

Опыт применения ультразвуковых индексов для оценки активности воспалительных заболеваний кишечника

Д.Д. Мухаметова^{✉1}, И.М. Миннемуллин², О.Э. Акчурина¹, А.Х. Одинцова³, Д.И. Абдуганиева^{1,3}

¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Казань, Россия;

²ГАУЗ «Центральная городская клиническая больница №18 им. проф. К.Ш. Зиятдинова» Минздрава Республики Татарстан, Казань, Россия;

³ГАУЗ «Республиканская клиническая больница» Минздрава Республики Татарстан, Казань, Россия

Аннотация

Цель. Оценить диагностическую ценность ультразвуковых (УЗ) параметров и индексов для определения обострения воспалительных заболеваний кишечника (ВЗК).

Материалы и методы. В исследование включены 115 пациентов с ВЗК, среди них 41 (36%) с язвенным колитом (ЯК) и 74 (64%) с болезнью Крона (БК). Трансабдоминальное УЗИ кишечника проводилось на приборе Sonoscape S2N, за норму толщины кишечной стенки (ТКС) принято 3 мм. Для оценки УЗ-активности ЯК использовался индекс Миланских УЗ-критериев (MUC), для БК – Международный индекс УЗ-сегментарной активности кишечного воспаления (IBUS-SAS – International Bowel Ultrasound Segmental Activity Score).

Результаты. При обострении ЯК ТКС (5,91 [4,87; 6,95] мм) больше, чем в ремиссию (2,9 [2,6; 3,1] мм; $p=0,003$). Для диагностики обострения ЯК ТКС более 3 мм имела чувствительность (Se) 90,5%, специфичность (Sp) 70,6%. Медиана индекса MUC при обострении (9 [7,88; 11,8]) выше, чем в ремиссию (4,2 [3,64; 4,9]; $p<0,001$). У 31 (89%) пациентов при обострении MUC выше 6,2 (Se 88,9%, Sp 87,5%), у 34 (97%) при пороге 5,18 (Se 96,3%, Sp 87,5%). При обострении БК ТКС (4,9 [3,8; 6,6] мм) выше, чем в ремиссию (3,18 [2,6; 3,5]; $p=0,0001$), имела Se 87,0%, Sp 71,4%. Индекс IBUS-SAS при обострении БК (46,8 [27; 71,5]) выше показателя ремиссии (12,6 [11,2; 30,2]; $p=0,001$). При пороге 37,5 IBUS-SAS имел Se 92,6%, Sp 61,5%, при пороге индекса 45,2 – Se 92,6%, Sp 87,2%.

Заключение. УЗ-визуализация – полезный и эффективный инструмент оценки активности ВЗК, пороговое значение индекса MUC 5,18 и IBUS-SAS 45,2 предполагает лучшую диагностическую ценность для разграничения обострения и ремиссии.

Ключевые слова: воспалительные заболевания кишечника, болезнь Крона, язвенный колит, ультразвуковое исследование кишечника, индекс Миланских ультразвуковых критериев, Международный индекс ультразвуковой сегментарной активности кишечного воспаления

Для цитирования: Мухаметова Д.Д., Миннемуллин И.М., Акчурина О.Э., Одинцова А.Х., Абдуганиева Д.И. Опыт применения ультразвуковых индексов для оценки активности воспалительных заболеваний кишечника. Терапевтический архив. 2025;97(8):680–688. DOI: 10.26442/00403660.2025.08.203303

© ООО «КОНСИЛИУМ МЕДИКУМ», 2025 г.

Введение

Актуальность воспалительных заболеваний кишечника (ВЗК) высока и продолжает расти в связи повышением распространенности язвенного колита (ЯК) и болезни Крона (БК), представляющих собой хронические заболевания с иммунным воспалением. Согласно последним данным при ЯК процесс ограничен слизистой оболочкой толстой кишки, а при БК отмечается трансмуральное сегментарное гранулематозное воспаление различных отделов желудочно-кишечного тракта [1–3].

На сегодняшний день эндоскопические методы визуализации кишечника играют ключевую роль как в диагностике, так и в оценке течения ВЗК – на основании результатов эндоскопии делается вывод о степени активности, протяженности воспалительного процесса, а также о наличии осложнений [4]. Однако инвазивность, необходимость предварительной подготовки, лимитированная доступность ограничивают их применение и обуславливают внедрение новых перспективных методов диагностики.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) кишечника – неинвазивный безопасный высокоинформативный воспроизводимый метод диагностики ВЗК. К его преимуществам можно отнести возможность выполнения у постели пациента, отсутствие необходимости в специальной подготовке пациента, низкую стоимость по сравнению с другими методами визуализации [5]. В Консенсусе по определению терапевтических целей при ВЗК Selecting Therapeutic Targets in Inflammatory Bowel Disease (STRIDE-II) УЗИ кишечника признано основным методом в мониторинге ВЗК из-за возможности оценить активность заболевания по всей толщине кишечной стенки (ТКС) и трансмуральное заживление, а также повторяемости [6].

Всем пациентам с ВЗК, согласно Российским клиническим рекомендациям по ведению пациентов с ЯК и БК, рекомендовано проведение трансабдоминального УЗИ кишечника для оценки ТКС, наличия дефектов в зоне поражения, определения степени васкуляризации [2, 3]. УЗИ кишечника включено и в методические рекомен-

Информация об авторах / Information about the authors

✉Мухаметова Диляра Дамировна – канд. мед. наук, ассистент каф. госпитальной терапии ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ». E-mail: muhdilyara@gmail.com

Миннемуллин Ильяс Мансурович – врач-терапевт ГАУЗ «ЦГКБ №18 им. проф. К.Ш. Зиятдинова»

Акчурина Ольга Эриковна – врач-ординатор каф. госпитальной терапии ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ»

Одинцова Альфия Харисовна – канд. мед. наук, зав. отд.-нием гастроэнтерологии ГАУЗ РКБ

Абдуганиева Диана Ильдаровна – д-р мед. наук, проф., зав. каф. госпитальной терапии ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ», гл. специалист по терапии ГАУЗ РКБ

✉Dilyara D. Mukhametova. E-mail: muhdilyara@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2102-0142

Ilyas M. Minnemullin. ORCID: 0000-0002-0629-2978

Olga E. Akchurina. ORCID: 0009-0009-5739-7807

Alfiya Kh. Odintsova. ORCID: 0000-0002-7148-8862

Diana I. Abdulganieva. ORCID: 0000-0001-7069-2725

Experience in the application of ultrasound indices for assessing the activity of inflammatory bowel diseases

Dilyara D. Mukhametova^{✉1}, Ilyas M. Minnemullin², Olga E. Akchurina¹, Alfiya Kh. Odintsova³, Diana I. Abdulganieva^{1,3}

¹Kazan State Medical University, Kazan, Russia;

²Ziyatdinov Central City Clinical Hospital No. 18, Kazan, Russia;

³Republican Clinical Hospital, Kazan, Russia

Abstract

Aim. To evaluate the diagnostic value of ultrasound (US) parameters and indices for assessing the active inflammatory bowel diseases (IBD).

