



Дифференциальная диагностика воспалительных заболеваний и функциональных нарушений толстого кишечника у детей на основе ультразвукового метода исследования

©Н.Ю. Неласов, Т.А. Каркошка*, О.Л. Ерошенко, М.Н. Моргунов, А.И. Паленый

Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону, Россия

* Т.А. Каркошка, Ростовский государственный медицинский университет, 344022, Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29, tatjana.karkoschka@yandex.ru

Поступила в редакцию 26 декабря 2023 г. Исправлена 20 января 2024 г. Принята к печати 10 февраля 2024 г.

Резюме

Цель: Изучить диагностическую эффективность (ДЭ) ультразвуковых (УЗ) признаков в разделении детей с воспалительными заболеваниями и функциональными нарушениями кишечника (ВЗК и ФНК) и создать оптимальную математическую модель дифференциальной диагностики указанной патологии с помощью комплексной оценки УЗ-признаков.

Материалы и методы: Обследовано 79 детей с клиническими проявлениями патологии толстого кишечника (ТК) и без них. Всем детям выполнено УЗИ кишечника с компрессионной эластографией (КЭ) и определен уровень фекального кальпротектина (ФК). Уровень ФК > 120 мкг/г принят в качестве оптимального положительного критерия разделения лиц с ВЗК и ФНК.

Результаты: Определены значения ДЭ УЗ признаков в верификации ВЗК и ФНК: толщина стенки ТК (ДЭ = 87%, $p < 0,0001$), слоистость стенки ТК (ДЭ = 93,1%, $p < 0,0001$), увеличение мезентериальных лимфоузлов (ДЭ = 53,4%, $p = 0,591$), наличие межпетлевого асцита (ДЭ = 98,3%, $p < 0,0001$), кровоток в стенке ТК (ДЭ = 98,3%, $p < 0,0001$), КЭ стенки ТК (ДЭ = 96,5%, ($p < 0,0001$). Разработана оптимальная модель дифференциальной диагностики ФНК и ВЗК с помощью анализа УЗ-признаков (ДЭ = 98,7%).

Выводы: УЗ-признаки: толщина стенки ТК, слоистость стенки ТК, наличие межпетлевого асцита, кровоток в стенке ТК, жесткий тип КЭ могут быть эффективно использованы для дифференциальной диагностики ФНК и ВЗК у детей. Создана математическая модель, позволяющая надежно разделять лиц с ФНК и ВЗК.

Ключевые слова: УЗИ кишечника, воспалительные заболевания кишечника и функциональные нарушения кишечника у детей, компрессионная эластография, фекальный кальпротектин

Цитировать: Неласов Н.Ю., Каркошка Т.А., Ерошенко О.Л., Моргунов М.Н., Паленый А.И. Дифференциальная диагностика воспалительных заболеваний и функциональных нарушений толстого кишечника у детей на основе ультразвукового метода исследования. *Инновационная медицина Кубани*. 2024;9(2):56–63. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-2-56-63>

Differential Diagnosis of Inflammatory Bowel Disease and Functional Bowel Disorder in Children Based on Ultrasonography

©Nikolay J. Nelasov, Tatiana A. Karkoshka*, Olga L. Eroshenko, Maxim N. Morgunov, Andrey I. Paleniy

Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

* Tatiana A. Karkoshka, Rostov State Medical University, pereulok Nakhichevanskii 29, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation, tatjana.karkoschka@yandex.ru

Received: December 26, 2023. Received in revised form: January 20, 2024. Accepted: February 10, 2024.

Abstract

Objective: To study the diagnostic efficiency (DE) of sonographic signs in differentiation of inflammatory bowel disease (IBD) and functional bowel disorder (FBD) in children and to develop an optimal mathematical model for differential diagnosis of IBD and FBD using comprehensive assessment of sonographic signs.

Material and methods: We examined 79 children with and without clinical signs of large-bowel disease. All the children underwent bowel ultrasonography with strain elastography. We also determined the level of fecal calprotectin (FC). The FC level > 120 μ g/g was a cutoff value to differentiate IBD from FBD.

Results: We determined the DE of sonographic signs in verification of IBD and FBD: large-bowel wall thickening (DE, 87%; $P < .0001$), large-bowel wall stratification (DE, 93.1%; $P < .0001$), enlarged mesenteric lymph nodes (DE, 53.4%; $P = .591$), inter-loop ascites (DE, 98.3%; $P < .0001$), Color Doppler findings in the large-bowel wall (DE, 98.3%; $P < .0001$), strain elastography findings in the large-bowel wall (DE, 96.5%; $P < .0001$). We developed an optimal model for differentiation of FBD and IBD using the analysis of sonographic signs (DE, 98.7%).



Conclusions: The sonographic signs (large-bowel wall thickening, large-bowel wall stratification, interloop ascites, color Doppler findings in the large-bowel wall, stiffness found on strain elastography) can be effectively used for differential diagnosis of FBD and IBD in children. The developed mathematical model enables to reliably differentiate children with FBD and IBD.

