

<https://doi.org/10.30946/2219-4061-2019-9-1-17-36>



ПОТЕНЦИАЛ МЕТОДОВ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ СИНДРОМЕ КОРОТКОЙ КИШКИ У ДЕТЕЙ*

Хасанов Р.Р.^{1,3}, Вайс М.², Гумеров Р.А.¹, Гумеров А.А.¹, Вессель Л.М.³

¹Кафедра детской хирургии с курсом ИДПО, Башкирский государственный медицинский университет, Россия 450015 г. Уфа, ул. Ленина 3

²Институт клинической радиологии и ядерной медицины, Университетская клиника Маннгейм, Университет Гайдельберг, Германия, Germany 68167 Mannheim Theodor-Kutzer-Ufer 1–3

³Клиника детской хирургии Университетская клиника Маннгейм, Университет Гайдельберг, Германия, Germany 68167 Mannheim Theodor-Kutzer-Ufer 1–3

Резюме

Цель. На протяжении многих лет для диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта у детей успешно применяются такие методы, как ультразвуковое исследование (УЗИ), рентгеноконтрастное исследование (РКИ) и магнитно-резонансная томография (МРТ). Несмотря на длительный опыт применения УЗИ, РКИ и МРТ для исследования тонкой кишки, не определена их диагностическая значимость при синдроме короткой кишки с учетом оценки преимуществ и недостатков этих методов. В связи с этим целью нашего исследования явилось определение роли каждого из этих методов для оценки и мониторинга состояния пациента, диагностики осложнений у пациентов при синдроме короткой кишки. **Методы.** Для определения возможностей УЗИ, РКИ и МРТ в диагностике патологических состояний при синдроме короткой кишки нами обследованы пациенты, которым в рамках предоперационной подготовки к удлиняющим операциям на тонкой кишке проводились УЗИ, РКИ и МРТ

кишечника. С целью оценки диагностической эффективности вышеописанных методов при синдроме короткой кишки, нами проведено сопоставление результатов исследований с данными, полученными в ходе хирургической операции. **Результаты.** УЗИ является оптимальной скрининговой методикой для пациентов с синдромом короткой кишки. РКИ дает возможность достаточно хорошо изучать морфологию тонкой кишки и ее транспортную функцию. МРТ является методом, позволяющим наиболее точно оценить морфологию тонкой кишки.

Заключение. УЗИ, РКИ и МРТ органов брюшной полости являются эффективными методами исследования тонкой кишки при синдроме короткой кишки, каждый из которых имеет свои сильные и слабые стороны. Однако правильное применение комбинации этих методов исследования позволяет провести комплексную диагностику изменений при синдроме короткой кишки и принять адекватные и своевременные действия относительно дальнейшей тактики лечения пациента.

Ключевые слова: синдром короткой кишки, кишечная недостаточность, ультразвуковое исследование (УЗИ), рентгеноконтрастное исследование (РКИ) и магнитная резонансная томография (МРТ), дети

Для цитирования: Хасанов Р.Р., Вайс М., Гумеров Р.А., Гумеров А.А., Вессель Л.М. Потенциал методов лучевой диагностики при синдроме короткой кишки у детей. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2019; 9(1): 17–36.

<https://doi.org/10.30946/2219-4061-2019-9-1-17-36>

Для корреспонденции: Хасанов Расуль Ринатович, Россия, 450015 г. Уфа, ул. Ленина 3. E-mail: rasul222@mail.ru, тел: +7(987)624–35–42.

Получена: 23.11.2018. Принята к печати: 10.03.2019.

Информация о финансировании и конфликте интересов

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

Источник финансирования не указан.

* Перевод с английского языка. Оригинал на стр. 28.

POTENTIAL OF RADIODIAGNOSTIC METHODS FOR SMALL INTESTINE EXAMINATION IN THE CONTEXT OF SHORT BOWEL SYNDROME IN CHILDREN

Rasul R. Khasanov^{1,3}, Meike Weis², Ramil A. Gumerov¹, Aitbai A. Gumerov¹, Lucas M. Wessel³

¹Department of Pediatric Surgery course at ICPE, Bashkir State Medical University, Lenina st. 3, Ufa, Russia, 450015

²Institute of Clinical Radiology and Nuclear Medicine, University Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Germany; Germany 68167 Mannheim, Theodor-Kutzer-Ufer 1–3

³Department of Pediatric Surgery University Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Germany; Germany 68167 Mannheim, Theodor-Kutzer-Ufer 1–3

Abstract

Objective. For many years such diagnostic techniques as ultrasonography (U/S), contrast radiography (CR) and magnetic resonance imaging (MRI) have been successfully applied for the diagnosis of gastrointestinal diseases in children. Despite the long experience with U/S, CR and MRI for small intestine examinations, their diagnostic yield is yet not defined in the context of the short bowel syndrome considering the evaluation of advantages and disadvantages of these methods. In this regard, the purpose of our research was to define the role of each of these methods as a matter of assessing and monitoring patients' condition as well as diagnosis of complications in patients with short bowel syndrome. **Methods.** To determine the opportunities of U/S, CR and MRI diagnostics for detection of malconditions in cases of short bowel syndrome we examined patients who had undergone ultrasound, CR and MRI of the intestinal tract as part of preoperative preparation for elongation of small

intestine. In order to assess the diagnostic efficacy of aforementioned methods in the context of short bowel syndrome research results were compared with data obtained during surgery. **Results.** Ultrasonography (U/S) is considered to be the best screening technique for patients with SBS. Contrast radiography (CR) provides an opportunity to research the morphology of small intestine and its transport function quite thoroughly. Magnetic resonance imaging (MRI) is a method which allows one to give the best possible estimate of morphology of small intestine. **Conclusion.** U/S, CR and MRI of abdominal cavity organs are effective methods when it comes to the examination of small intestine in short bowel syndrome; each of these screening techniques has its own strengths and weaknesses. However, a proper combination of these methods should be applied, as it allows one to perform a comprehensive diagnosis of changes in short bowel syndrome and to take appropriate and timely actions regarding further patients' treatment.

Keywords: short bowel syndrome, intestinal failure, ultrasonography (U/S), contrast radiography (CR) and magnetic resonance imaging (MRI), children

For citation: Rasul R. Khasanov, Meike Weis, Ramil A. Gumerov, Aitbai A. Gumerov, Lucas M. Wessel

Potential of radiodiagnostic methods for small intestine examination in the context of short bowel syndrome in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2019; 9(1): 17–36. <https://doi.org/10.30946/2219-4061-2019-9-1-17-36>

For correspondence: Khasanov Rasul Rinatovich, Lenina st. 3, Ufa, Russia, 450015. E-Mail: rasul222@mail.ru, tel. +7(987)624-35-42

Received: 23.11.2018. Adopted for publication: 10.03.2019.

Information on funding and conflict of interest

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article. Source of funding is not specified

Введение

Синдром короткой кишки (СКК) – это тяжелое жизнеугрожающее заболевание, развивающееся в результате массивной резекции тонкой кишки. Ведущим патофизиологическим процессом при СКК является кишечная недостаточность [1–3].

В связи с потерей функциональной активности кишки, у пациентов с СКК компенсаторно развивается кишечная адаптация, включающая в себя ряд функциональных и структурных изменений кишечника, приводящих к увеличению всасывающей способности тонкой кишки [4, 5]. Модификация

слизистой тонкой кишки проявляется пролиферацией энтероцитов, увеличением высоты ворсинок и глубины крипт, а также гипертрофией гладких мышц. Однако адаптация кишечника может оказаться недостаточной и неадекватной [4]. Так, у некоторых больных с СКК развиваются чрезмерное расширение и нарушение моторики тонкой кишки, что в свою очередь, может приводить к застою кишечного содержимого, росту патогенных бактерий и снижению абсорбции питательных веществ. Кроме того, после резекции в оставшемся участке тонкой кишки могут развиваться стенозы, свищи, воспалительные изменения стенки кишки и др.

Исследование тонкой кишки у детей сопряжено с большими трудностями, так как данный отдел тонкой кишки труднодоступен для инструментальных методов исследования [6]. В связи с этим, в настоящее время, для исследования тонкой кишки у детей, в том числе и при СКК, наряду с эндоскопическими методами, активно используется лучевая диагностика, которая позволяет своевременно распознать расширение тонкой кишки, выявить причины нарушения пассажа кишечного содержимого, а также выявить показания к хирургическому лечению, спланировать тип и объем оперативного вмешательства.