Materials and methods. The study included 115 patients with IBD, 41 (36%) patients were with ulcerative colitis (UC) and 74 (64%) – with Crohn's disease (CD). Transabdominal US examination of the intestine was performed on Sonoscape S2N, with a bowel wall thickness (BWT) of 3 mm considered the norm. To assess activity in UC, the Milan Ultrasound Criteria (MUC) score was used, and in CD – International Bowel Ultrasound Segmental Activity Score (IBUS-SAS).

Results. In active UC BWT (5.91 [4.87; 6.95] mm) was greater than in remission (2.9 [2.6; 3.1] mm; $p=0.003$). For active UC diagnosis BWT greater than 3 mm had sensitivity (Se) of 90.5% and specificity (Sp) of 70.6%. The MUC in exacerbation (9 [7.88; 11.8]) was higher than in remission (4.2 [3.64; 4.9]; $p<0.001$). In 31 (89%) patients in exacerbation, the MUC was higher than 6.2 (Se 88.9%, Sp 87.5%), and in 34 (97%) at a threshold of 5.18 (Se 96.3%, Sp 87.5%). In active CD, BWT (4.9 [3.8; 6.6] mm) was greater than in remission (3.18 [2.6; 3.5]; $p=0.0001$), with Se 87.0%, Sp 71.4%. The IBUS-SAS in active CD (46.8 [27; 71.5]) was higher than the remission (12.6 [11.2; 30.2]; $p=0.001$). At a threshold of 37.5, the IBUS-SAS had Se 92.6%, Sp 61.5%, and at 45.2, Se 92.6%, Sp 87.2%.

Conclusion. US imaging is a useful and effective tool for assessing IBD activity; a threshold value of the MUC score of 5.18 and IBUS-SAS of 45.2 suggests better diagnostic value for differentiating between exacerbation and remission.

Keywords: inflammatory bowel disease, Crohn's disease, ulcerative colitis, intestinal ultrasound, Milan ultrasound criteria score, International bowel ultrasound segmental activity score

For citation: Mukhametova DD, Minnemullin IM, Akchurina OE, Odintsova AKh, Abdulganieva DI. Experience in the application of ultrasound indices for assessing the activity of inflammatory bowel diseases. *Terapevticheskii Arkhiv* (Ter. Arkh.). 2025;97(8):680–688. DOI: 10.26442/00403660.2025.08.203303

дации ESGAR (European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology) и ECCO (European Crohn's and Colitis Organization) по диагностике ВЗК [7].

К недостатку метода можно отнести оператор-зависимость. Использование единых стандартизированных алгоритмов количественной оценки данных позволяет сделать исследование более объективным и воспроизводимым. С этой целью разрабатываются различные ультразвуковые (УЗ) индексы [8, 9].

Цель исследования – оценить диагностическую ценность УЗ-параметров и индексов для определения активности ВЗК.

Материалы и методы

В исследование включены 115 пациентов с ВЗК – 41 (36%) пациентов с ЯК и 74 (64%) с БК, госпитализированных в отделение гастроэнтерологии ГАУЗ РКБ в период с января 2024 г. по март 2025 г. Половозрастные и клинические характеристики пациентов представлены в **табл. 1**.

Клиническую оценку тяжести атаки ЯК проводили согласно индексу Мейо, при БК – с помощью индекса Харви–Брэдшоу. Всем пациентам выполняли колоноскопию с оценкой индекса по Schroeder при ЯК и простой эндоскопической шкале оценки при БК (Simple Endoscopic Score CD – SES-CD). Трансабдоминальное УЗИ кишечника производили на приборе Sonoscape S2N конвексным и линейным датчиками частотой 3,5 и 7,5 МГц соответственно. За норму ТКК толстой и тонкой кишки принимали 3 мм. Врач УЗ-диагностики ознакомился с данными колоноскопии и локализацией взятия биопсии, однако результаты гистологического исследования были неизвестны – в 38 (33%) случаях колоноскопию проводили после УЗИ.

Для оценки УЗ-активности ЯК рассчитали индекс Миланских ультразвуковых критериев (Milan ultrasound

criteria – MUC) по формуле: $1,4 \times \text{BWT} + 2 \times \text{BWF}$, где BWT (Bowel Wall Thickening) – максимальная толщина стенки толстой кишки, BWF (bowel wall Flow at Power Doppler) – кровоток в стенке толстой кишки при силовой доплерографии. Для удобства расчета создан сайт-калькулятор*. Пороговым значением для отличия активного ЯК от неактивного выбрано 6,2 [8].

Для оценки активности БК использовали Международный индекс ультразвуковой сегментарной активности кишечного воспаления (International Bowel Ultrasound Segmental Activity Score – IBUS-SAS). Для расчета этого индекса применяли формулу: $\text{IBUS-SAS} (0-100) = 4 \times \text{BWT} + 15 \times \text{i-fat} + 7 \times \text{CDS} + 4 \times \text{BWS}$, где BWT – ТКК, i-fat – воспалительный («наползающий») жир брыжейки, CDS – цветовой доплеровский сигнал, BWS – дифференциация слоев кишечной стенки. Пороговым значением для отличия активного БК от неактивного выбрано 37,5 [9].

Обследование также включало стандартные лабораторные исследования крови: общий анализ крови [гемоглобин, эритроциты, лейкоциты, скорость оседания эритроцитов (СОЭ)], неспецифические маркеры воспаления [С-реактивный белок (СРБ), фибриноген], определение уровня фекального кальпротектина (оценен у 19 пациентов с ВЗК).

Статистическая обработка данных. Статистический анализ данных проводили в программе STATISTICA, версия 12. Характер распределения данных оценивали при помощи графического метода с использованием критерия Колмогорова–Смирнова. При статистической обработке данных применяли методы описательной статистики: описание признаков, имеющих нормальное распределение, представлено как $M \pm SD$ (M – среднее арифметическое, SD – среднеквадратическое отклонение), признаков с распе-

*<https://ibd.calc.mbul.at>

Таблица 1. Распределение пациентов с ЯК и БК в зависимости от клинических характеристик основного заболевания
Table 1. Distribution of patients with ulcerative colitis (UC) and Crohn's disease (CD) by the characteristics of the underlying disease

Критерий	ЯК (n=41)	БК (n=74)
Возраст, лет	43 [32; 53]	40 [27; 51]
Жен, абс. (%)	18 (44)	32 (43)
Муж, абс. (%)	23 (56)	42 (57)
Длительность заболевания, лет	2 [1; 5]	4 [1; 9]
Течение заболевания, абс. (%)		
острое	7 (17)	17 (23)
хроническое рецидивирующее	30 (73)	46 (62)
хроническое непрерывное	4 (10)	11 (15)
Степень тяжести текущей атаки по индексу Мейо (при ЯК) и индексу Харви-Брэдшоу (при БК), абс. (%)		
легкая	8 (19,5)	36 (48,6)
среднетяжелая	20 (48,8)	24 (32,4)
тяжелая	7 (17)	4 (5,4)
ремиссия	6 (14,7)	10 (13,6)
Протяженность ЯК согласно Монреальской классификации, абс. (%)		
тотальный	27 (66)	
левосторонний	14 (34)	
Локализация поражения при БК согласно Монреальской классификации, абс. (%)		
илеит		40 (54)
колит		10 (14)
илеоколит		24 (32)

делением, отличным от нормального, – в виде $Me [Q_1; Q_3]$ (Me – медиана, Q_1 и Q_3 – 1 и 3-й квартили). Количественные показатели сравнивали при помощи критерия Манна-Уитни. Если было более 2 категорий группирующей переменной, применяли непараметрический дисперсионный анализ Краскела-Уоллиса. Апостериорные попарные сравнения проводили с помощью критерия Манна-Уитни. Выполнен корреляционный анализ с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Различия считались статистически значимыми при $p<0,05$.