Keywords: bowel ultrasonography, inflammatory bowel disease, functional bowel disorder, children, strain elastography, fecal calprotectin

Cite this article as: Nelasov NJ, Karkoshka TA, Eroshenko OL, Morgunov MN, Paleniy AI. Differential diagnosis of inflammatory bowel disease and functional bowel disorder in children based on ultrasonography. *Innovative Medicine of Kuban*. 2024;9(2):56–63. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-2-56-63>

Введение

Рост и широкое распространение воспалительных заболеваний кишечника (ВЗК) у детей [1] с ранней манифестацией, большим сходством в клинических симптомах с функциональными нарушениями кишечника (ФНК) [2] на начальных этапах формирования заболевания, тяжестью течения с высокой резистивностью к терапии и ранними ургентными осложнениями [3] диктуют необходимость поиска эффективного метода диагностики этой патологии. При первичном обращении пациента к гастроэнтерологу перед врачом встает вопрос: связаны ли жалобы с функциональными нарушениями или вызваны патологией стенки кишечника, требующей специализированной помощи [4]? Для уточнения ситуации могут быть применены инструментальные и лабораторные методы диагностики, в том числе и визуализирующие методики (рентгенография с контрастированием, колоноскопия с применением прицельной биопсии, видеокапсульная эндоскопия, магнитно-резонансная энтерография). Однако последние имеют серьезные ограничения при использовании в педиатрии [5–8].

Ультразвуковой метод исследования (УЗИ) не имеет ограничений в применении у детей. Этот метод вполне доступен для детской диагностической практики и прост в использовании. Уже показано, что такие ультразвуковые (УЗ) признаки, как толщина стенки толстого кишечника (ТК), характер ее слоистости, степень выраженности кровотока в стенке, данные компрессионной эластографии (КЭ), увеличение мезентеральных лимфатических узлов и межпетлевой асцит могут быть применены для диагностики кишечной патологии [9]; однако вопрос диагностической информативности этих показателей в дифференциации ВЗК и ФНК пока остается малоизученным.

Что касается лабораторных показателей, то в гастроэнтерологической практике для диагностики ВЗК и определения тяжести патологии может быть эффективно использован анализ кала на фекальный кальпротектин (ФК) [10].

С учетом вышеизложенного в работе были поставлены задачи: изучить диагностическую значимость перечисленных выше УЗ-признаков для дифференциации ВЗК и ФНК у детей, создать оптимальную математическую модель дифференциации кишечной патологии, а также разработать алгоритм диагностической

маршрутизации детей с признаками кишечных нарушений, в зависимости от выявленной характерной скрининг-ультразвуковой картины.

Материалы и методы

Обследовано 79 детей в возрасте от 4 до 10 лет (средний возраст 5,1 лет; 95% ДИ 4,5–5,7 лет) с клиническими проявлениями патологии кишечника и без них.

У родителей во всех случаях было получено согласие на проведение исследования. Критериями включения в исследования были: отсутствие признаков острой кишечной инфекции, хирургической патологии, ригидной трубки, гематохезии, первичное обращение к гастроэнтерологу/педиатру с гастроэнтерологическими жалобами и возраст более 2-х лет.

Всем детям иммунофлюоресцентным методом был определен уровень ФК; этот показатель использован в нашем исследовании в качестве референсного. За норму принимали значение ниже 50 мкг/г [11]; также использованы еще два диапазона повышения ФК: от 50 до 120 мкг/г (небольшое повышение) и более 120 мкг/кг (значительное повышение). Последнее значение принято нами в качестве оптимального положительного критерия (ОПК, порог отсечения, cut-off) разделения лиц с ФНК и ВЗК.

Все обследованные, в зависимости от уровня ФК, были разделены на 4 подгруппы (табл. 1).

Всем детям проведено УЗИ ТК. В ходе УЗИ кишечной трубки применялись: а) В-шкала, б) цветовое доплеровское картирование (ЦДК) и в) КЭ в режиме реального времени (RTE). При УЗИ кишечника проводилась оценка изменений по следующим градациям признаков: 1) толщина стенки ТК: неизменная стенка до 3 мм/утолщение 3 мм и более; 2) слоистость (стратификация) стенки ТК: нормальная слоистость (пятислойная стенка)/незначительные изменения/значительные изменения; 3) наличие гиперплазированных (размером более 10 мм) мезентериальных лимфоузлов: не лоцируются/лоцируются; 4) наличие межпетлевого асцита: нет/есть; 5) данные ЦДК с использованием модифицированной классификации В. Limberg [12]: отсутствие цветных локусов/единичные локусы/множественные локусы; 6) данные КЭ с оценкой по классификации R.F. Havre и соавт. (2014) [13] в модификации А. Giannetti и соавт. (2014, 2017) [14, 15]: 1b тип – мягко-эластичный

Таблица 1
Характеристика исследованных подгрупп
Table 1
Characteristics of the studied subgroups

Номер подгруппы, значение ФК (мкг/г), кол-во детей (n)	Средний возраст, лет	Средний уровень ФК, мкг/г	Дополнительные сведения
	Доверит. интервал	Доверит. интервал	
№ 1, ФК < 50 (n = 21)	5,4 4,1–6,6	28,0 22,3–33,8	Здоровые дети. Отсутствие жалоб и клинических признаков патологии
№ 2, ФК < 50 (n = 25)	4,2 3,2–4,8	22,5 18,0–26,9	Клинические проявления функциональной патологии кишечника
№ 3, ФК = 50 – 120 (n = 24)	4,4 3,4–5,5	75,4 69,6–81,2	Функциональная/пограничная патология кишечника
№ 4, ФК > 120 (n = 9)	9,0 8,1–9,8	148,6 129,6–167,6	Наличие эндоскопических маркеров распространенного эрозивно-язвенного колита либо сегментарного эрозивно-язвенного поражения толстой кишки (признаки ВЗК) с морфологическим подтверждением

(норма)/2ab тип – жестко-эластичный (умеренное отклонение от нормы)/1a тип – жесткий тип (патология).

