощью теста хи-квадрат Пирсона. Все различия считали достоверными при $p \leq 0,001$.

Математическая обработка материала производилась с помощью последовательной процедуры Байеса [7].

Автоматизация разработки выполнена с помощью интегрированной среды разработки Visual Studio и языка программирования C#.

Результаты исследования и их обсуждение

Экспертами был выделен перечень из 30 признаков и их градаций, по которым можно оценивать тип поражения тощей и подвздошной кишки по видеокапсульному изображению. Все градации признаков кодировались числами по принципу возрастания от менее выраженного состояния к более выраженному. Таблица 1 является фрагментом базы данных, в которую заносилась информация о пациентах, описание их тонкой кишки по видеокапсульным изображениям, а также заключения протоколов исследований. Каждый опухолевый объект перед нашим исследованием был гистологически верифицирован (табл. 1).

На рисунках 2 и 3 приведен пример описания опухоли тощей кишки одной и той же пациентки через ВКЭ и баллонно-ассистированную энтероскопию (БАЭ) соответственно.

Далее оценивалась статистическая значимость параметров для разделения объектов на 4 группы.

В результате высоко статистически значимыми оказались 8 параметров: пол пациента, деформация стенки/просвета кишки, ход складок, полиповидные изменения, сосудистый рисунок, регулярность слизистой, дольчатое строение образования и цвет слизистой оболочки.

С целью определения объекта исследования к одной из 4 групп с использованием неоднородной байесовской диагностической процедуры и расчетом диагностических коэффициентов был

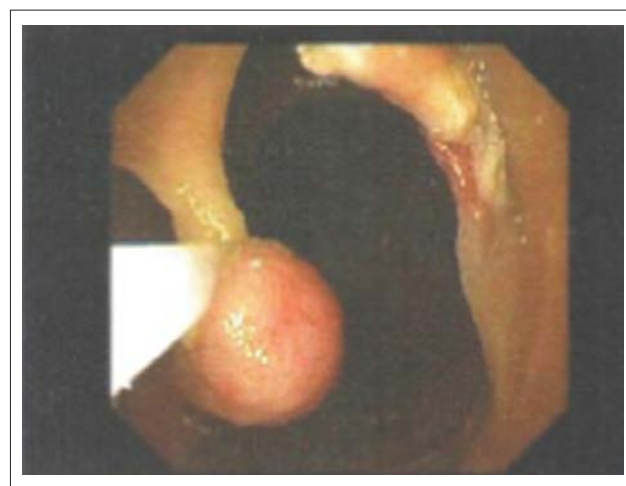


Рис. 3. Эпителиальная доброкачественная опухоль тощей кишки (гамартома). Кадр по данным БАЭ пациентки М.

Fig. 3. Epithelial benign tumour of jejunum (hamartoma). BAE Image, patient M.

разработан трехуровневый алгоритм попарного сравнения групп (рис. 4). На первом шаге дифференцируются опухолевые и все неопухолевые поражения, на втором шаге все опухолевые поражения разделяются на группу эпителиальных и других новообразований. На третьем шаге среди как эпителиальных, так и неэпителиальных опухолей выделяются доброкачественные относительно злокачественных.

Каждый шаг реализации алгоритма потребовал выделения признаков из списка высоко статистически значимых, наилучшим образом проводящих разделение с использованием байесовской диагностической процедуры. Для оценки качества полученного разделения использовался метод

скользящего экзамена. Таким образом, удалось провести дифференциальную диагностику типа новообразования тощей и подвздошной кишки со следующими результатами: неопухолевые/норма (чувствительность = 86 %, специфичность = 92 %), эпителиальные доброкачественные опухоли (чувствительность = 89 %, специфичность = 93 %), неэпителиальные доброкачественные опухоли (чувствительность = 86 %, специфичность = 97 %), злокачественные опухоли (чувствительность = 89 %, специфичность = 93 %).