Статистический анализ для ROC-анализа и оценки диагностической ценности проводили с использованием программы StatTech v. 4.6.3 (ООО «Статтех», Россия). Для оценки дискриминационной способности количественных признаков при прогнозировании определенного исхода применяли метод анализа ROC-кривых. Разделяющее значение количественного признака в точке cut-off определяли по наивысшему значению индекса Юдена.

Результаты

При обострении ЯК у всех пациентов ($n=35$) наблюдалось утолщение кишечной стенки (УКС), медиана максимальной утолщенной стенки ободочной кишки составила 5,91 [4,87; 6,95] мм. Характерные УЗ-изменения при ЯК представлены на **рис. 1**. ТКС статистически значимо раз-

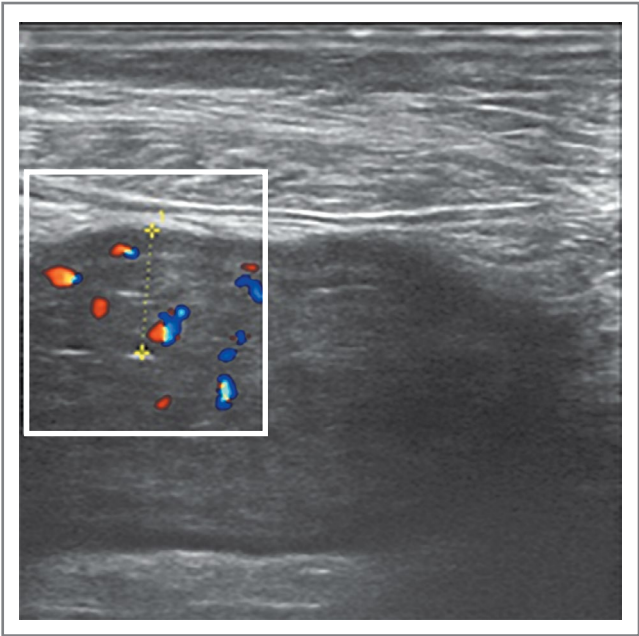


Рис. 1. Эхограмма пациента 53 лет с ЯК, тотальное поражение. Визуализируется УКС сигмовидной кишки до 9 мм, нарушена дифференцировка слоев на всем протяжении, при доплерографии определяется выраженное усиление кровотока, что указывает на воспаление высокой активности.

Примечание. Эхограмма из личного архива авторов.

Fig. 1. Ultrasound imaging of a 53-year-old patient with UC, pancolitis. In the sigmoid colon, bowel wall thickening is about 9 mm, the stratification of layers is disrupted throughout the entire length, Dopplerography reveals increased blood flow, which indicates high-activity inflammation.

личалась в зависимости от тяжести атаки ЯК (**табл. 2**): так, в группе с тяжелым обострением ТКС составила 6,8 [5,82; 7] мм, что больше, чем при среднетяжелом (5,44 [4,41; 6,29] мм; $p=0,03$) и легком обострении (4,38 [3,6; 5,9] мм; $p=0,002$) и ремиссии заболевания (2,9 [2; 3,1] мм; $p=0,005$). УКС наблюдалось у 2 пациентов с неактивным ЯК (3,1 и 3,4 мм), однако медиана в этой группе (2,9 [2,6; 3,1] мм) статистически значимо меньше при сравнении с группой обострения ($p=0,003$).

У 32 (97%) пациентов с обострением ЯК и у 1 (16%) в ремиссию обнаружено усиление кровотока в стенке толстой кишки. При обострении ЯК у 11 (30%) пациентов определялась болезненность при компрессии датчиком, у 15 (45%) – лимфаденопатия, у 3 (9%) – межпечельная свободная жидкость в брюшной полости.

При обострении ЯК значение индекса MUC было выше порогового уровня 6,2 у 31 (89%) пациентов, медиана составила 9 [7,88; 11,8], что статистически значимо выше, чем в ремиссию заболевания (4,2 [3,64; 4,9]; $p<0,001$). Выявлены различия в зависимости от выраженности обострения (**рис. 2**): при тяжелой атаке (11,8 [10,15; 14,04]) значение выше, чем при средней (8,89 [7,95; 11,28]; $p>0,05$) и легкой активности (6,11 [4,9; 7,18]; $p=0,03$).

Значение индекса MUC коррелировало с эндоскопической активностью ЯК по Schroeder ($r=0,66$; $p<0,05$), уровнем

Таблица 2. ТКС при различной стадии и активности ЯК и БК
Table 2. Thickness of the intestinal wall at different stages and activities of UC and CD

Параметр	Ремиссия (1)	Легкая атака (2)	Среднетяжелая атака (3)	Тяжелая атака (4)	Обострение в целом (5)	<i>p</i>
ТКС при ЯК, мм	2,9 [2,6; 3,1]	4,38 [3,6; 5,9]	5,44 [4,41; 6,29]	6,8 [5,82; 7]	5,91 [4,87; 6,95]	$p_{1-4}=0,005$ $p_{2-4}=0,002$ $p_{3-4}=0,03$ $p_{1-3}=0,003$ $p_{1-5}=0,003$
ТКС при БК, мм	3,18 [2,6; 3,5]	4,08 [3,5; 5,68]	4,65 [3,9; 6,2]	8,55 [7,53; 9,63]	4,9 [3,8; 6,6]	$p_{1-4}=0,0019$ $p_{2-4}=0,0008$ $p_{3-4}=0,009$ $p_{1-3}=0,002$ $p_{1-2}=0,0001$ $p_{1-5}=0,0019$