На протяжении многих лет для диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) у детей успешно применяются такие методы, как ультразвуковое исследование (УЗИ) [7, 8], рентгеноконтрастное исследование кишечника (РКИ) [9, 6] и магнитнорезонансная томография (МРТ) [10, 11, 12]. Однако в доступной нам литературе до сих пор не освещены возможности применения методов лучевой диагностики у пациентов с СКК. Несмотря на длительный опыт применения УЗИ, РКИ и МРТ, для исследования тонкой кишки не определена их диагностическая значимость при СКК с учетом оценки преимуществ и недостатков этих методов.

Таким образом, анализ литературных данных свидетельствует о возможном потенциале использования УЗИ, РКИ и МРТ у детей с СКК. В связи с этим целью нашего исследования явилось определение роли каждого из этих методов для оценки и мониторинга состояния пациента, диагностики осложнений у пациентов с СКК.

Материалы и методы

Для определения возможностей УЗИ, РКИ и МРТ в диагностике патологических состояний

при СКК нами обследовано 8 пациентов в возрасте от 1 года до 13 лет, которым в рамках предоперационной подготовки к удлиняющим операциям на тонкой кишке проводились УЗИ, РКИ и МРТ кишечника.

С целью оценки диагностической эффективности вышеописанных методов при СКК проведено сопоставление результатов исследований с данными, полученными в ходе хирургической операции и принятыми за стандарт, с которым в дальнейшем сравнивались остальные показатели.

УЗИ выполнялось на аппаратах Philips iU22 и Philips HD11XE. Сканирование проводилось конвексным и линейным датчиками в диапазоне частот 5–12 МГц при положении ребенка лежа на спине.

Для РКИ использовался аппарат Siemens Luminos Agile. Во время исследования пациент выпивал контраст Visiraque. При этом рентгеновские снимки делали во время введения контраста, а также через 15 минут, 45 минут, 1 час, 2 часа и 4 часа.

МРТ выполнялась на томографе MR SIEMENS AVANTO с напряженностью магнитного поля 1,5 Т. Важную роль в обследовании занимала подготовка пациента к исследованию. Если пациент был старше 8 лет и мог в течение 45 минут неподвижно лежать в аппарате МРТ, ему проводилось стандартное обследование по методике гидро-МРТ: пациент за 1 час до проведения исследования выпивал 1–1,5 литра раствора Маннитола, который состоял из 2,5 мл Маннитола, разведенного в 1,5 литре питьевой воды. Для внутривенного контрастирования использовался контрастный препарат Дотарем в дозе 1 мл/кг веса.

Использовались следующие параметры сканирования:

HASTE tra fs

HASTE cor

3D Trufi

DWI

VIBE cor nativ

Пациенту внутривенно вводится контрастное вещество (Дотарем 0,1 мл/кг) T1 VIBE cor Dynamik

T1 VIBE tra

T1 tse fs (таз).

Если возраст пациента был меньше 8 лет и пациент не мог спокойно лежать в течение 45 минут в аппарате МРТ, исследование проводилось под наркозом, который осуществлялся анестезиологом

Таблица 1. Результаты обследования длины тонкой кишки у пациентов с СКК
Results of intestinal length measurement (small bowel) in patients with SBS

	Длина тонкой кишки, см					
	до 30		от 30 до 70		более 70	
Полученные результаты	ИП	ЛО	ИП	ЛО	ИП	ЛО
Ультразвуковое исследование	0	2	0	1	0	3
Рентгеноконтрастное исследование	2	0	1	0	0	3
Магнитно-резонансная томография	2	0	1	0	0	3

Таблица 2. Чувствительность лучевых методов исследования при измерении длины тонкой кишки при синдроме короткой кишки
Sensitivity of radiodiagnostic methods in measuring the length of small intestine for patients with short bowel syndrome

Длина тонкой кишки, см	УЗИ	РКИ	МРТ
До 30	Низкая	Высокая	Высокая
От 30 до 70	Низкая	Средняя	Средняя
Более 70	Низкая	Низкая	Низкая

путем внутривенного введения Пропофола. В ходе подготовки к наркозу по рекомендации анестезиолога пациент не принимал воду, в течение 2 часов и пищу, в течение 6 часов (в том числе раствор Маннитола). Несмотря на то, что при данном варианте исследования не применялся контраст (раствор Маннитола), сканирование проводилось по методике гидро-МРТ с параметрами, использованными для стандартной методики.

В связи с небольшим количеством наблюдений мы оценивали чувствительность, специфичность и точность не в процентах, а в градациях: высокая, средняя, низкая. Чувствительность и специфичность определялись как высокая при показателе 100–68%, средняя при показателе 67–34%, низкая при показателе 33–0%.

Чувствительность = $[(ИП/(ИП+ЛО))] \times 100\%$

Специфичность = $[(ИО/(ИО+ЛП))] \times 100\%$, где

ИП- истинно положительные результаты,

ИО- истинно отрицательные результаты,

ЛП- ложно положительные результаты,

ЛО- ложно отрицательные результаты

Чувствительность характеризует долю правильного выявления изучаемой патологии. Специфичность характеризует, в каком проценте метод позволяет правильно определить отсутствие патологического процесса.

Результаты исследования

В ходе работы нами исследовались следующие параметры: длина и диаметр (расширение) тонкой кишки, а также способность данных методов исследования определять наличие стенозов кишечника.

На первом этапе мы исследовали точность УЗИ, РКИ и МРТ при изучении длины тонкой кишки. Высокоточным считался результат, если длина тонкой кишки, измеренная методами лучевой диагностики, совпадала с истинными показателями, определенными в ходе операции, при этом допустимыми считались колебания ± 15 см. Средней точностью считался результат, если длина тонкой кишки, измеренная методами лучевой диагностики, совпадала с истинными показателями, определенными в ходе операции, при этом допустимыми считались колебания ± 25 см. Низкой точностью считался результат, если отклонения от длины тонкой кишки, измеренной методами лучевой диагностики составляли более 25 см (См. табл. 1).

При расчете точности методов было установлено, что УЗИ обладает низкой точностью при определении длины тонкой кишки (см. табл. 2). Так, ни у одного пациента нам не удалось правильно измерить длину тонкой кишки. В то же время РКИ и МРТ показали сходные результаты и оказались одинаково точны при проведении данного исследо-

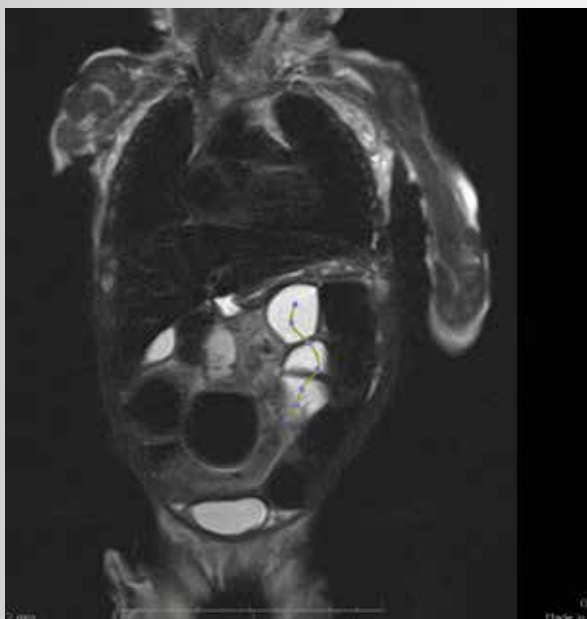


Рис. 1. Гидро-МРТ у пациента с синдромом короткой кишки. Показан процесс измерения длины тонкой кишки, которая составляет у обследуемого пациента 30 см
Hydro-MRI of a patient with short bowel syndrome. It shows the process of measuring the length of small intestine, which makes up 30 cm in the patient examined.



Рис. 2. Рентгеноконтрастное исследование (РКИ) тонкой кишки у пациента с синдромом короткой кишки. Измерение длины тонкой кишки у пациента 70 см тонкой кишки.
Contrast radiography (CR) of small intestine in a patient with short bowel syndrome. Measuring the length of small intestine. The patient has 70 cm of small intestine.