Для математического анализа был применен пакет статистики Statistica 10.0. При сравнении количественных признаков использован тест Колмогорова-Смирнова и Вилкоксона [16], качественных показателей – точный метод Фишера. При оценке диагностической значимости изученных признаков в разделении лиц с ФНК и ВЗК ориентировались на методику логистической регрессии, дискриминантного анализа и ROC анализа [17, 18]; при этом проанализированы показатели площади под кривой (ППК), чувствительности (Ч), специфичности (С) и диагностической эффективности (ДЭ).

При определении диагностической ценности УЗ признаков в дифференциации ВЗК и ФНК: а) в математический анализ не включали данные 1-й подгруппы (здоровые дети); б) проводили сравнение данных 4-й подгруппы с суммарными данными 2-й и 3-й подгрупп; в) для признаков «толщина стенки ТК, мезентериальные лимфоузлы, межпетлевой асцит» при сравнительном анализе учитывали данные распределения показателя по двум градациям признака, а для признаков «стратификация стенки ТК, ЦДК в стенке ТК, компрессионная эластография» – данные распределения показателя по 3-й градации признака и 1-й + 2-й градации суммарно.

Результаты исследования и их обсуждение

Характер распределения УЗ признаков по их градациям у детей изученных групп представлен на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1а, у здоровых детей толщина стенки ТК в 100,0% случаев в пределах нормы. У детей 2-й и 3-й подгрупп толщина стенки ТК в большинстве

случаев нормальная (88,0 и 87,5%), а у лиц в подгруппе 4 в большинстве случаев стенка утолщена (88,8%).

Анализ рисунка 1б показывает, что в 1-й подгруппе нарушения стратификации стенки не встречались. Во 2-й и 3-й подгруппах нарушения слоистости стенки встречались в 12 и 83% соответственно. В подгруппе 4 нарушения слоистости стенки составили уже 88,8% случаев.

Рисунок 1в демонстрирует, что увеличенные мезентериальные лимфоузлы могут локализоваться во всех подгруппах детей (в 1-й – 4,7% случаев, во 2-й – 32,0%, в 3-й – 54,2%, в 4-й – 33,3%).

Как видно из рисунка 1г, в 1-й, 2-й и 3-й подгруппах межпетлевой асцит обнаружить не удалось ни в одном из случаев. Напротив, у детей с подозрением на ВЗК (подгруппа 4) межпетлевой асцит удалось диагностировать в 88,9%.

По данным рисунка 1д, у здоровых детей (1-я подгруппа) признаков усиления кровотока в кишечной стенке не отмечалось. Во 2-й подгруппе в 8,0% случаев можно обнаружить начальные признаки усиления кровотока, в 3-й подгруппе такое усиление кровотока выявляется уже в 91,7% случаев. В 4-й подгруппе, в отличие от всех остальных подгрупп, в 88,9% наблюдений определялось явное значительное усиление кровотока.

Следует отметить, что при проведении КЭ стенки ТК в нашем исследовании выявлялись только 3 типа картирования стенки кишки: 1b (зеленый), 2ab (зелено-синий) и 1a (синий). 1b тип – мягко-эластичный (норма), 2ab тип – жестко-эластичный (умеренное отклонение от нормы), 1a тип – жесткий (патология).

При анализе рисунка 1е обнаружилось, что в 1-й подгруппе всегда выявляется 1b тип картирования стенки ТК; у детей 2-й подгруппы преобладает