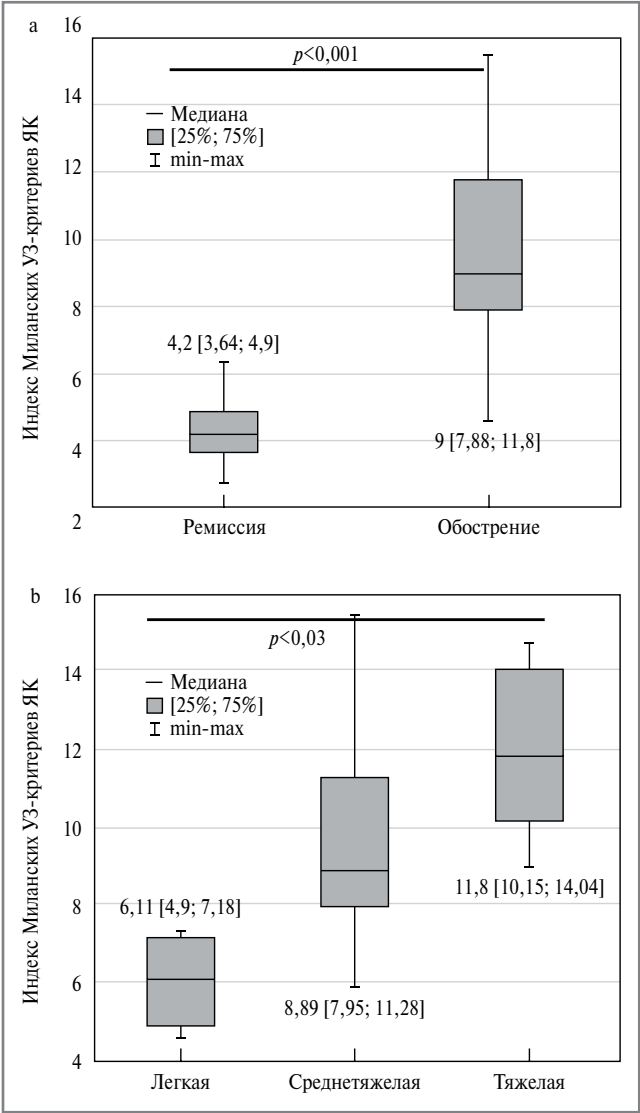


Рис. 2. Значение индекса Миланских УЗ-критериев в зависимости: а – от стадии, б – активности ЯК.
Fig. 2. Milan ultrasound criteria score depending on the stage (a) and activity (b) of UC.

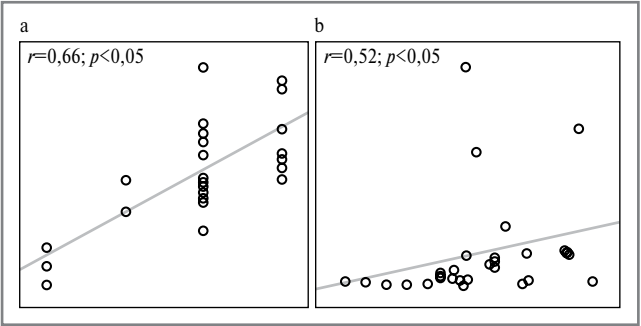


Рис. 3. Корреляционные связи индекса Миланских УЗ-критериев: а – с эндоскопической активностью ЯК по Schroeder; б – уровнем СРБ в крови.
Fig. 3. Correlations between the Milan ultrasound criteria score and endoscopic activity of UC according to Schroeder (a) and the level of C-reactive protein in the blood (b).

СРБ ($r=0,52$; $p<0,05$) (рис. 3), гемоглобина крови ($r=-0,40$; $p<0,05$) и СОЭ ($r=0,28$; $p<0,05$).

При обострении БК УКС выявлено у 63 (98%) пациентов, медиана ТКС составила 4,9 [3,8; 6,6] мм, что было выше, чем у пациентов в ремиссию БК (3,18 [2,6; 3,5]; $p=0,0001$). Характерные УЗ-изменения представлены на рис. 4. В зависимости от выраженности активности БК определено УКС (табл. 3): так, при тяжелой атаке значение ТКС (8,55 [7,53; 9,63] мм) выше, чем при среднетяжелой (4,65 [3,9; 6,2] мм; $p=0,009$) и легкой (4,08 [3,5; 5,68]; $p=0,00008$). При этом в ремиссию БК УКС выявлено у 6 (60%) пациентов.

У 53 (82%) пациентов с обострением БК обнаружено усиление кровотока в стенке кишки, у пациентов в ремиссию патологическая васкуляризация не наблюдалась. У 40 (62,5%) пациентов выявлен воспалительный «наползающий» брыжеечный жир. У 20 (31%) пациентов определялась болезненность при компрессии датчиком, у 23 (36%) – лимфаденопатия, у 5 (8%) – межпетельная свободная жидкость. У 13 (20%) диагностирован стеноз кишки, у 2 (3%) пациентов выявлено формирования инфильтрата, у 1 (1,5%) – наличие свищей, у 2 (3%) – поражение тощей кишки.

Подсчет Международного индекса УЗ-сегментарной активности кишечного воспаления IBUS-SAS показал, что превышение порогового значения 37,5 выявлено у 40 (63%) пациентов с обострением БК и у 1 (10%) пациента

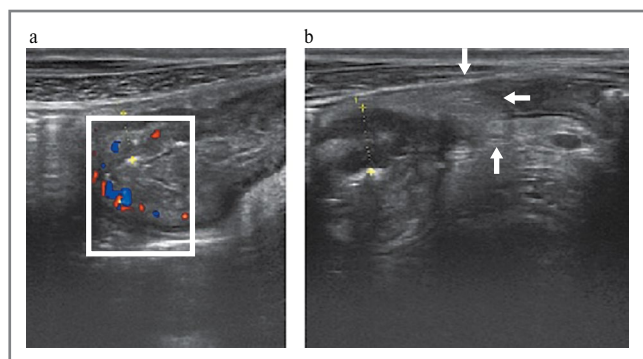


Рис. 4. Эхограмма пациента 35 лет с илеитом БК:

a – визуализируется УКС подвздошной кишки до 7 мм (за счет подслизистой и мышечной оболочки), суживающее просвет кишки, при доплерографии определяется выраженное усиление кровотока; *b* – при поперечном срезе по периферии подвздошной кишки отмечается воспалительный «наползающий» брыжеечный жир.

Примечание. Эхограмма из личного архива авторов.

Fig. 4. Ultrasound imaging of a 35-year-old patient with CD sigmoiditis: *a* – in the ileum wall thickening is about 7 mm (due to the submucosa and muscular propria), intestinal lumen is narrowed, Dopplerography reveals increased blood flow; *b* – in a transverse section along the periphery of the ileum, inflammatory “creeping” mesenteric fat is noted.

в ремиссию. При обострении значение IBUS-SAS (46,8 [27; 71,5]) статистически значимо выше, чем в ремиссию БК (12,6 [11,2; 30,2]; $p=0,001$). При тяжелом обострении БК значение IBUS-SAS (87 [85,4; 92,84]) выше, чем при среднем (49 [27,4; 73,6]; $p>0,05$) и легком (40,4 [25,4; 57]; $p=0,0001$) (рис. 5).

Значение индекса IBUS-SAS коррелировало с эндоскопической активностью БК ($r=0,86$; $p<0,05$), уровнем фекального кальпротектина ($r=0,65$; $p<0,05$), лейкоцитов крови ($r=0,36$; $p<0,05$), СОЭ ($r=0,35$; $p<0,05$) и уровнем СРБ в крови ($r=0,29$; $p<0,05$); рис. 6.

Для оценки диагностической ценности проведен ROC-анализ с подсчетом чувствительности и специфичности УЗ-показателей для разграничения ремиссии и обострения ЯК (рис. 7). Максимальная ТКС – статистически значимый предиктор эндоскопической активности ЯК для разграничения ремиссии и обострения [AUC 0,945, 95% доверительный интервал (ДИ) 0,904–0,986; $p<0,001$]. При пороговом значении 3 мм чувствительность составила 98,8%, специфичность – 57,1%, PPV (Positive Predictive Value, положительная прогностическая ценность) – 90,4%, NPV (Negative Predictive Value, отрицательная прогностическая ценность) – 92,3%. Индекс MUC при ЯК также можно считать статистически значимым предиктором эндоскопической активности ЯК (AUC 0,977, 95% ДИ 0,932–1,000; $p<0,001$). При пороговом значении 6,2, предложенном авторами индекса, чувствительность составила 88,9%, специфичность – 87,5%, PPV – 96,0%, NPV – 70,0%. При анализе пороговых значений наибольшей чувствительности и специфичности соответствовал порог 5,18, при котором чувствительность составила 96,3%, специфичность – 87,5%, PPV – 96,3%, NPV – 70,0% (см. табл. 3). При пороговом значении 5,18 MUC повышен у 34 (97%) пациентов с обострением ЯК, выше порога 6,2 – у 31 (89%).