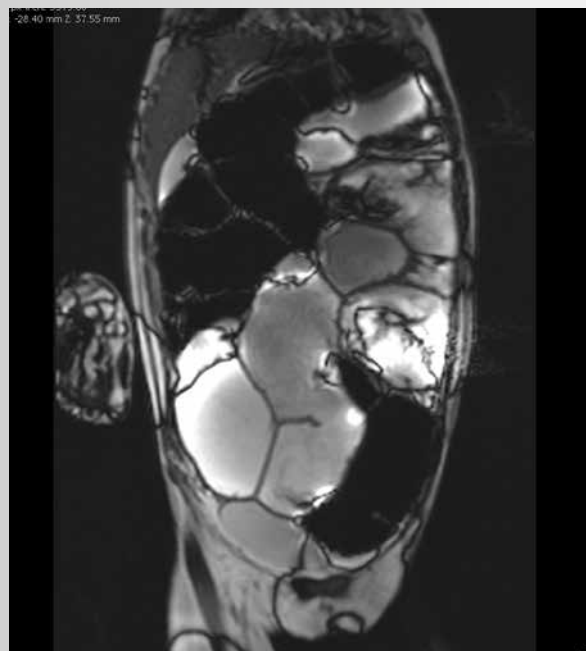


Рис. 3. Гидро-МРТ у пациента с синдромом короткой кишки. Измерение длины тонкой кишки. У пациента длина тонкой кишки составляет 150 см. Измерение длины затруднительно.
Hydro-MRI in a patient with short bowel syndrome. Measuring the length of small intestine. The patient has 150 cm of small intestine. The length measurement process is very difficult.

Таблица 3. Результаты выявления дилатации тонкой кишки у пациентов с СКК
Results of detection of small intestine dilatation in patients with SBS

Методы исследования	Результаты			
	ИП	ИО	ЛО	ЛП
Ультразвуковое исследование	5	0	1	0
Рентгеноконтрастное исследование	6	0	0	0
Магнитно-резонансная томография	6	0	0	0

вания. Особого внимания заслуживает тот факт, что чувствительность РКИ и МРТ напрямую зависит от длины тонкой кишки. Так, при длине тонкой кишки до 30 см (см. рис. 1) точность РКИ и МРТ высокая, при длине тонкой кишки от 30 до 70 см – средняя (см. рис. 2), при длине тонкой кишки более 70 см – низкая (см. рис. 3).



Рис. 4. Ультразвуковое исследование органов брюшной полости при синдроме короткой кишки. Продольное сечение тонкой кишки
Ultrasound examination of abdominal cavity organs in case of short bowel syndrome. Longitudinal section of small intestine



Рис. 5. Ультразвуковое исследование органов брюшной полости при синдроме короткой кишки. Поперечное сечение тонкой кишки
Ultrasound examination of abdominal cavity organs in case of short bowel syndrome. Cross section of small intestine

На следующем этапе исследования нами оценивалась чувствительность методов при диагностике дилатации тонкой кишки.

Истинно положительным (ИП) считался результат, если удавалось выявить дилатацию тонкой кишки как в ходе исследования пациента с использованием методов лучевой диагностики, так и во время оперативного лечения.

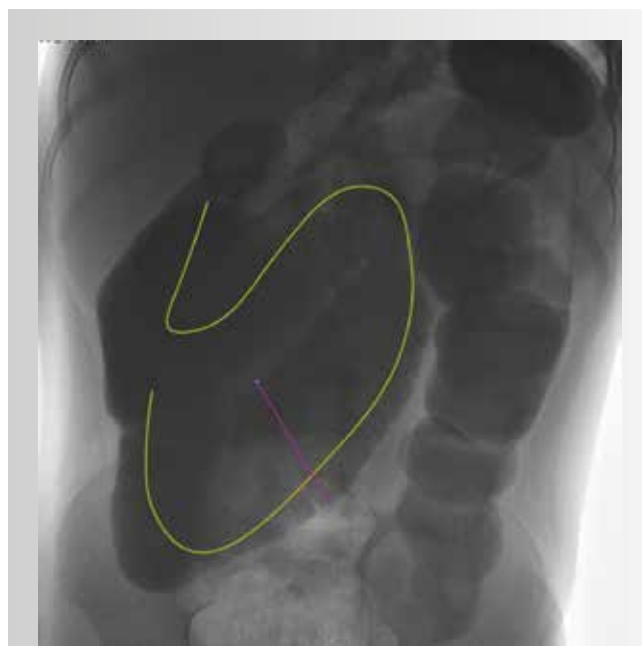


Рис. 6. Рентгеноконтрастное исследование органов брюшной полости у пациента с синдромом короткой кишки
Contrast radiography of abdominal cavity organs in a patient with short bowel syndrome

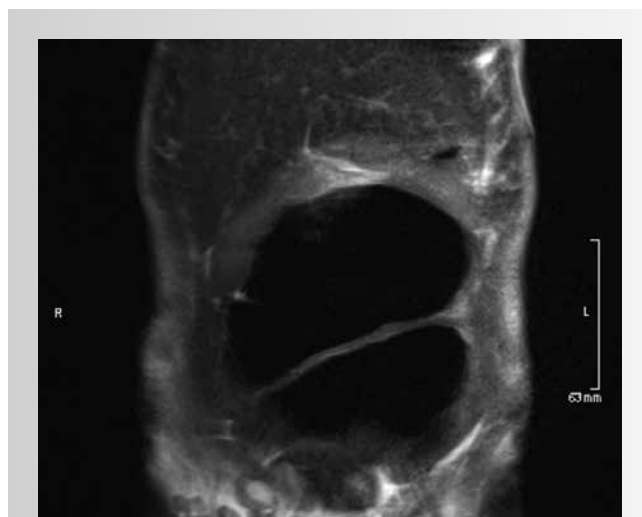


Рис. 7. Гидро-MPT у пациента с синдромом короткой кишки. Во фронтальной плоскости видна расширенная петля тонкой кишки
Hydro-MRI of a patient with short bowel syndrome. In the frontal view a dilated loop of small intestine is recognizable

Если не выявлялась дилатация тонкой кишки как при обследовании, так и при лапаротомии, то результаты относили к истинно отрицательным (ИО).

Результат оценивался как ложно отрицательный (ЛО), если дилатация тонкой кишки не выявлялась

Таблица 4. Результаты определения стенозов кишечника у пациентов с СКК
Results of intestinal stenosis in patients with SBS

Методы исследования	Результаты			
	ИП	ИО	ЛО	ЛП
Ультразвуковое исследование	0	3	3	0
Рентгенконтрастное исследование	2	3	1	0
Магнитно-резонансная томография	2	4	0	0

Таблица 5. Чувствительность и специфичность методов лучевой диагностики при определении стенозов кишечника у пациентов с СКК
Sensitivity, specificity and accuracy of radiodiagnostic methods while diagnosing intestinal stenosis in patients with SBS

Показатели	УЗИ	РКИ	МРТ
Чувствительность	Низкая	Высокая	Высокая
Специфичность	Высокая	Высокая	Высокая

методами лучевой диагностики и диагностировалась при лапаротомии.

Ложно положительным (ЛП) считался результат, если дилатация тонкой кишки определялась при исследованиях методами лучевой диагностики и отсутствовала при лапаротомии (см. табл. 3).

С помощью УЗИ можно было хорошо идентифицировать наличие дилатации кишечника, однако описать протяженность и форму дилатации оказалось невозможным (см. рис. 4, рис. 5). При определении дилатации тонкой кишки одинаково хорошо себя показали РКИ и МРТ. Кроме того, с помощью этих методов можно было полноценно охарактеризовать дилатацию, ее форму, протяженность и местонахождение (см. рис. 6, рис. 7, рис. 8). Таким образом, чувствительность всех лучевых методов исследования при определении дилатации тонкой кишки была высокой.

Следующим этапом нашей работы явилась верификация стенозов кишечника.

Истинно положительным (ИП) считался результат, если с помощью лучевых методов исследования удавалось диагностировать стеноз кишечника, определяемый также и при оперативном лечении.

Результат оценивался как истинно отрицательный (ИО) при отсутствии стеноза кишечника как при предварительном обследовании пациента, так и при лапаротомии.

В случаях, когда при проведении лучевой диагностики стеноз кишечника не определялся и выявлялся при лапаротомии, результаты относили к ложно отрицательным (ЛО).

Ложно положительным (ЛП) считался результат, когда стеноз определялся при лучевых методах исследования и отсутствовал при лапаротомии (см. табл. 4).

Чувствительность УЗИ для идентификации стенозов оказалась низкой (см. табл. 5). Стеноз на УЗИ можно было заподозрить только в том случае, если имелась зона дилатации, за которой следовали коллабированные петли кишечника, в то же время специфичность и точность были высокими.

При помощи РКИ и МРТ стенозы можно было идентифицировать с высокой степенью чувствительности, специфичности и точности. Благодаря высокой контрастности мягких тканей и возможности обработки изображений в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, МРТ показал более высокую чувствительность для верификации стенозов (см. рис. 9, рис. 10). Чувствительность РКИ уступала МРТ так как в случае, если контрастированные петли тонкой кишки наслаивались друг на друга, то возможность определения морфологических и структурных особенностей тонкой кишки была ограничена, что повышает риск диагностических ошибок (см. рис. 11).