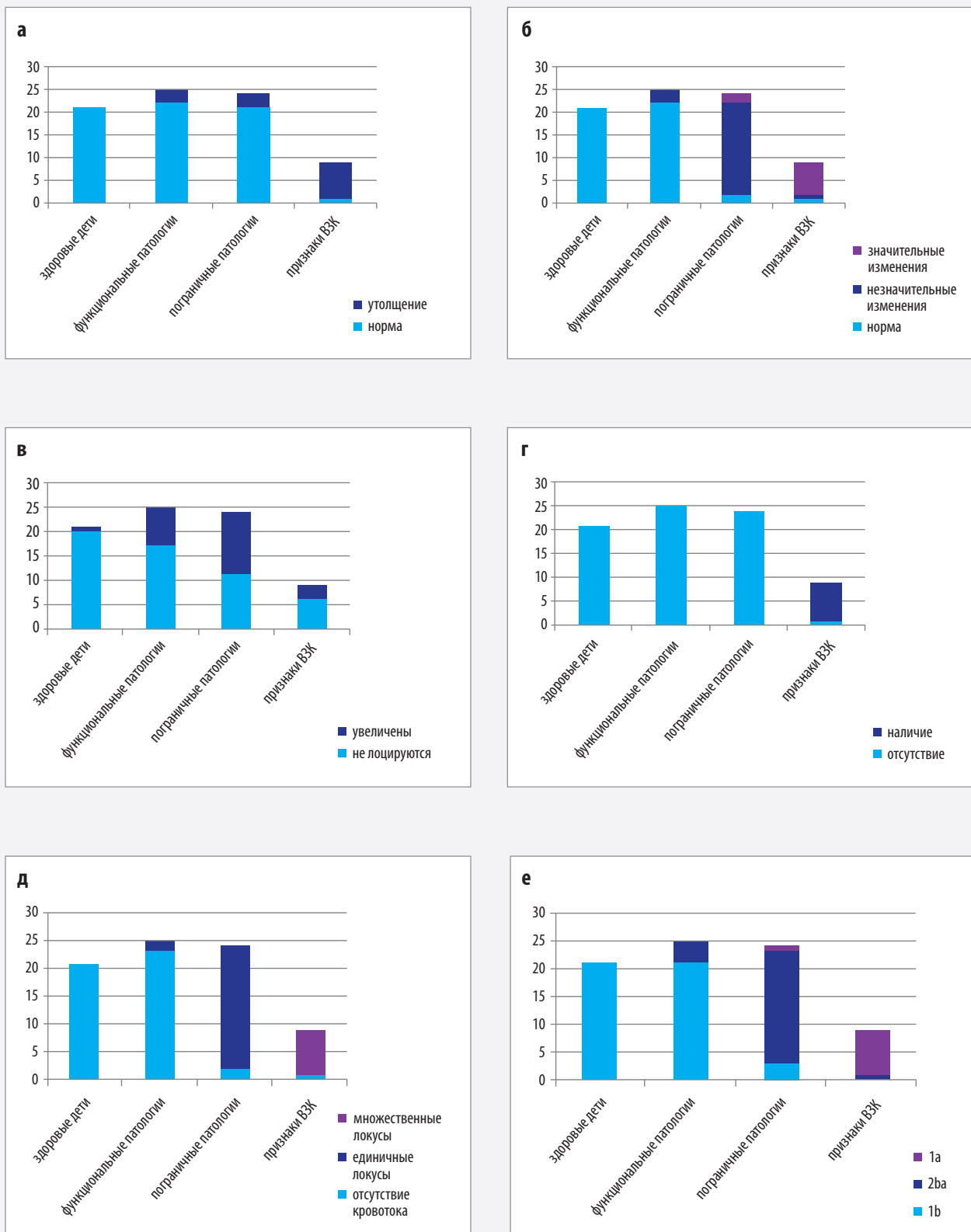


Рисунок 1. Характер распределения изученных УЗ-признаков по градациям у детей 4-х подгрупп: а) толщина стенки толстого кишечника; б) стратификация стенки толстого кишечника; в) увеличенные мезентериальные лимфоузлы; г) межпетлевой асцит; д) данные ЦДК в стенке толстого кишечника; е) данные компрессионной эластографии

Figure 1. Distribution of the studied sonographic signs by gradation in the children from 4 subgroups: а) large-bowel wall thickening; б) large-bowel wall stratification; в) enlarged mesenteric lymph nodes; г) interloop ascites; д) color Doppler findings in the large-bowel wall; е) strain elastography findings

Таблица 2

Площадь под кривой, чувствительность, специфичность, диагностическая эффективность изученных ультразвуковых признаков в выявлении детей с воспалительными заболеваниями кишечника

Table 2

Area under the curve, sensitivity, specificity, and diagnostic efficiency of the studied sonographic signs in identifying children with inflammatory bowel disease

Ультразвуковые признаки	Статистические данные				
	ППК	Ч, %	С, %	ДЭ, %	p
Утолщение стенки ТК	0,883	88,9	87,8	87,9	< 0,0001
Слоистость стенки ТК	0,868	77,8	95,9	93,1	< 0,0001
Межпетлевой асцит	0,944	88,9	100,0	98,3	< 0,0001
Усиление кровотока в стенке ТК	0,944	88,9	100,0	98,3	< 0,0001
1А тип эластографии (синий-жесткий тип)	0,934	88,9	97,9	96,5	< 0,0001
Увеличенные мезентериальные лимфоузлы	0,452	33,3	57,1	53,4	0,591

Прим.: ППК – площадь под кривой ROC анализа; Ч – чувствительность; С – специфичность; ДЭ – диагностическая эффективность

Note: ППК, area under the receiver operating characteristic curve; Ч, sensitivity; С, specificity; ДЭ, diagnostic efficiency

1b тип, но в 16,0% случаев появляется 2ab тип, у детей 3-й подгруппы частота обнаружения 2ab типа резко возрастает (83,3%), а в 4,1% случаев появляется 1a тип (жесткий тип). В то же время у детей 4-й подгруппы в большинстве случаев (88,9%) присутствует 1a тип картирования.