Далее были вычислены диагностические коэффициенты, отражающие вклад информативных признаков в различение сравниваемых групп, то есть их прогностическую значимость.

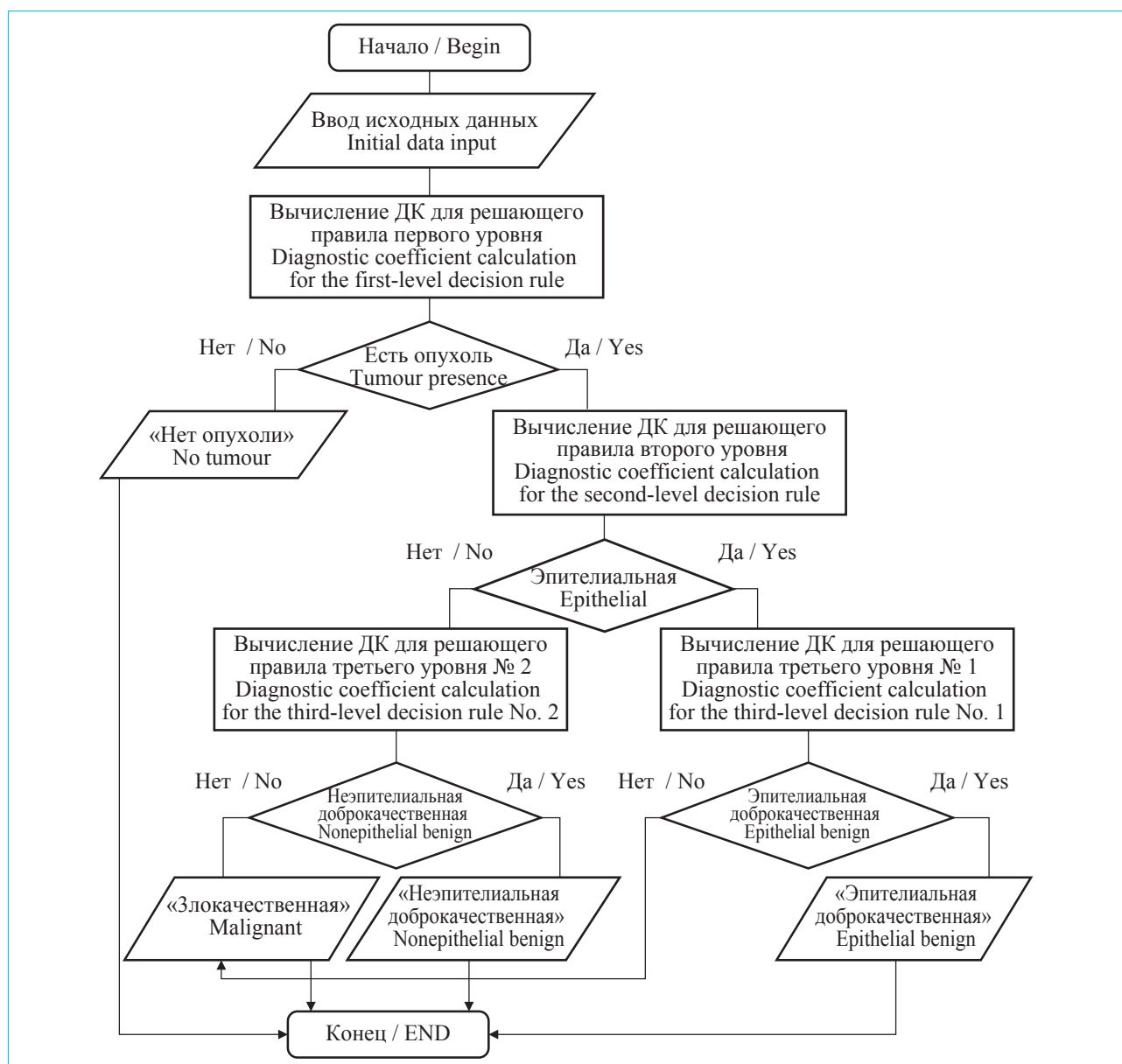


Рис. 4. Блок-схема работы трехуровневого решающего правила для дифференциальной диагностики поражения тощей и подвздошной кишки