Обсуждение

УЗИ брюшной полости является широко распространенным и доступным методом исследования, позволяющим изучать как паренхиматозные, так и полые органы, определять свободную жидкость и воздух в брюшной полости, заподозрить не-

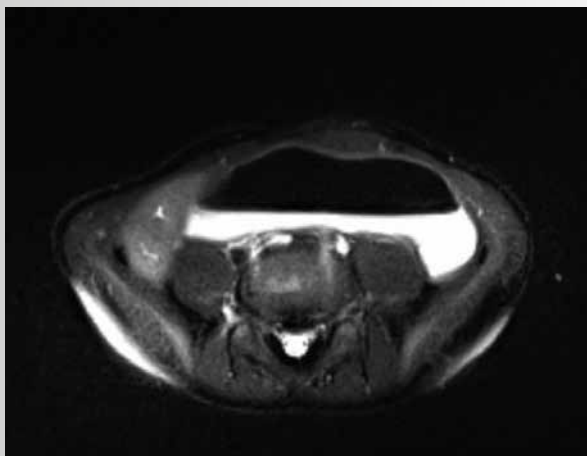


Рис. 8. Гидро-МРТ у пациента с синдромом короткой кишки. В горизонтальной плоскости видна расширенная петля тонкой кишки.
Hydro-MRI in a patient with short bowel syndrome. In the horizontal view a dilatated loop of small intestine is recognizable

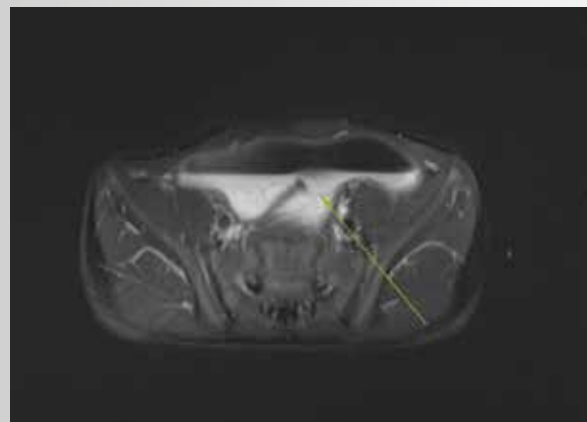


Рис. 10. Гидро-МРТ у пациента с синдромом короткой кишки. В горизонтальной плоскости определяется расширенная петля тонкой кишки
Hydro-MRI of a patient with short bowel syndrome. In the horizontal view a dilatated loop of small intestine is recognizable

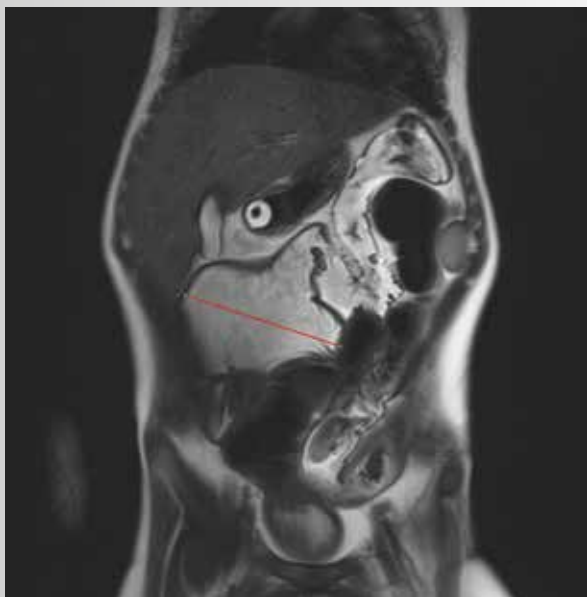


Рис. 9. Гидро-МРТ у пациента с синдромом короткой кишки. Во фронтальной плоскости определяется расширенная петля тонкой кишки
Hydro-MRI of a patient with short bowel syndrome. In the frontal view a dilatated loop of small intestine is recognizable



Рис. 11. Обзорная рентгенография органов брюшной полости через 45 минут после введения контрастного вещества. Наслаивающиеся петли тонкой кишки не позволяют отчетливо визуализировать тонкую кишку.
Plain abdominal radiography 45 minutes after the intake of contrast agent. Overlapped small bowel loops make proper examination of small bowel impossible

проходимость кишечника, диагностировать острый аппендицит, дивертикулит, псевдомембранозный колит, туберкулез кишечника, болезнь Крона, опухоли толстой кишки и др. [7]. Отсутствие вредного излучения, необходимости в седации пациента, а также относительная дешевизна метода делают

УЗИ предпочтительным и первоначальным исследованием в педиатрической практике [8]. В отличие от УЗИ, при рентгенологических исследованиях кишечника пациенты подвергаются облучению. Кроме того, имеются дополнительные риски, связанные с введением контрастных веществ [13]. Эндоскопическое обследование кишечника представляет собой инвазивную методику, которая требует

предварительной подготовки пациента, в том числе его седацию. Наряду с этим имеется риск травмирования кишечника и определенные противопоказания к применению метода.

К недостаткам УЗИ следует отнести зависимость полученных результатов от опыта и навыков оператора, а также технические сложности выполнения исследования у тучных больных и пациентов с метеоризмом [14]. Этот метод исследования не позволяет описать дилатацию кишечника (протяженность, форму, отдел кишечника, в котором выявлена дилатация). Кроме того, при помощи УЗИ невозможно измерить длину тонкой кишки и достаточно сложно выявить стенозы.

Достоинствами данного метода являются высокая чувствительность при диагностике дилатации кишечника, возможность изучения морфологической структуры кишечной стенки и перистальтики кишечника. Наряду с этим УЗИ позволяет изучать паренхиматозные органы брюшной полости, что является очень важным преимуществом метода, так как пациенты с СКК подвержены риску поражения печени, развития нефрокальциноза и т.д. В режиме доплеровского сканирования с помощью УЗИ можно оценить состояние сосудов брюшной полости и кровоснабжение органов. Таким образом, в руках опытного оператора УЗИ является достаточно точным методом и может быть использовано для мониторинга пациентов с синдромом короткой кишки.

РКИ является методом, который хорошо выявляет дилатацию кишки. Однако при помощи РКИ, в отличие от УЗИ, можно более детально охарактеризовать дилатацию с описанием ее протяженности, формы, местоположения. Кроме того, при РКИ достаточно хорошо выявляются стенозы. Одним из интересных фактов, установленных в ходе нашего исследования, является то, что точность определения длины тонкой кишки зависит от ее длины. Чем короче кишечник, тем точнее измерения при использовании РКИ. В связи с этим при условии наличия у пациента короткой тонкой кишки (не более 30–70 см) с помощью РКИ возможно достаточно точное измерение длины кишки. Наряду с этим РКИ позволяет оценить скорость пассажа кишечного содержимого по кишечнику.

Одним из существенных недостатков РКИ является ионизирующее излучение. Этот факт необходимо учитывать при необходимости многократного использования метода для оценки динамики тече-

ния заболевания у молодых пациентов. Кроме того, снижение чувствительности метода может быть обусловлено ухудшением визуализации кишечника вследствие эффекта наслаения петель тонкой кишки друг на друга, что может приводить к диагностическим ошибкам [6].

МРТ – самый современный и дорогостоящий метод лучевого исследования тонкой кишки [14]. Благодаря высокой контрастности мягких тканей, возможности обработки изображений в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, отсутствию ионизирующего излучения и наличию разнообразных пероральных контрастных препаратов, гидро-МРТ может являться приоритетным методом в оценке поражения тонкой кишки [11]. Важным преимуществом данного метода является отсутствие ионизирующего излучения, особенно при использовании его у больных с хроническими заболеваниями, что позволяет проводить на протяжении всей жизни многократное МРТ-обследование [11]. С помощью МРТ можно оценить состояние паренхиматозных органов и сосудов брюшной полости. В отличие от УЗИ, метод МРТ позволяет не только заподозрить патологию, но и более точно ее идентифицировать. При оценке тонкой кишки у детей МРТ является наиболее чувствительным методом, позволяющим определить и полностью охарактеризовать дилатацию тонкой кишки, определить морфологические и структурные особенности стенки тонкой кишки, идентифицировать стенозы кишечника. Как и при РКИ, МРТ позволяет достаточно точно измерять длину тонкой кишки при условии, что ее длина не превышает 30–70 см. Недостатком метода является невозможность изучения моторики кишечника, а именно пассажа кишечного содержимого.