Данные о распределении значений шести УЗ-признаков по градациям легли в основу анализа их диагностической значимости в дифференциации ВЗК и ФНК у детей. В ходе проведения ROC-анализа получены следующие данные о диагностической ценности изученных признаков (табл. 2).

На основе анализа таблицы 1 можно прийти к следующему заключению: 5 верхних признаков могут быть эффективно использованы для дифференциальной диагностики ФНК и ВЗК. Признак «увеличенные мезентериальные лимфоузлы» малоинформативен в выявлении ВЗК. В то же время он имеет существенное значение в диагностике функциональной патологии.

Полученные нами данные совпадают с данными М.И. Пыкова и соавт. (2016, 2020) [19, 20], R. Ahmed и соавт. (2021) [21], М. Аллосса и соавт. (2021) [22] о достаточно высокой информативности УЗ-признаков в выявлении ВЗК.

Для проведения дифференциальной диагностики ВЗК и ФНК можно использовать простой перебор, один за другим, высокоинформативных ультразвуковых признаков. Однако более рациональным является разработка математической модели диагностики ВЗК.

Нами оценена возможность сочетанного применения изученных УЗ-признаков для повышения точности диагноза ВЗК. При использовании стандартной процедуры расчета (О.Ю. Реброва (2002) [23]) применена методика множественного дискриминантного анализа. Были проанализированы 22 различные

диагностические модели с применением одного, двух или нескольких УЗ-признаков. При этом градации качественных альтернативных или порядковых признаков обозначались в виде цифр (0, 1, 2 и т. д.).

Проведенный анализ позволил выделить оптимальную диагностическую модель выявления ВЗК на основе оценки ультразвуковых признаков. Она включает всего 2 признака (межпетлевой асцит и данные КЭ), но при этом значение лямбды Уилкса составляет всего 0,124, ДЭ достигает 98,7%, а величина ложноотрицательных ошибок составляет всего 1 случай из 9 (с верифицированным при колоноскопии ВЗК). Расчет диагностических значений (меток) для двух состояний (нет ВЗК или есть ВЗК) с укрупнением градаций признака КЭ (1 – нет категории 1a, 2 – есть категория 1a) и присвоением градациям признака межпетлевого асцита цифровых значений (1 – нет асцита, 2 – есть асцит) по оптимальной модели осуществляется следующим образом:

$$\begin{aligned}\text{Нет ВЗК} &= 1,1 \times \text{КЭ} + 85,5 \times \text{МА} - 43,4 \\ \text{Есть ВЗК} &= 0,0 \times \text{КЭ} + 163,6 \times \text{МА} - 156,7\end{aligned}$$

Конкретный пациент должен быть отнесен к той категории, для которой рассчитанное классификационное значение является максимальным.

Именно эта простая в выполнении, но эффективная по своим диагностическим возможностям модель и может быть рекомендована для применения в практическом здравоохранении.

Пример расчета у ребенка № 2:

$$\begin{aligned}\text{Нет ВЗК} &= 1,1 \times 1,0 + 85,5 \times 1,0 - 43,4 = \\ &= 1,1 + 85,5 - 43,4 = \mathbf{43,3} \\ \text{Есть ВЗК} &= 0,0 \times 1,0 + 163,6 \times 1,0 - 156,7 = \\ &= 0 + 163,6 - 156,7 = \mathbf{6,9}\end{aligned}$$

Результат: ребенок должен быть отнесен к категории «нет ВЗК».

Пример расчета у ребенка № 23:

$$\begin{aligned}\text{Нет ВЗК} &= 1,1 \times 2,0 + 85,5 \times 2,0 - 43,4 = \\ &= 2,2 + 171,0 - 43,4 = \mathbf{129,8} \\ \text{Есть ВЗК} &= 0,0 \times 2,0 + 163,6 \times 2,0 - 156,7 = \\ &= 0 + 327,2 - 156,7 = \mathbf{216,2}\end{aligned}$$

Результат: ребенок должен быть отнесен к категории «есть ВЗК».

В научной публикации Т.М. Goodsall и соавт. (2021) приводятся сведения о попытках создания математических моделей диагностики ВЗК

с применением УЗ данных [24]. Значения ДЭ этих моделей колеблются от 73 до 100%, при этом часто встречаются неопределенные результаты. В нашем же случае разработанная модель выявления ВЗК на основе оценки УЗ-признаков, с одной стороны, не дает неопределенных ответов, а с другой – имеет высокий показатель ДЭ, равный 98,7%, при количестве ложноотрицательных ошибок всего 1 на 79 наблюдений.

На основании полученных данных нами был разработан алгоритм диагностической маршрутизации детей с признаками кишечной патологии, в зависимости от выявленной характерной скрининг-ультразвуковой картины (рис. 2).