При БК также рассчитана диагностическая ценность изучаемых показателей (рис. 8). ТКС можно считать статисти-

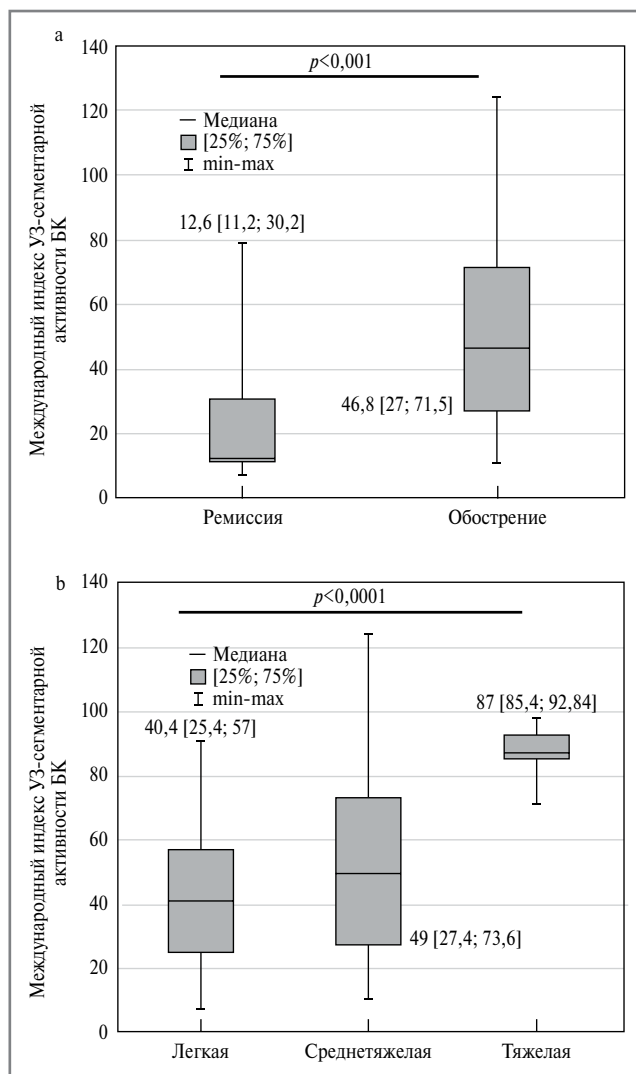


Рис. 5. Значение Международного индекса УЗ-сегментарной активности кишечного воспаления IBUS-SAS в зависимости: *a* – от стадии, *b* – активности БК.

Fig. 5. International Bowel Ultrasound Segmental Activity Score depending: *a* – on the stage; *b* – activity of CD.

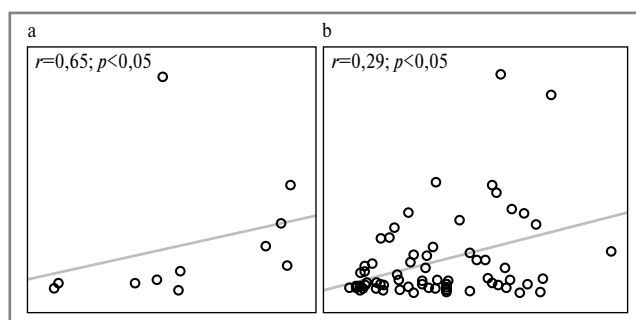


Рис. 6. Корреляционные связи значения Международного индекса УЗ-сегментарной активности кишечного воспаления при БК с уровнем: *a* – фекального кальпротектина; *b* – СРБ в крови.

Fig. 6. Correlations of the International Bowel Ultrasound Segmental Activity Score: *a* – in CD with the level of fecal calprotectin; *b* – the level of C-reactive protein in the blood.

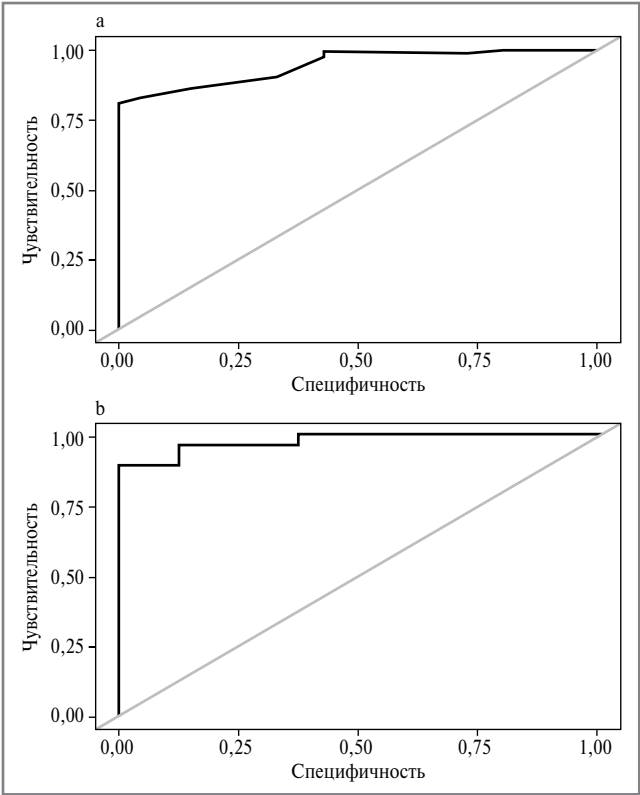


Рис. 7. ROC-кривая, характеризующая дискриминационную способность прогнозирования эндоскопической активности ЯК для разграничения обострения и ремиссии: *a* – УЗ-ТКС (AUC 0,945; 95% ДИ 0,904–0,986; $p<0,001$); *b* – индекса Миланских УЗ-критериев MUC (AUC 0,977; 95% ДИ 0,932–1,000; $p<0,001$).

Fig. 7. ROC curve characterizing the discriminatory ability of the ultrasound thickness of the intestinal wall the ability to predict the endoscopic activity of UC to differentiate between exacerbation and remission: *a* – ultrasound bowel wall thickness (AUC 0.945; 95% CI 0.904–0.986; $p<0.001$); *b* – the Milan ultrasound criteria score (AUC 0.977; 95% CI 0.932–1.000; $p<0.001$).

чески значимым предиктором эндоскопической активности БК для разграничения ремиссии и обострения (AUC 0,919, 95% ДИ 0,854–0,984; $p<0,001$). При пороговом значении 3 мм чувствительность составила 87,0%, специфичность – 71,4%, PPV – 92,2%, NPV – 58,8%. Индекс IBUS-SAS также стал статистически значимым предиктором эндоскопической активности для разграничения обострения и ремиссии БК (AUC 0,950; 95% ДИ 0,900–1,000; $p<0,001$). При пороговом значении 37,5 чувствительность составила 92,6%, специфичность – 61,5%, PPV – 62,5%, NPV – 92,3%. При анализе пороговых значений наибольшей чувствительности и специфичности соответствовал порог 45,2: чувствительность составила 92,6%, специфичность – 87,2%, PPV – 83,3%, NPV – 94,4% (табл. 4).