Для адекватного исследования тонкой кишки с помощью МРТ необходимым условием является полноценное заполнение и растяжение кишечного просвета с помощью контрастных растворов. При нарушении данного условия повышается риск диагностических ошибок в виде неправильной интерпретации находок или пропуска патологических изменений. При проведении МРТ тонкой кишки контрастное вещество наиболее часто вводят перорально [14]. Этот факт особенно важен при исследовании детей до 8 лет, которые в силу возрастных особенностей не способны спокойно лежать в аппарате МРТ в течение 45 минут. В связи с этим, детям этого возраста МРТ необходимо проводить под

наркосом. Применение наркоза исключает возможность перорального приема контрастного вещества, поэтому чувствительность МРТ у пациентов этой возрастной группы ниже. Кроме того, проведение МРТ под наркозом создает дополнительные анестезиологические риски для пациента.

Проведенное нами исследование позволило определить роль УЗИ, РКИ и МРТ для диагностики, мониторинга и выявления осложнений у пациентов с СКК. Однако для более точного определения чувствительности, специфичности и точности этих методов необходимы дальнейшие исследования с большим количеством пациентов.

Заключение

УЗИ, РКИ и МРТ органов брюшной полости являются эффективными методами исследования тонкой кишки при СКК, каждый из которых имеет свои сильные и слабые стороны. Однако правильное применение комбинации этих методов исследова-

ния позволяет провести комплексную диагностику изменений при СКК и принять адекватные и своевременные меры относительно дальнейшей тактики лечения пациента. УЗИ является оптимальной скрининговым методом для пациентов с СКК. РКИ дает возможность достаточно хорошо изучать морфологию тонкой кишки и ее транспортную функцию, поэтому оно должно обязательно применяться при изменениях, выявленных на УЗИ, или при наличии клинических признаков острой и хронической патологии ЖКТ у детей. В большинстве неосложненных случаев СКК применение вышеуказанных двух методов диагностики вполне достаточно для принятия решения о дальнейшей тактике лечения пациентов. В осложненных случаях, когда РКИ не может дать требуемую информацию, следует проводить МРТ, которая является методом, позволяющим наиболее точно оценить морфологию тонкой кишки. Необходимы дальнейшие исследования эффективности методов лучевой диагностики у пациентов с СКК.

Литература/References

1. Rege, A.S. and Sudan D.L. Autologous gastrointestinal reconstruction: review of the optimal nontransplant surgical options for adults and children with short bowel syndrome. *Nutr. Clin. Pract.* 2013;28(1): 65–74. DOI: 10.1177/0884533612460405
2. Weih S., Kessler M., Fonouni H., Golriz M., Hafezi M., Mehrabi A., Holland-Cunz, S. Current practice and future perspectives in the treatment of short bowel syndrome in children—a systematic review. *Langenbecks Arch. Surg.* 2012;397(7):1043–51. DOI: 10.1007/s00423–011–0874–8
3. Хасанов Р. Р., Гумеров А. А., Вессель Л. М. Причины развития синдрома короткой кишки. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии.* 2017;8(3):8–12.
Khasanov R. R., Gumerov A. A., Wessel L. M. The Causes of the short bowel syndrome. *Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care.* 2017;8(3):8–12. (in Russ)
4. O'Brien, D.P. Intestinal adaptation: structure, function, and regulation. *Semin. Pediatr. Surg.* 2001;10(2):56–64.
5. Tappenden K.A. Intestinal Adaptation Following Resection. *JPEN J. Parenter. Enteral Nut.* 2014;38(1 Suppl):23–31. DOI: 10.1177/0148607114525210
6. Собко В. Ю., Трофимова Т. Н., Карпенко А. К., Щукина О. Б. Гидро МРТ в диагностике патологии тонкой кишки. *Кремлевская медицина. Клинический вестник* 2009; (2): 143–5.
Sobko V. Yu., Trofimova T. N., Karpenko A. K., Shchukina O. B., Hydro-MRT in diagnostics of the small intestine pathology. *Kremlin medicine. Clinical Herald.* 2009; (2): 143–5. (in Russ)
7. Abu-Zidan, F.M. and Cevik A.A. Diagnostic point-of-care ultrasound (POCUS) for gastrointestinal pathology: state of the art from basics to advanced. *World J. Emerg. Surg.* 2018; 13: 47. DOI: 10.1186/s13017–018–0209–y
8. Gongidi P. and Bellah R.D. Ultrasound of the pediatric appendix. *Pediatr. Radiol.* 2017; 47(9): 1091–100. DOI: 10.1007/s00247–017–3928–4
9. Sulieman A., Elhag B., Alkhorayef M., Babikir E., Theodorou K., Kappas C., Bradley D. Estimation of effective dose and radiation risk in pediatric barium studies procedures. *Appl. Radiat. Isot.* 2018;138: 40–4. DOI: 10.1016/j.apradiso.2017.07.013
10. Kinner S., Hahnemann M.L., Forsting M., Lauenstein T.C. Magnetic resonance imaging of the bowel: today and tomorrow. *Rofö*, 2015;187(3): 160–7. DOI: 10.1055/s-0034–1385453

11. Щукина О.Б., Собко В.Ю. Фекальный кальпротектин и гидро-МРТ в оценке активности болезни крона. *Вестник северо-западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова*, 2013;5(1):78–83.
Schukina O.B., Sobko V. Yu. Fecal calprotectin and hydro-MRI in assessing the activity of Crohn's disease. *Bulletin of the North-West State Medical University. I.I. Mechnikov*, 2013;5(1):78–83 (in Russ)
12. Maccioni F. Double-contrast magnetic resonance imaging of the small and large bowel: effectiveness in the evaluation of inflammatory bowel disease. *Abdom Imaging*, 2010; 35(1): 31–40. DOI: 10.1007/s00261–008–9482–7
13. Пыков М.И., Мазанкова Л.Н., Овечкина Н.Р., Вороненко О.А. Эхографическое исследование толстой кишки у детей. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*, 2006;(2): 91–95.
Pykov M.I., Mazankova L.N., Ovechkina N.R., Voronenko O.A. Ultrasound examination of the colon in children. *Ultrasound and functional diagnostics* 2006; (2): 91–5. (in Russ)
14. Дуброва С.Э., Сташук Г.А. Возможности лучевых методов в диагностике воспалительных заболеваний кишечника. *Альманах клинической медицины*, 2016; 6(44):757–69.
Dubrova S.E., Stashuk G.A. The potential of radiologic procedures in the diagnosis of inflammatory bowel disease. *Almanac of Clinical Medicine*, 2016;6 (44):757–69. (in Russ)

Авторы

<p>ХАСАНОВ Расуль Ринатович Rasul R. KHASANOV</p>	<p>Кандидат медицинских наук, доцент кафедры детской хирургии с курсом ИДПО, Башкирского государственного медицинского университета, Россия 450015 г. Уфа, ул. Ленина 3, тел.: +7(987)624–35–42, E-Mail: rasul222@mail.ru <i>Cand. Sci (Med), Department of Pediatric Surgery course at ICPE, Bashkir State Medical University, Ufa 450015 Russia, Lenina St. 3. Department of Pediatric Surgery University Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Germany; Germany 68167 Mannheim, Theodor-Kutzer-Ufer 1-3</i></p>
<p>БАЙС Мейке WEIS Meike</p>	<p>Кандидат медицинских наук. врач. Институт клинической радиологии и ядерной медицины Университетская клиника Маннгейм, Университет, Германия, 68167 г. Мангейм, Теодор-Кутцер-Уффер 1–3. <i>Cand. Sci (Med), Institute of Clinical Radiology and Nuclear Medicine, University Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Germany; Germany 68167 Mannheim, Theodor-Kutzer-Ufer 1–3. E-mail: meike.weis@umm.de</i></p>
<p>ГУМЕРОВ Рамиль Айтбаевич Ramil A. GUMEROV</p>	<p>Доктор медицинских наук, доцент кафедры детской хирургии с курсом ИДПО, Башкирского государственного медицинского университета, Россия 450015 г. Уфа, ул. Ленина 3, E-Mail: pedsurg@bk.ru <i>Cand. Sci (Med), Department of Pediatric Surgery course at ICPE, Bashkir State Medical University, Ufa 450015 Russia, Lenina St. 3</i></p>
<p>ГУМЕРОВ Айтбай Ахметович Aitbai A. GUMEROV</p>	<p>Доктор медицинских наук, Профессор, заведующий кафедрой детской хирургии с курсом ИДПО, Башкирского государственного медицинского университета, Россия 450015 г. Уфа, ул. Ленина 3, E-Mail: pedsurg@bk.ru <i>Dr. Sci (Med), professor, Head of Department of Pediatric Surgery course at ICPE, Bashkir State Medical University, Ufa 450015 Russia, Lenina St. 3</i></p>
<p>ВЕССЕЛЬ Лукас Марие Lucas M. WESSEL</p>	<p>Доктор медицинских наук, профессор, директор клиники детской хирургии Университетской клиники Маннгейм, Университет Гайдельберг, Германия, 68167 г. Мангейм, Теодор-Кутцер-Уффер 1–3. <i>Dr. Sci (Med), professor, Department of Pediatric Surgery University Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Germany; Germany 68167 Mannheim, Theodor-Kutzer-Ufer 1–3 E-Mail: lucas.wessel@umm.de</i></p>