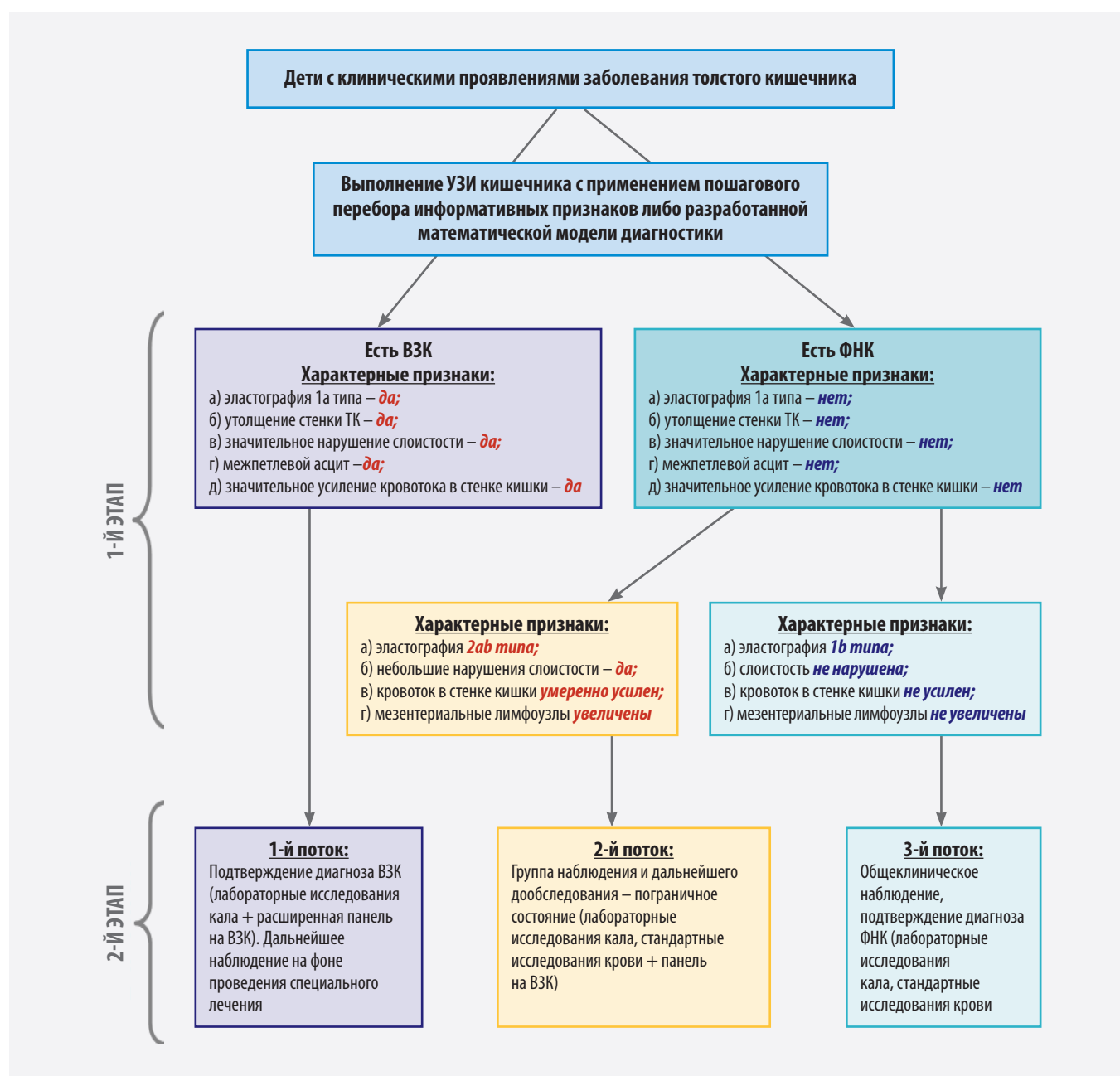


Рисунок 2. Алгоритм диагностической маршрутизации детей с признаками патологии толстой кишки
Figure 2. Algorithm of routing of children with signs of large-bowel disease

Алгоритм включает в себя два этапа: 1-й этап – разделение детей с патологией кишечника на две группы (ВЗК или ФНК) с помощью последовательного перебора информативных УЗ-признаков либо с использованием разработанной нами математической модели диагностики; 2-й этап – выделение с помощью УЗ-признаков потоков маршрутизации пациентов (1-й, 2-й и 3-й).

Выводы

На основании полученных данных можно прийти к следующим выводам:

1. Утолщение стенки ТК, нарушение слоистости стенки, наличие межпетлевого асцита, усиление кровотока в стенке ТК, жесткий тип эластографического картирования при КЭ могут быть эффективно использованы для дифференциации детей с ВЗК и ФНК.

2. Разработана оптимальная математическая модель дифференциальной диагностики ВЗК и ФНК у детей с помощью сочетанной оценки ультразвукового показателя серой шкалы (признаки межпетлевого асцита) и КЭ (картирование 1а типа стенки ТК) с ДЭ = 98,7%.

3. Предложен алгоритм диагностической маршрутизации детей с признаками патологии кишки, в зависимости от выявленной ультразвуковой картины. Применение алгоритма позволяет выделить три потока: поток детей с признаками ФНК, поток с признаками ВЗК и поток с пограничными нарушениями, которые требуют дальнейшего наблюдения.

Вышеизложенное позволяет рекомендовать УЗИ толстого кишечника как скрининг-метод для определения тактики ведения детей с патологией толстого кишечника.

Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования: Н.Ю. Неласов, Т.А. Каркошка, О.Л. Ерошенко

Написание статьи: Н.Ю. Неласов, Т.А. Каркошка, А.И. Паленый

Проведение статистического анализа: Н.Ю. Неласов, Т.А. Каркошка

Исправление статьи: Н.Ю. Неласов, Т.А. Каркошка, М.Н. Моргунов

Утверждение окончательной версии: Н.Ю. Неласов, Т.А. Каркошка

Author contributions

Concept and design: Nelasov, Karkoshka, Eroshenko

Manuscript drafting: Nelasov, Karkoshka, Paleniy

Statistical analysis: Nelasov, Karkoshka

Manuscript revising: Nelasov, Karkoshka, Morgunov

Final approval of the version to be published: Nelasov, Karkoshka

Литература/References

1. Isa HM, Mohamed MS, Alahmed FA, Mohamed AM. Linear growth impairment in patients with pediatric inflammatory bowel disease. *Cureus*. 2022;14(7):e26562. PMID: 35967138. PMCID: PMC9362837. <https://doi.org/10.7759/cureus.26562>

2. Kim KO. Functional gastrointestinal disorders in patients with inflammatory bowel disease. *Korean J Gastroenterol*. 2022;79(1):4–11. (In Korean). PMID: 35086967. <https://doi.org/10.4166/kjg.2022.001>

3. Li QQ, Zhang HH, Dai SX. New insights and advances in pathogenesis and treatment of very early onset inflammatory bowel disease. *Front Pediatr*. 2022;10:714054. Published correction appears in *Front Pediatr*. 2022;10:894682. PMID: 35299671. PMCID: PMC8921506. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.714054>

4. Орлинская Н.Ю., Широкова Н.Ю., Шумилова О.В., Давыдова Д.А., Давыденко Д.В., Соколова И.Л. Значение морфологических исследований при воспалительных заболеваниях кишечника у детей. *Медицинский альманах*. 2018;(3):31–35.

Orlinskaya NYu, Shirokova NYu, Shumilova OV, Davydova DA, Davydenko DV, Sokolova IL. The importance of morphological studies in case of inflammatory bowel diseases in children. *Medical Almanac*. 2018;(3):31–35. (In Russ.).

5. Михайлов А.Н. Фундаментальные рентгенологические исследования в дифференциальной диагностике функциональных и воспалительных заболеваний толстой кишки. *Медицинские новости*. 2013;(5):64–68.

Mikhailov AN. Basic radiological researches in differential diagnosis functional and inflammatory diseases of the colon. *Medit-sinskie novosti*. 2013;(5):64–68. (In Russ.).

6. Kellar A, Wilson S, Kaplan G, DeBruyn J, Tanyingoh D, Novak KL. The Simple Pediatric Activity Ultrasound Score (SPAUSS) for the accurate detection of pediatric inflammatory bowel disease. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2019;69(1):e1–e6. PMID: 31232886. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000002298>

7. Лохматов М.М., Будкина Т.Н., Олдаковский В.И., Дьяконова Е.Ю., Потапов А.С. Первый опыт применения у детей инновационной эндоскопической видеокапсульной системы с панорамным обзором. *Педиатрическая фармакология*. 2016;13(6):587–591. <https://doi.org/10.15690/pf.v13i6.1673>

Lokhmatov MM, Budkina TN, Oldakovsky VI, Dyakonova EY, Potapov AS. First tries of using innovative Capsio Vision Capsule Endoscopy System in treating children. *Pediatric Pharmacology*. 2016;13(6):587–591. (In Russ.). <https://doi.org/10.15690/pf.v13i6.1673>

8. Mansour HH, Alajerami YS, Abushab KM, Najim AA, Quffa KM. Diagnostic accuracy of CT enterography correlated to histopathology in the diagnosis of small bowel Crohn's disease. *Ir J Med Sci*. 2022;191(6):2605–2610. PMID: 35000116. <https://doi.org/10.1007/s11845-021-02917-4>

9. Пыков М.И., Колисниченко М.М., Горячева О.А., авторы; Государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия последиplomного образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ГБОУ ДПО РМАПО Минздрава России), патентообладатель. Способ дифференциальной диагностики хронических воспалительных заболеваний кишечника у детей. Патент РФ № RU2556573C1. 10.07.2015.

Pykov MI, Kolisnichenko MM, Gorjacheva OA, inventors; Gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya "Rossijskaja meditsinskaja akademija poslediplomnogo obrazovaniya" Ministerstva zdravookhraneniya Rossijskoj Federatsii (GBOU DPO RMAPO Minzdrava Rossii), assignee. Differential diagnostic technique for chronic inflammatory intestinal diseases in children. Russian patent RU2556573C1. July 10, 2015.

10. Shi JT, Zhang Y, She Y, Goyal H, Wu ZQ, Xu HG. Diagnostic utility of non-invasive tests for inflammatory bowel disease: an umbrella review. *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:920732.

PMID: 35911403. PMCID: PMC9337241. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.920732>

11. Mumolo MG, Bertani L, Ceccarelli L, et al. From bench to bedside: fecal calprotectin in inflammatory bowel diseases clinical setting. *World J Gastroenterol*. 2018;24(33):3681–3694. PMID: 30197475. PMCID: PMC6127662. <https://doi.org/10.3748/wjg.v24.i33.3681>

12. Limberg B. Diagnosis of chronic inflammatory bowel disease by ultrasonography. *Z Gastroenterol*. 1999;37(6):495–508. (In German). PMID: 10427656.