Fig. 4. Flow chart of three-level decision rule for the differential diagnostics of jejunum and ileum lesions

Пример рассчитанных диагностических коэффициентов для получения результата дифференциальной диагностики групп опухоли/не опухоли приведен в табл. 2. Для разделения объектов на указанные группы необходимо и достаточно знать три параметра: деформация стенки/просвета кишки, ход складок и полиповидные изменения.

Состояние, которое на списке выявленных у пациента симптомов получит наибольшую сумму коэффициентов, считается наиболее вероятным.

Аналогичным образом производятся вычисления на дальнейших этапах дифференциальной диагностики в соответствии с представленным алгоритмом.

У пациента по ВКЭ определяются градации признаков, вошедших в разделение групп. Далее суммируются соответствующие диагностические коэффициенты для каждого параметра. Накапливается сумма диагностических коэффициентов в каждом из двух столбцов таблицы. Рассчитывается сумма баллов по каждому столбцу. Наиболее вероятным считается состояние с наибольшей суммой баллов.

Разработанный алгоритм дифференциальной диагностики опухолевых поражений тощей и подвздошной кишки был реализован в виде программного модуля с помощью интегрированной среды разработки Visual Studio и языка программирования C# (рис. 6). На рисунках 5 и 6 приведен при-

Таблица 2. Диагностические коэффициенты для решающего правила первого уровня

Table 2. Diagnostic coefficients for the first-level decision rule

Параметр Parameter	Диагностические коэффициенты Diagnostic coefficients		
	градации параметра parameter gradations	группа I group I	группа II group II
деформация стенки/просвета кишки Gut wall/lumen deformation	Отсутствует Absent	–11,1	11,1
	Оттеснение (выбухание) просвета кишки извне, наблюдаемое периодически Periodically observed edging (protrusion) of gut lumen from inside	2,39	–2,39
	Стойкое оттеснение (выбухание) просвета кишки извне, не изменяющееся / мало изменяющееся в процессе исследования Persistent edging (protrusion) of gut lumen from inside, not changing/slightly changing during the study	4,94	–4,94
	Внутрипросветная неопухолевая деформация Intraluminal non-tumour deformation	–10,62	10,62
	Внутрипросветная опухолевая деформация Intraluminal tumour deformation	17,83	–17,83
Ход складок Course of folds	Нормальный: неизмененный, непрерывный Normal non-altered, continuous	–3,77	3,77
	Деформация хода складок без прерывания Deformation of course of folds without discontinuity	2,8	–2,8
	Полное прерывание хода складок Full discontinuity of the course of folds	9,66	–9,66
Полиповидные изменения Polypoid changes	Отсутствие полиповидных образований Absence of polypoid formations	–7,42	7,42
	Единичные полиповидные образования с однородной структурой количеством до 3 единиц Singular polypoid formations (up to 3 units) with regular structure	7,95	–7,95
	Множественные однотипные по форме и структуре полиповидные образования Multiple polypoid formations monotypic in form and structure	–1,42	1,42
	Множественные, местами сливные, полиповидные образования неправильной формы и структуры Multiple, confluent in some places polypoid formations of irregular form and structure	7,16	–7,16

Примечание: Группа I — опухолевые, Группа II — не опухолевые.

Note: Group I — tumour, Group II — non-tumour.