POTENTIAL OF RADIODIAGNOSTIC METHODS FOR SMALL INTESTINE EXAMINATION IN THE CONTEXT OF SHORT BOWEL SYNDROME IN CHILDREN

Rasul R. Khasanov^{1,3}, Meike Weis², Ramil A. Gumerov¹, Aitbai A. Gumerov¹, Lucas M. Wessel³

¹Department of Pediatric Surgery course at ICPE, Bashkir State Medical University, Lenina st. 3, Ufa, Russia, 450015

²Institute of Clinical Radiology and Nuclear Medicine, University Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Germany; Germany 68167 Mannheim, Theodor-Kutzer-Ufer 1–3

³Department of Pediatric Surgery University Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Germany; Germany 68167 Mannheim, Theodor-Kutzer-Ufer 1–3

Abstract

Objective. For many years such diagnostic techniques as ultrasonography (U/S), contrast radiography (CR) and magnetic resonance imaging (MRI) have been successfully applied for the diagnosis of gastrointestinal diseases in children. Despite the long experience with U/S, CR and MRI for small intestine examinations, their diagnostic yield is yet not defined in the context of the short bowel syndrome considering the evaluation of advantages and disadvantages of these methods. In this regard, the purpose of our research was to define the role of each of these methods as a matter of assessing and monitoring patients' condition as well as diagnosis of complications in patients with short bowel syndrome. **Methods.** To determine the opportunities of U/S, CR and MRI diagnostics for detection of malconditions in cases of short bowel syndrome we examined patients who had undergone ultrasound, CR and MRI of the intestinal tract as part of preoperative preparation for elongation of small

intestine. In order to assess the diagnostic efficacy of aforementioned methods in the context of short bowel syndrome research results were compared with data obtained during surgery. **Results.** Ultrasonography (U/S) is considered to be the best screening technique for patients with SBS. Contrast radiography (CR) provides an opportunity to research the morphology of small intestine and its transport function quite thoroughly. Magnetic resonance imaging (MRI) is a method which allows one to give the best possible estimate of morphology of small intestine. **Conclusion.** U/S, CR and MRI of abdominal cavity organs are effective methods when it comes to the examination of small intestine in short bowel syndrome; each of these screening techniques has its own strengths and weaknesses. However, a proper combination of these methods should be applied, as it allows one to perform a comprehensive diagnosis of changes in short bowel syndrome and to take appropriate and timely actions regarding further patients' treatment.

Keywords: short bowel syndrome, intestinal failure, ultrasonography (U/S), contrast radiography (CR) and magnetic resonance imaging (MRI), children

For citation: Rasul R. Khasanov, Meike Weis, Ramil A. Gumerov, Aitbai A. Gumerov, Lucas M. Wessel. Potential of radiodiagnostic methods for small intestine examination in the context of short bowel syndrome in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2019; 9(1): 17–36. <https://doi.org/10.30946/2219-4061-2019-9-1-17-36>

For correspondence: Khasanov Rasul Rinatovich, Lenina st. 3, Ufa, Russia, 450015. E-Mail: rasul222@mail.ru, tel. +7(987)624-35-42

Received: 23.11.2018. Adopted for publication: 10.03.2019.

Information on funding and conflict of interest

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article. Source of funding is not specified

Introduction

Short bowel syndrome (SBS) is a severe life-threatening disease developing as a result of massive small bowel resection. Intestinal failure is considered to be the main pathophysiological process in SBS [1–3].

The loss of functional activity of bowel in patients with SBS leads to compensatory development of intestinal adaptation, which includes a number of functional and structural changes of intestinal tract resulting in an increase of small intestine absorptive capacity [4, 5]. The modification of small-intestinal mucosa mani-

fest itself as enterocyte proliferation, increased villous height and crypt depth, as well as smooth muscle hypertrophy. However, the adaptation of the bowel may be insufficient and inadequate [4]. For example, some patients with SBS develop dilatation and intestinal dysmotility of small bowel, which in turn can lead to stagnation of intestinal contents, growth of pathogenic bacteria and decreased nutrient absorption. In addition, stenosis, fistulas, inflammatory changes on the bowel wall, etc. can develop in the rest of small intestine after resection.

The examination of small intestine in children is very difficult, for this region of small intestine is almost inaccessible for instrumental methods of diagnosis [6]. Thus, in order to examine the small intestine in children including those with SBS, radiodiagnostic methods are now actively used along with endoscopic techniques, which allows one to recognize the expansion of small intestine timely, identify the causes of intestinal obstruction, as well as define indications for surgical treatment and lay out the type and the extent of the operation.

Over the years such diagnostical techniques as ultrasonography (U/S) [7, 8], contrast radiography (CR) [9] [6] and magnetic resonance imaging (MRI) have been successfully applied for the diagnosis of gastrointestinal (GIT) diseases in children [10] [11] [11, 12]. However, there are still no illustrated opportunities of radiodiagnostic methods in patients with SBS in the academic literature available. Despite long experience with U/S, CR and MRI for small intestine examinations their diagnostic yield is yet not defined in the context of SBS considering the evaluation of advantages and disadvantages of these methods.

Thus, the analysis of literary data reveals the possible potential of using U/S, CR and MRI in children with SBS. In this regard, the purpose of our research was to define the role of each of these methods as a matter of assessing and monitoring patient's condition and diagnosis of complications in patients with SBS.

Materials and methods

To determine the opportunities of U/S, CR and MRI for the diagnosis of pathological conditions in SBS we examined 8 patients aged 1 year to 13 years, which had undergone U/S, CR and MRI of the intestinal tract as part of preoperative preparation for the elongation of the small intestine.

In order to assess diagnostic efficacy of aforesaid methods in the context of SBS research results were

compared with data obtained during the surgery and accepted as the standard, which the rest of data was compared with later.

Ultrasound examination was performed on Philips iU22 and Philips HD11XE. Scanning was carried out by linear and curved array transducers in the range of 5–12 MHz, while the child was lying on the back.

Siemens Luminos Agile was used for CR. During examination the patient ingested the contrast agent Visipaque. Whereupon x-rays were made at the moment of contrast ingestion, as well as 15 minutes, 45 minutes, 1 hour, 2 hours and 4 hours later consequently.

MRI was performed on the tomographic scanner MR SIEMENS AVANTO with 1.5 T magnetic field intensity. The preparation of the patient was essential for the forthcoming examination. If the patient was over 8 years old and able to remain motionless for 45 minutes in the MRI scanner, he/she went through a standard hydro-MRI procedure: 1 hour before the examination the patient took orally 1–1.5 liter of Mannitol solution consisting of 2.5 ml Mannitol mixed with 1.5 liter of drinking water. Dotarem was used as the contrast agent for intravenous injection at a dose of 1 mL/kg of body weight.

Following scan options were applied:

HASTE tra fs

HASTE cor

3D Trufi

DWI

VIBE cor nativ

Patient became an IV-injection of contrast agent (Dotarem 0.1 mL/kg) T1 VIBE cor Dynamik

T1 VIBE tra

T1 tse fs (Taz)

If the patient's age was less than 8 years and he/she could not remain motionless for 45 minutes in the MRI scanner, he/she underwent examination under anesthesia provided by an anesthesiologist via an IV-injection of Propofol. In the course of preparation for anesthesia the patient was not allowed to drink water for 2 hours and eat food (also no taking in Mannitol solution) for 6 hours before the examination on recommendation from the anesthesiologist. In spite of the fact that no contrast agent (Mannitol) was applied during this examination, the scanning was performed using the Hydro-MRI method with the parameters chosen for the default technique.