Обсуждение

УЗИ кишечника – неинвазивный воспроизводимый инструмент диагностики и мониторинга ВЗК [10]. Основной УЗ-критерий для оценки воспаления при ВЗК – ТКС [11, 12]. В нашем исследовании ТКС статистически значимо повышена при обострении ЯК (5,91 [4,87; 6,95] мм) по сравнению с ремиссией заболевания (2,9 [2; 3,1] мм; $p=0,005$). При этом отмечались статистически значимые

Таблица 3. Анализ дискриминационной способности индекса Миланских УЗ-критериев при ЯК, %
Table 3. Analysis of the discriminatory ability of the Milan ultrasound criteria score in UC, %

Порог	Se	Sp	PPV	NPV
9,00	59,3	100,0	100,0	42,1
7,04	88,9	100,0	100,0	72,7
6,20	88,9	87,5	96,0	70,0
5,18	96,3	87,5	96,3	87,5
4,76	96,3	62,5	89,7	83,3
4,62	100,0	62,5	90,0	100,0

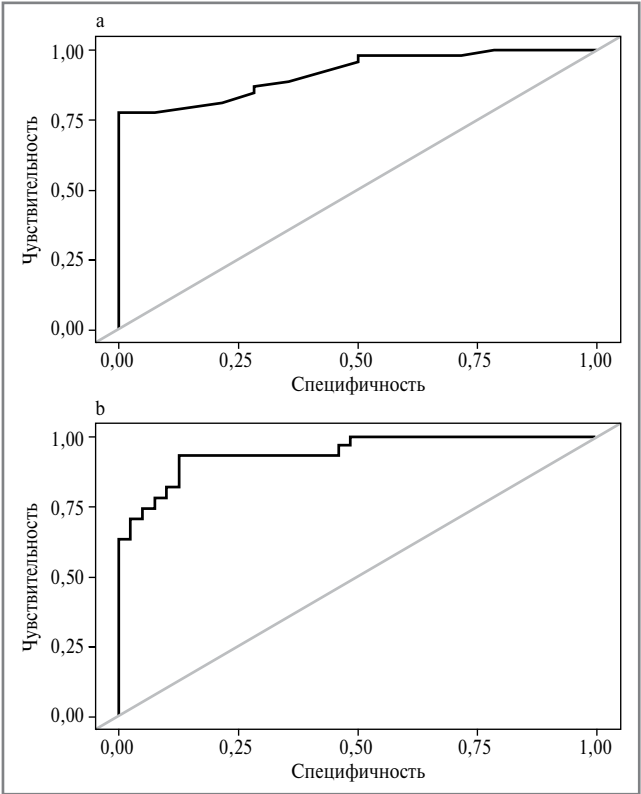


Рис. 8. ROC-кривая, характеризующая возможность прогнозирования эндоскопической активности БК для разграничения обострения и ремиссии: *a* – дискриминационная способность ТКС при БК (AUC 0,919; 95% ДИ 0,854–0,984; $p<0,001$); *b* – международный индекс УЗ-сегментарной активности кишечного воспаления IBUS-SAS (AUC 0,940; 95% ДИ 0,875–1,000; $p<0,001$).

Fig. 8. ROC curve characterizing: *a* – the discriminatory ability the ability to predict the endoscopic activity of CD to differentiate between exacerbation and remission: of the bowel wall thickness in CD (AUC 0.919; 95% CI 0.854–0.984, $p<0.001$); *b* – International Bowel Ultrasound Segmental Activity Score (AUC 0.940; 95% CI 0.875–1.000; $p<0.001$).

различия в зависимости от выраженности активности заболевания и ТКС. Это согласуется с литературными данными, где описаны корреляции ТКС с клинической активностью заболевания, СРБ, результатами эндоскопии [7].

Таблица 4. Анализ дискриминационной способности Международного индекса УЗ сегментарной активности кишечного воспаления при БК, %

Table 4. Analysis of the discriminatory ability of the International Bowel Ultrasound Segmental Activity Score in CD, %

Порог	Se	Sp	PPV	NPV
65,00	63,0	100,0	100,0	79,6
61,20	63,0	97,4	94,4	79,2
57,00	70,4	97,4	95,0	82,6
50,52	77,8	89,7	84,0	85,4
47,20	81,5	87,2	81,5	87,2
45,20	92,6	87,2	83,3	94,4
37,50	92,6	61,5	62,5	92,3
29,40	92,6	56,4	59,5	91,7
25,00	100,0	51,3	58,7	100,0

В двух случаях у пациентов с ремиссией ЯК определено УКС более 3 мм (3,1 и 3,4 мм) в области сигмовидной кишки. Следует отметить, что, согласно недавнему экспертному консенсусу, толщина стенки сигмовидной кишки в стадию ремиссии может быть до 4 мм за счет выраженности мышечного слоя, при этом другие УЗ-критерии активности должны отсутствовать [13]. Анализ диагностической ценности ТКС для разграничения обострения и ремиссии заболевания в нашем исследовании показал, что толщина стенки более 3 мм – чувствительный показатель (чувствительность – 90,5%, специфичность – 70,6%, PPV – 93,8%, NPV – 60,0%). По литературным данным УКС более 3 мм свидетельствует о воспалении с чувствительностью 89% и специфичностью 96% [10].

У 32 (97%) пациентов с обострением ЯК обнаружено усиление кровотока в стенке ободочной кишки, у пациентов в ремиссию патологическая васкуляризация не наблюдалась. По литературным данным оценка васкуляризации в некоторых случаях не считается надежной из-за особенностей телосложения пациента или технических факторов и может давать погрешность при обнаружении доплеровского сигнала в утолщенной кишке при активном воспалении [14].

Исследование подтверждает, что показатель ТКС или усиление кровотока по отдельности не могут быть надежными параметрами оценки активности ЯК. М. Аллоса и соавт. в 2018 г. разработали индекс MUC для оценки активности ЯК, в расчет которого включили ТКС и наличие кровотока при доплерографии. Значение MUC > 6,2, по данным авторов, может служить критерием активности ЯК [8]. В нашей работе у 31 (89%) пациентов при обострении MUC > 6,2 чувствительность составила 88,9%, специфичность – 87,5%. Анализ пороговых значений показал, что наибольшей диагностической ценностью обладал порог 5,18, при котором чувствительность составила 96,3%, специфичность – 87,5%, выше данного порога индекс MUC был у 34 (97%) пациентов с обострением ЯК. Колумбийские ученые также предложили изменить пороговое значение этого индекса: 4,025 (Se 77%, Sp 70%), который, по их мнению, можно считать лучшей точкой отсечения для различения активности и ремиссии [15]. Также мы выявили различия индекса MUC в зависимости от выраженности обострения: при тяжелой активности значение MUC выше,

чем при средней ($p > 0,05$) и легкой ($p = 0,03$) активности. При этом индекс MUC у наших пациентов статистически значимо коррелировал с эндоскопической активностью ЯК, уровнем СРБ в крови и СОЭ, что согласуется с данными литературы [8, 15].