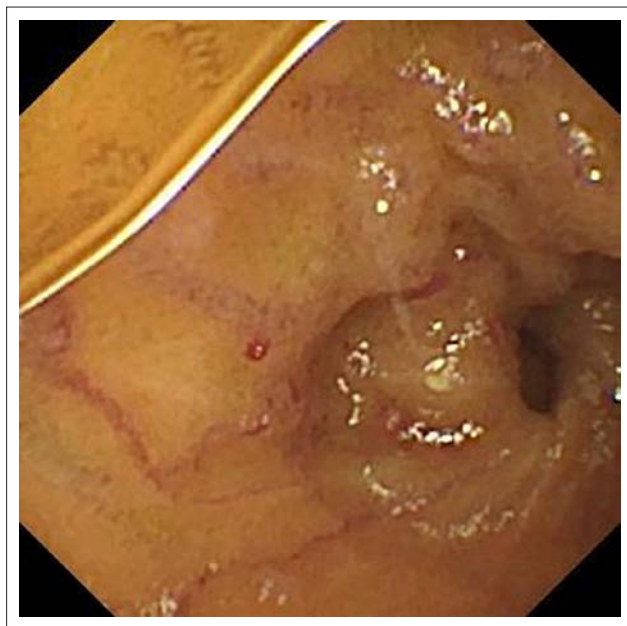


Рис. 5. ВКЭ-изображение неэпителиальной доброкачественной опухоли подвздошной кишки (кавернозная гемангиома) пациентки К.

Fig. 5. VCE image of nonepithelial benign tumour of ileum (cavernous hemangioma), patient K.

мер видеокapsульного изображения и результат работы программы, реализующей алгоритм диагностики. Тип опухоли гистологически подтвержден.

Выводы

Применение разработанного алгоритма в клинической практике позволит не только высказаться о наличии или отсутствии опухолевого поражения тощей или подвздошной кишки, но и с точностью свыше 86 % предположить тип этого поражения.

Разработанный диагностический алгоритм является поддержкой принятия решений врача-клинициста в задаче дифференцировки опухолевых поражений тощей или подвздошной кишки на три основных типа: эпителиальные доброкачественные опухоли, неэпителиальные доброкачественные опухоли, злокачественные опухоли.

Дифференциальный диагноз типа опухолевого поражения тощей или подвздошной кишки с помощью разработанного диагностического алгоритма позволяет не только выработать тактику лечения таких пациентов (динамическое наблюдение, консервативная терапия, оперативное лечение), но и определить сроки (экстренное, срочное, плановое) и метод (внутрипросветный эндоскопический, лапароскопический, лапаротомический) оперативного лечения.

Заключение по капсуле

ОПИСАНИЕ ВИДЕОКАПСУЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Пол пациента: Женский

Деформация стенки: Внутрипросветная опухолевая деформация

Ход складок: Деформация хода складок без прерывания

Регулярность слизистой: Деформация (укорочение и/или утолщение) ворсинок при неизменной слизистой оболочке

Дольчатое строение: Отсутствие дольчатого строения

Цвет слизистой оболочки: Очаговые единичные изменения цвета слизистой оболочки (ярко-гиперемизированная, синюшная, белесоватая) на фоне неизменной окружающей слизистой оболочки

Сосудистый рисунок: Хорошо прослеживающийся, усиленный сосудистый рисунок слизистой оболочки

Полиповидные изменения: Множественные, местами сливные полиповидные образования неправильной формы и структуры

Заключение системы поддержки принятия решений: НЕЭПИТЕЛИАЛЬНАЯ ДОБРОКАЧЕСТВЕННАЯ ОПУХОЛЬ

Рис. 6. Окно программы «Заклучение по ВКЭ»