Due to the small number of observations we assessed sensitivity, specificity, and accuracy not in per-

Table 1. Results of intestinal length measurement (small bowel) in patients with SBS

	Small intestine length					
	up to 30 cm		from 30 to 70 cm		more than 70 cm	
Results	TP	FN	TP	FN	TP	FN
Ultrasound examination	0	2	0	1	0	3
Contrast radiography	2	0	1	0	0	3
Magnetic resonance tomography	2	0	1	0	0	3

Table 2. Sensitivity of radiodiagnostic methods in measuring the length of small intestine for patients with short bowel syndrome

Small intestine length	U/S	CR	MRI
up to 30 cm	low	high	high
from 30 to 70 cm	low	average	average
more than 70 cm	low	low	low

centage but in rate terms: high, average and low rate. Sensitivity/specificity have been defined as high at the rate 100% – 68%, average at 67%-34% and low at 33–0%.

$$\text{Sensitivity} = [(TP / (TP + FN)) \times 100\%]$$

$$\text{Specificity} = [(TN / (TN + FP)) \times 100\% \text{ where}$$

TP-true positive,

TN-a true negative,

FP-false positive,

FN-false negative.

Sensitivity characterizes the ratio of correct identification in terms of studied pathology. Specificity defines at what percentage the method enables correct identification concerning the absence of pathological process.

Results

In the course of our work the following parameters had been studied: length and diameter (dilatation) of small intestine, as well as the effectiveness of the research methods in question in identifying intestinal stenosis.

During the first stage we studied the accuracy of U/S, MRI and CR diagnostical techniques for examining the length of the small intestine. The results were considered highly precise, if the length of small intestine measured by radiodiagnostic methods coincided with the data collected during operation, whereby ± 15 cm deviation was tolerated. Average accuracy was considered to be the result in cases, when the length of small intestine measured by radiodiagnostic methods

coincided with the real data collected in the course of operation, whereby ± 25 cm deviation was tolerated. The result was considered low in cases, when deviations from the small intestine length, measured by radiodiagnostic methods constituted more than 25 cm (Table 1).

When calculating the accuracy of methods, it was found that the ultrasound shows low results in measuring the length of small intestine (Table 2). Thus, no proper measurement results of the small intestine length were delivered in case of each patient while applying this technique. At the same time, CR and MRI showed similar results and turned out to be equally precise while conducting this study. Special attention should be paid to the fact that the sensitivity of CR and MRI hinges on the length of small intestine. Thus, the accuracy of CR and MRI is high, if the length of small intestine is up to 30 cm (Figure 1), with the length of small intestine from 30 to 70 cm the measurement accuracy is medium (Figure 2), with the length of small intestine over 70 cm it is low consequently (Figure 3).

At the next stage of the study we evaluated the sensitivity of methods while diagnosing small bowel dilatation.

The result was considered true positive (TP), if the dilatation of small intestine in patient was diagnosed by way of radiodiagnostic methods as well as during surgical treatment.

In cases when neither the examination nor the laparotomy revealed any dilatation of small intestine, the results were considered true negative (TN).

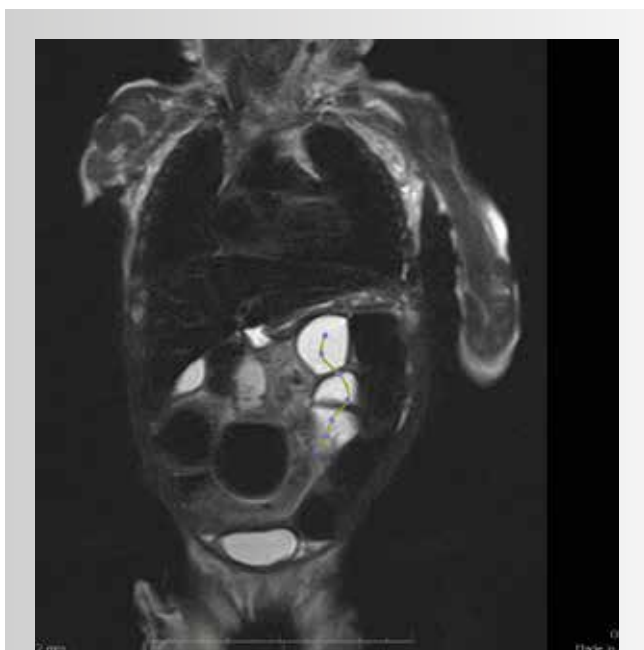


Figure 1. Hydro-MRI of a patient with short bowel syndrome. It shows the process of measuring the length of small intestine, which makes up 30 cm in the patient examined



Figure 3. Hydro-MRI in a patient with short bowel syndrome. Measuring the length of small intestine. The patient has 150 cm of small intestine. The length measurement process is very difficult

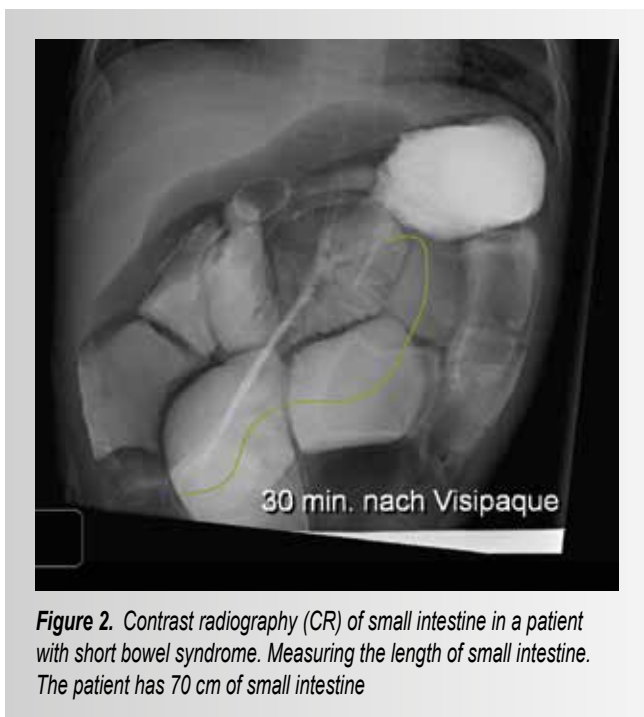


Figure 2. Contrast radiography (CR) of small intestine in a patient with short bowel syndrome. Measuring the length of small intestine. The patient has 70 cm of small intestine

The result was assessed as false negative (FN), if the dilatation of small intestine was not diagnosed by way of radiodiagnostic methods but confirmed to be true after laparotomy.

Table 3. Results of detection of small intestine dilatation in patients with SBS

Methods of examination	Results			
	TP	TN	FN	FP
Ultrasound examination	5	0	1	0
Contrast radiography	6	0	0	0
Magnetic resonance tomography	6	0	0	0

The result was considered false positive (FP), if the dilatation of small intestine was diagnosed by way of radiodiagnostic methods but proved to be false after laparotomy (Table 3).

By means of ultrasound it was well possible to identify the presence of dilatation in the bowel, however, it proved impossible to describe the length and the shape of the dilatation (Figure 4, Figure 5). Both methods, CR as well as MRI performed equally well while diagnosing the dilatation of small intestine. In addition, by means of these techniques it was possible to define the dilatation to the full extent in terms of its form, length



Figure 4. Ultrasound examination of abdominal cavity organs in case of short bowel syndrome. Longitudinal section of small intestine

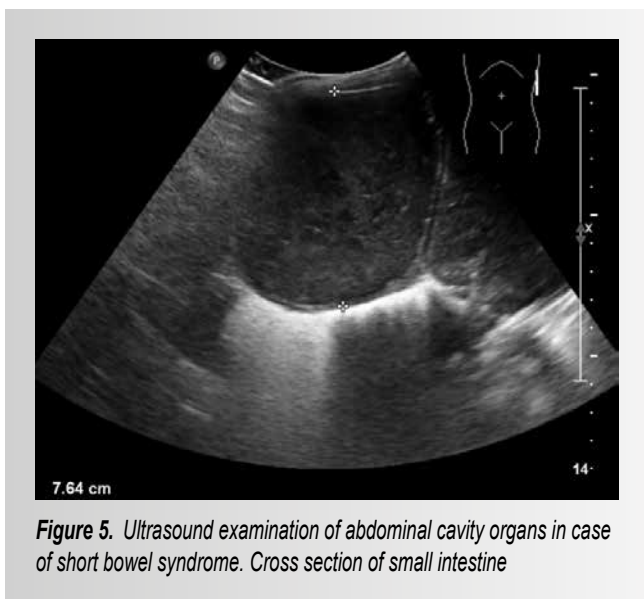


Figure 5. Ultrasound examination of abdominal cavity organs in case of short bowel syndrome. Cross section of small intestine

and location (Figure 6, Figure 7, Figure 8). Thus, the sensitivity of all radiodiagnostic methods in diagnosing dilatation of small intestine proved to be high.

The next stage of our study was the verification of intestinal stenosis.

The result was considered true positive (TP), if intestinal stenosis was diagnosed by way of radiodiagnostic methods as well as during surgical treatment.

The result was assessed as true negative (TN) when neither preliminary examination of a patient nor the laparotomy revealed any intestinal stenosis.