13. Havre RF, Leh S, Gilja OH, et al. Strain assessment in surgically resected inflammatory and neoplastic bowel lesions. *Ultraschall Med*. 2014; 35(2):149–158. PMID: 23154869. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1325535>

14. Giannetti A, Biscontri M, Matergi M. Feasibility of real-time strain elastography in colonic diseases. *J Ultrasound*. 2014;17(4):321–330. PMID: 25368693. PMCID: PMC4209217. <https://doi.org/10.1007/s40477-014-0124-3>

15. Giannetti A, Matergi M, Biscontri M, Tedone F, Falconi L, Franci L. Real-time elastography in Crohn's disease: feasibility in daily clinical practice. *J Ultrasound*. 2017;20(2):147–155. PMID: 28593005. PMCID: PMC5440335. <https://doi.org/10.1007/s40477-017-0243-8>

16. Гланц С. *Медико-биологическая статистика*. Данилов Ю.А., пер. Под ред. Безикашвили Н.Е., Самойлова Д.В. Практика; 1998.

Glantz S. *Primer of Biostatistics*. Danilov YuA, trans. Bezikashvili NE, Samoilov DV, eds. Praktika; 1998. (In Russ.).

17. Петри А., Сэбин К. *Наглядная медицинская статистика: учебное пособие*. Пер. с англ. под ред. В.П. Леонова. 3-е изд., перераб. и доп. ГЭОТАР-Медиа; 2015.

Petrie A, Sabin C. *Medical Statistics at a Glance: A Textbook*. Leonov VP, trans-ed. 3rd rev ed. GEOTAR-Media; 2015. (In Russ.).

18. ROC Analysis: Online ROC Curve Calculator. Johns Hopkins University. Updated March 19, 2017. Accessed September 12, 2022. <http://www.rad.jhmi.edu/jeng/javarad/roc/JROCFIT.html>

19. Пыков М.И., Галкина Я.А., Демина А.М., Митькова М.Д. Возможности эхографии в диагностике воспалительных заболеваний кишечника у детей. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2016;(1):45–56.

Pykov MI, Galkina YaA, Demina AM, Mitkova MD. Ultrasound in diagnosis of inflammatory bowel diseases in children. *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2016;(1):45–56. (In Russ.).

20. Пыков М.И., Врублевская А.М. Возможности эхографии в диагностике воспалительных заболеваний кишечника у детей. *Детская хирургия*. 2020;24(2):101–107. <https://doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-2-101-107>

Pykov MI, Vrublevskaya AM. Echography in the diagnostics of inflammatory bowel diseases in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2020;24(2):101–107. (In Russ.). <https://doi.org/10.18821/1560-9510-2020-24-2-101-107>

21. Ahmed R, Debian H, Fawzi M, et al. Diagnosis of inflammatory bowel disease by abdominal ultrasound and color doppler techniques. *Curr Med Imaging*. 2021;17(9):1085–1093. PMID: 33397243. <https://doi.org/10.2174/1573405616666210104114536>

22. Allocca M, Furfaro F, Fiorino G, Peyrin-Biroulet L, Danese S. Point-of-care ultrasound in inflammatory bowel disease.

J Crohns Colitis. 2021;15(1):143–151. PMID: 32674146. <https://doi.org/10.1093/ecco-jcc/jjaa151>

23. Реброва О.Ю. *Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA*. МедиаСфера; 2002.

Rebrova OYu. *Statistical Analysis of Medical Data. Use of STATISTICA software package*. MediaSfera; 2002. (In Russ.).

24. Goodsall TM, Jairath V, Feagan BG, et al. Standardisation of intestinal ultrasound scoring in clinical trials for luminal Crohn's disease. *Aliment Pharmacol Ther*. 2021;53(8):873–886. PMID: 33641221. <https://doi.org/10.1111/apt.16288>

Сведения об авторах

Неласов Николай Юлианович, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-2208-8042>

Каркошка Татьяна Александровна, врач отделения ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-6980-7257>

Ерошенко Ольга Леонидовна, к. м. н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6501-0731>

Моргунов Максим Николаевич, к. м. н., доцент кафедры ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6238-9782>

Паленый Андрей Иванович, врач отделения ультразвуковой диагностики, ассистент кафедры ультразвуковой диагностики, Ростовский государственный медицинский университет (Ростов-на-Дону, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-9731-0800>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Nikolay J. Nelasov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Diagnostic Ultrasound Department, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-2208-8042>

Tatiana A. Karkoshka, Sonographer, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-6980-7257>

Olga L. Eroshenko, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Diagnostic Ultrasound Department, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6501-0731>

Maxim N. Morgunov, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Diagnostic Ultrasound Department, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6238-9782>

Andrey I. Paleniy, Sonographer, Assistant Professor at the Diagnostic Ultrasound Department, Rostov State Medical University (Rostov-on-Don, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-9731-0800>

Conflict of interest: none declared.