При обострении БК мы выявили у 63 (98%) пациентов УКС, медиана которой была статистически значимо выше, чем в ремиссию БК ($p < 0,0001$). При тяжелой атаке УКС более выражено в сравнении со среднетяжелым ($p = 0,009$) и легким ($p = 0,00008$) обострением. Согласно рекомендациям EFSUMB клиническая активность заболевания при БК коррелирует с ТКС и может быть оценена с помощью УЗИ, но корреляция слабая [11]. При этом в ремиссию БК мы выявили УКС у 6 (60%) пациентов. По литературным данным улучшение или даже нормализация ТКС с использованием иммуносупрессивной терапии занимает много времени и происходит только у небольшого процента пациентов [11]. Мы установили, что для диагностики обострения ТКС более 3 мм имеет чувствительность 87,0%, специфичность – 71,4%, PPV – 92,2%, NPV – 58,8%. Последний метаанализ, который включал 15 проспективных исследований, показал, что пороговое значение 3 мм имело чувствительность и специфичность 89 и 96% соответственно, в то время как другие пороговые значения (4 мм или более) дали чувствительность 87% и специфичность 98% [11].

У 40 (62,5%) пациентов с активной БК мы выявили воспалительный («наползающий») брыжеечный жир. Гипертрофия мезентериальной жировой ткани вокруг пораженного кишечника, по данным литературы, выявляется чаще всего (у 40–50% пациентов) и отражает клиническую и биохимическую активность заболевания [11]. У 53 (82%) пациентов с обострением БК обнаружено усиление кровотока в стенке кишки, у пациентов в ремиссию васкуляризация не наблюдалась. Использование цветного доплера полезно для оценки активности БК, однако такая оценка васкуляризации стенки кишечника полуколичественная и не всегда отражает активность [11].

Основные осложнения БК – формирование стенозов, свищей и абсцессов, которые также определяются на УЗИ [16, 17]. Мы выявили у 13 (20%) пациентов стеноз кишки, у 2 (3%) – формирование инфильтрата, у 1 (1,5%) – свища. По литературным данным чувствительность УЗИ для обнаружения свища составляет 74%, специфичность – 95%, а для обнаружения стеноза тонкой кишки – чувствительность 80% и специфичность > 90%. Эти результаты в высокой степени сопоставимы с показателями компьютерной и магнитно-резонансной томографии (МРТ) [10].

Возможность УЗ-визуализации тонкой кишки позволяет выявить БК этой локализации [18]. Так, у двоих пациентов при УЗИ мы выявили поражение тощей кишки, что в последующем подтверждено МРТ-энтерографией. Последние рекомендации ECCO-ESGAR называют МРТ-энтерограф и УЗИ методами 1-й линии для оценки вовлеченности тонкой кишки при недавно диагностированной БК из-за их сопоставимой точности, отсутствия ионизирующего излучения и способности оценивать весь кишечник [7].

В 2021 г. экспертная группа определила 4 ключевых УЗ-параметра воспаления при БК: ТКС, дифференциация ее слоев, наличие кровотока при доплерографии и воспалительного брыжеечного жира. Эти УЗ-параметры коррелировали с клиническим индексом активности БК (CDAI) и включены в индекс IBUS-SAS с почти идеальным внутрикласовым коэффициентом корреляции ICC [0,97 (0,95–0,99; $p < 0,001$)] [9]. В нашей работе индекс IBUS-SAS статистически значимо выше показателя при ремиссии

($p=0,001$). При тяжелом обострении БК индекс IBUS-SAS выше, чем при легком ($p=0,0001$), коррелировал с эндоскопической активностью БК, уровнем фекального кальпротектина, лейкоцитов крови, СОЭ и СРБ.

В нашем исследовании при пороговом значении 37,5 индекс IBUS-SAS повышен у 40 (63%) пациентов с обострением БК. Его можно считать статистически значимым предиктором эндоскопической активности для разграничения обострения и ремиссии с чувствительностью 92,6%, специфичностью 61,5%, PPV 62,5%, NPV 92,3%. По результатам ROC-анализа для определения активной стадии мы предлагаем пороговое значение индекса 45,2, при котором чувствительность составила 92,6%, специфичность – 87,2%, PPV – 83,3%, NPV – 94,4%, что позволяет повысить специфичность. Литературные данные при этом противоречивы. По результатам работы K. Nagarajan и соавт. показатель IBUS-SAS более 37,5 выявил площадь под кривой 0,96 (95% ДИ 0,92–0,99) с чувствительностью 94% и специфичностью 91% для прогнозирования эндоскопической активности БК [19]. По данным других авторов значения IBUS-SAS не отличались между пациентами с активным или неактивным эндоскопическим заболеванием ($p=0,15$; 0,57 соответственно), имея плохую точность для корреляции с эндоскопической активностью илеита [14].

Заключение

В эпоху STRIDE-II, когда анализ эффективности терапии смещен с оценки заживления только слизистой оболочки на достижение трансмурального заживления, УЗИ кишечника считается информативным инструментом оценки активности воспаления всей кишечной стенки. При этом такое исследование неинвазивно, безопасно, широкодоступно и недорого, что обуславливает возможность его использования для контроля терапии пациентов с ВЗК. УЗ-индексы MUC и IBUS-SAS для оценки активности ЯК и БК, как количественные параметры, позволяют объективно оценить активность воспаления в кишечной стенке, коррелируя с лабораторной и эндоскопической активностью. Использование этих индексов повышает точность и воспроизводимость результатов УЗИ, при этом перспективны дальнейшие исследования с целью уточнения их пороговых значений для диагностики обострения заболевания.

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure of interest. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан «Научно-техническое развитие Республики Татарстан».

Funding source. The work was carried out with financial support from the grant of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, provided to young candidates of science (postdoctoral students) for the purpose of defending a doctoral dissertation, carrying out research work, and also performing work functions in scientific and educational organizations of the Republic of Tatarstan “Scientific and Technical Development of the Republic of Tatarstan”.

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ» (протокол №3 от 18.03.2025). Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

Compliance with the principles of ethics. The study protocol was approved by the local ethics committee (Kazan State Medical University, Minutes No. 3 dated 18.03.2025). Approval and protocol procedure was obtained according to the principles of the Declaration of Helsinki.

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

Благодарность. Авторы выражают благодарность Миннемуллину Булату Мансуровичу за разработку сайта калькулятора Миланских ультразвуковых критериев.

Acknowledgments. The authors express their gratitude to Bulat Mansurovich Minnemullin for developing the Milan ultrasound criteria calculator website.