Fig. 6. “VCE Conclusion” software window

Литература / References

1. Яццкий Н.А., Седнев А.В. Опухоли тонкой кишки в практике хирурга. В кн.: Савельев В.С., ред. 80 лекций по хирургии. М.: Литтерра, 2008 [Yaitsky N.A., Sednev A.V. Tumours of the small intestine in the practice of the surgeon. In: Savelyev V.S., ed. 80 Lectures on Surgery. Moscow: Litterra, 2008 (In Rus.)].
2. Drozdzal M., Segui S., Vitrià J., Malagelada C., Azpiroz F., Radeva P. Adaptable image cuts for motility inspection using WCE. Comput Med Imaging Graph. 2013;37(1):72–80. DOI: 10.1016/j.compmedimag.2012.09.002
3. Iakovidis D.K., Tsevas S., Polydorou A. Reduction of capsule endoscopy reading times by unsupervised image mining. Comput Med Imaging Graph. 2010;34(6):471–8. DOI: 10.1016/j.compmedimag.2009.11.005
4. Satrya G.B., Muhammad R.U., Shin S.Y. Detection of small colon bleeding in wireless capsule endoscopy videos. Comput Med Imaging Graph. 2016;54:16–26. DOI: 10.1016/j.compmedimag.2016.09.005
5. Szczypinski P., Klepaczko A., Pazurek M., Daniel P. Texture and color based image segmentation and pathology detection in capsule endoscopy videos. Comput Methods Programs Biomed. 2014;113(1):396–411. DOI: 10.1016/j.cmpb.2012.09.004
6. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Электронный ресурс]. <https://www.R-project.org>
7. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1998 [Glantz S. Biomedical statistics. Moscow: Practica, 1998 (In Rus.)].

Сведения об авторах

Федоров Евгений Дмитриевич — доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник НИЛ хирургической гастроэнтерологии и эндоскопии ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; заведующий отделением оперативной эндоскопии ГБУЗ «ГКБ № 31 ДЗМ». Контактная информация: efedo@mail.ru.

Иванова Екатерина Викторовна — доктор медицинских наук, главный научный сотрудник НИЛ хирургической гастроэнтерологии и эндоскопии ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; заведующая отделением эндоскопии АО «Клиника К+31». Контактная информация: katendo@yandex.ru.

Раузина Светлана Евгеньевна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской кибернетики и информатики ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: rauzina@mail.ru.

Селезнев Денис Евгеньевич — научный сотрудник НИЛ хирургической гастроэнтерологии и эндоскопии ФГБОУ ВПО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач-эндоскопист отделения эндоскопии АО «Клиника К+31». Контактная информация: endoDen@yandex.ru.

Будыкина Анна Владимировна* — ассистент кафедры медицинской кибернетики и информатики ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Контактная информация: budykina.rsmu@yandex.ru; 117997, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1.

Information about the authors

Evgeny D. Fedorov — Dr. Sci. (Med.), Prof., Chief Researcher, Scientific and Research Laboratory of Surgical Gastroenterology and Endoscopy, Pirogov Russian National Research Medical University; Head of the Department of Operational Endoscopy of the City Clinical Hospital No. 31. Contact information: efedo@mail.ru.

Ekaterina V. Ivanova — Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Scientific and Research Laboratory of Surgical Gastroenterology and Endoscopy, Pirogov Russian National Research Medical University; Head of the Department of Endoscopy of the Clinica K+31. Contact information: katendo@yandex.ru.

Svetlana E. Rauzina — Cand. Sci. (Med.), Ass. Prof., Department of Medical Cybernetics and Informatics, Pirogov Russian National Research Medical University. Contact information: rauzina@mail.ru.

Denis E. Seleznev — Researcher, Scientific and Research Laboratory of Surgical Gastroenterology and Endoscopy, Pirogov Russian National Research Medical University; Endoscopy Specialist, Department of Endoscopy of the Clinica K+31. Contact information: endoDen@yandex.ru.

Anna V. Budykina* — Assistant, Department of Medical Cybernetics and Informatics, Pirogov Russian National Research Medical University. Contact information: budykina.rsmu@yandex.ru; 117997, Moscow, Ostrovityanova str., 1.

Поступила: 09.10.2017

Received: 09.10.2017

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author