Список сокращений

БК – болезнь Крона
ВЗК – воспалительное заболевание кишечника
ДИ – доверительный интервал
МРТ – магнитно-резонансная томография
СОЭ – скорость оседания эритроцитов
СРБ – С-реактивный белок
ТКС – толщина кишечной стенки
УЗ – ультразвуковой
УЗИ – ультразвуковое исследование
УКС – утолщение кишечной стенки
ЯК – язвенный колит

IBUS-SAS (International Bowel Ultrasound Segmental Activity Score) – Международный индекс ультразвуковой сегментарной активности кишечного воспаления
MUC (Milan ultrasound criteria) – индекс Миланских ультразвуковых критериев
NPV (Negative Predictive Value) – отрицательная прогностическая ценность
PPV (Positive Predictive Value) – положительная прогностическая ценность
Se – чувствительность
Sp – специфичность

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Маев И.В., Бакулин И.Г., Скалинская М.И., Сказываева Е.В. Воспалительные заболевания кишечника: трансформация представлений. *Терапевтический архив*. 2023;95(12):1064-74 [Maev IV, Bakulin IG, Skalinskaya MI, Skazyvaeva EV. Inflammatory bowel diseases: Transformation of representations. A review. *Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.)*. 2023;95(12):1064-74 (in Russian)]. DOI:10.26442/00403660.2023.12.202507
2. Шелыгин Ю.А., Ивашкин В.Т., Белоусова Е.А., и др. Язвенный колит (K51), взрослые. *Колонпроктология*. 2023;22(1):10-44 [Shelygin YuA, Ivashkin VT, Belousova EA, et al. Ulcerative colitis (K51), adults. *Koloproktologia*. 2023;22(1):10-44 (in Russian)]. DOI:10.33878/2073-7556-2023-22-1-10-44
3. Шелыгин Ю.А., Ивашкин В.Т., Ачкасов С.И., и др. Клинические рекомендации. Болезнь Крона (K50), взрослые. *Колонпроктология*. 2023;22(3):10-49 [Shelygin YuA, Ivashkin VT, Achkasov SI, et al. Clinical guidelines. Crohn's disease (K50), adults. *Koloproktologia*. 2023;22(3):10-49 (in Russian)]. DOI:10.33878/2073-7556-2023-22-3-10-49
4. Ломкина Е.Ю., Будзинская А.А., Белоусова Е.А., Терещенко С.Г. Роль уточняющих эндоскопических методик в определении степени активности у пациентов с воспалительными заболеваниями кишечника. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2024;225(5):43-50 [Lomakina EYu, Budzinskaya AA, Belousova EA, Tereschenko SG. The role of clarifying endoscopic techniques in determining the degree of activity in patients with inflammatory bowel diseases. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2024;225(5):43-50 (in Russian)]. DOI:10.31146/1682-8658-ecg-225-5-43-50
5. Nylund K, Maconi G, Hollerweger A, et al. EFSUMB Recommendations and Guidelines for Gastrointestinal Ultrasound – Part 1: Examination Techniques and Normal Findings (Short version). *Ultraschall in Med*. 2017;38(3):1-15. DOI:10.1055/s-0042-115853
6. Turner D, Ricciuto A, Lewis A, et al. STRIDE-II: An Update on the Selecting Therapeutic Targets in Inflammatory Bowel Disease (STRIDE) Initiative of the International Organization for the Study of IBD (IOIBD): Determining Therapeutic Goals for Treat-to-Target strategies in IBD. *Gastroenterology*. 2021;160(5):1570-83. DOI:10.1053/j.gastro.2020.12.031
7. Sturm A, Maaser C, Calabrese E, et al. ECCO-ESGAR Guideline for Diagnostic Assessment in IBD Part 2: IBD scores and general principles and technical aspects. *J Crohns Colitis*. 2019;13(3):273-84. DOI:10.1093/ecco-jcc/jjy114
8. Allocca M, Filippi E, Costantino A, et al. Milan ultrasound criteria are accurate in assessing disease activity in ulcerative colitis: external validation. *United European Gastroenterol J*. 2021;9(4):438-42. DOI:10.1177/2050640620980203
9. Novak KL, Nylund K, Maaser C. Expert Consensus on Optimal Acquisition and Development of the International Bowel Ultrasound Segmental Activity Score [IBUS-SAS]: A Reliability and Inter-rater Variability Study on Intestinal Ultrasonography in Crohn's Disease. *J Crohns Colitis*. 2021;15(4):609-16. DOI:10.1093/ecco-jcc/jjaa216
10. Krugliak CN, St-Pierre J, Kellar A, Rubin DT. Clinical Application of Intestinal Ultrasound in Inflammatory Bowel Disease. *Curr Gastroenterol Rep*. 2024;26(2):31-40. DOI:10.1007/s11894-024-00915-x
11. Maconi G, Nylund K, Ripolles T, et al. EFSUMB Recommendations and Clinical Guidelines for Intestinal Ultrasound (GIUS) in Inflammatory Bowel Diseases. *Ultraschall Med*. 2018;39(3):304-17. DOI:10.1055/s-0043-125329
12. Синельникова Е.В., Столова Э.Н., Синецкая А.В., Крашенинникова Н.В. Возможности трансбdomинального ультразвукового сканирования при воспалительных заболеваниях кишечника. *Визуализация в медицине*. 2023;5(2):25-31 [Sinelnikova EV, Stolova EN, Sinititsyna AV, Krashenninnikova NV. Value of transabdominal bowel ultrasonography in inflammatory diseases. *Visualization in medicine*. 2023;5(2):25-31 (in Russian)]. EDN: GGTVWA
13. Ilvemark J, Hansen T, Goodsall TM, et al. Defining Transabdominal Intestinal Ultrasound Treatment Response and Remission in Inflammatory Bowel Disease: Systematic Review and Expert Consensus Statement. *J Crohns Colitis*. 2022;16(4):554-80. DOI:10.1093/ecco-jcc/jjab173
14. Freitas M, de Castro FD, Macedo SV, et al. Ultrasonographic scores for ileal Crohn's disease assessment: Better, worse or the same as contrast-enhanced ultrasound? *BMC Gastroenterol*. 2022;22(1):252. DOI:10.1186/s12876-022-02326-6
15. Parra Izquierdo LV, Vargas M, Frias-Ordoñez J. Experience with the use of intestinal ultrasound and application of the Milan Ultrasound Criteria in Colombian patients with ulcerative colitis. *J Crohns Colitis*. 2024;18:834. DOI:10.1093/ecco-jcc/jjad212.0530
16. Dong J, Wang H, Zhao J, et al. Ultrasound as a diagnostic tool in detecting active Crohn's disease: a meta-analysis of prospective studies. *Eur Radiol*. 2014;24(1):26-33. DOI:10.1007/s00330-013-2973-0
17. Самсонова Т.В., Орлова Л.П. Роль ультразвукового исследования в диагностике осложнений болезни Крона тонкой кишки. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2015;5S:155a [Samsonova TV, Orlova LP. The role of ultrasound examination in the diagnosis of complications of Crohn's disease of the small intestine. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2015;5S:155a (in Russian)]. EDN: VPLBYH
18. Stenczel ND, Purcarea MR, Tribus LC, Oniga GH. The role of the intestinal ultrasound in Crohn's disease diagnosis and monitoring. *J Med Life*. 2021;14(3):310-5. DOI:10.25122/jml-2021-0067
19. Nagarajan KV, Yelsangikar A, Nagar A, Bhat N. External validation of Intestinal Ultrasound score: IBUS-SAS with clinical (CDAI), biomarkers and endoscopic scoring system (SES-CD). *J Crohns Colitis*. 2024;18:517-8. DOI:10.1093/ecco-jcc/jjad212.0329

Статья поступила в редакцию / The article received: 08.04.2025