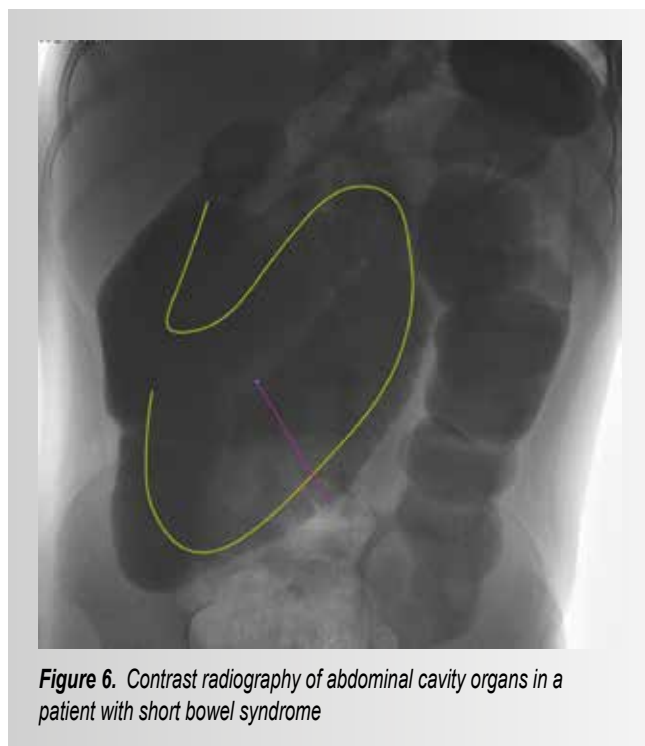


Figure 6. Contrast radiography of abdominal cavity organs in a patient with short bowel syndrome

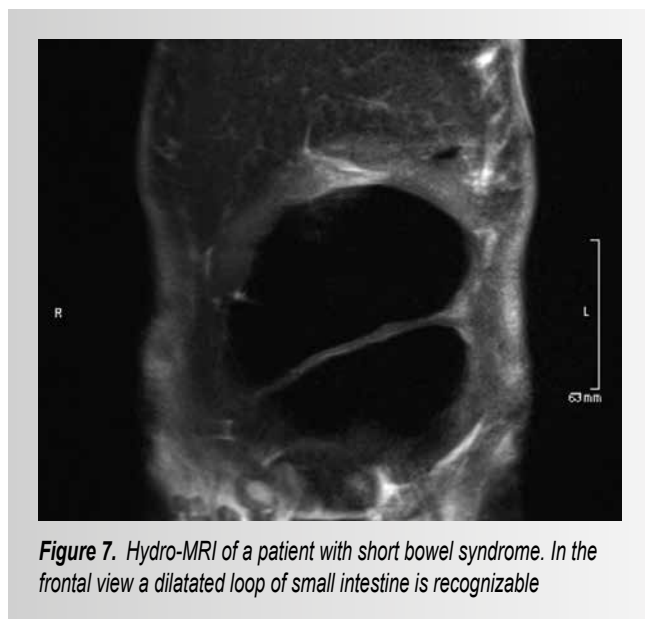


Figure 7. Hydro-MRI of a patient with short bowel syndrome. In the frontal view a dilatated loop of small intestine is recognizable

In cases, when intestinal stenosis was not diagnosed by way of radiodiagnostic methods but confirmed to be true after laparotomy, the results were considered false negative (FN).

The result was considered false positive (FP), if intestinal stenosis was diagnosed by way of radiodiagnostic methods but proved to be false after laparotomy (Table 4).

Table 4. Results of intestinal stenosis in patients with SBS

Methods of examination	Results			
	TP	TN	FN	FP
Ultrasound	0	3	3	0
Contrast radiography	2	3	1	0
Magnetic resonance tomography	2	4	0	0

Table 5. Sensitivity, specificity and accuracy of radiodiagnostic methods while diagnosing intestinal stenosis in patients with SBS

	U/S	CR	MRI
Sensitivity	low	high	high
Specificity	high	high	high

The sensitivity of ultrasound for diagnosing stenosis proved to be low (Table 5). Stenosis could only be suspected by means of ultrasound, if there was a dilatation zone followed by collapsed bowel loops, however, specificity and accuracy of diagnosis were high.

Both, CR and MRI made it possible to identify stenosis with a high degree of sensitivity, specificity and accuracy. Thanks to high soft tissue contrast and image processing in three mutually perpendicular planes MRI performed better in terms of sensitivity for verification of stenosis (Figure 9, Figure 10). Sensitivity of CR was inferior to MRI, because in cases when small bowel loops highlighted by contrast medium overlapped each other, the ability to define morphological and structural characteristics of small intestine was limited, which increased the risk of diagnostic errors (Figure 11).

Discussion

Abdominal ultrasound is a widespread and affordable method of diagnosis, which enables examination of solid viscera as well as hollow viscera, definition of free fluid and air within the abdominal cavity, suspicion of bowel obstruction, diagnosing acute appendicitis, diverticulitis, mucous colitis, tuberculosis colitis, Morbus Crohn, colon tumors, etc. [7]. The absence of harmful radiation, lack of need to sedate the patients and relative cheapness of the method make ultrasound a preferable and primary examination technique in pediatrics [8]. Unlike ultrasound, in the course of radiological intestinal examinations patients are exposed to radiation. Besides, there are additional risks associated with the injection/intake of contrast agents [13]. Endo-

scopic intestinal examination is an invasive technique, which requires preliminary preparation of the patient including his/her sedation in some cases. Additionally, there is a risk of bowel injury let alone specific contraindications when applying the method.

The disadvantages of ultrasound include the dependence of the results on the operator's experience and skills as well as technical difficulties of performing examination in obese patients and patients with flatulence [14]. Moreover, this method of diagnosis makes it impossible to define intestinal dilatation precisely (length, shape, region of intestine with identified dilatation). In addition, the length of small intestine can not be measured by means of ultrasound, and it is also quite difficult to identify stenosis.

The advantages of this method lie in the high sensitivity for diagnosing intestinal dilatation as well as in the opportunity of examining morphological structure of intestinal wall and peristalsis. Along with this, ultrasound enables studying solid viscera within the abdominal cavity, which is a very important advantage of this method, as patients with SBS are at risk of liver damage, nephrocalcinosis, etc. By means of doppler ultrasound the condition of abdominal blood vessels and blood supply to the organs can be evaluated. Thus, in the hand of an experienced operator ultrasound proves to be a quite accurate method of diagnosis and can be used for monitoring of patients with short bowel syndrome.

CR is a good method of diagnosing intestinal dilatation. However, unlike ultrasound CR enables the description of dilatation in more detail in terms of length,

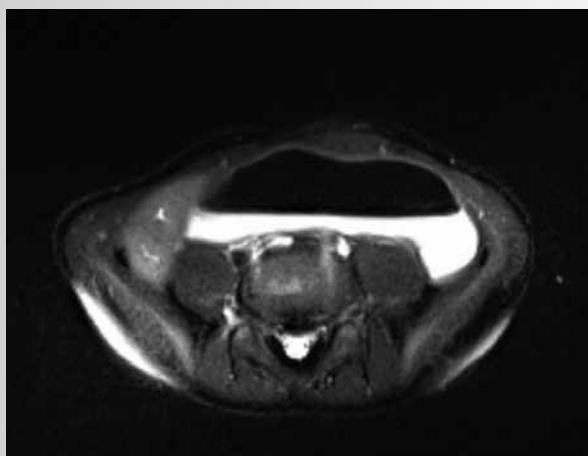


Figure 8. Hydro-MRI in a patient with short bowel syndrome. In the horizontal view a dilatated loop of small intestine is recognizable.

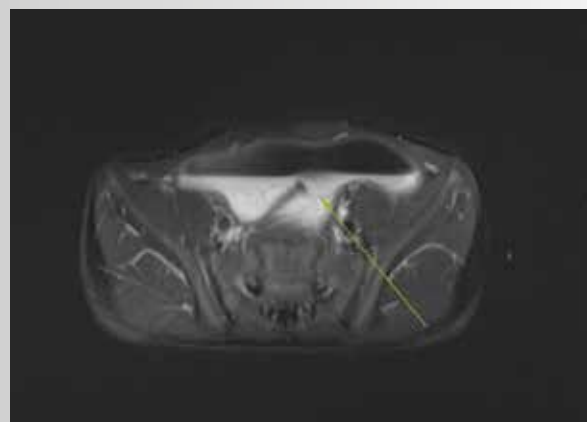


Figure 10. Hydro-MRI of a patient with short bowel syndrome. In the horizontal view a dilatated loop of small intestine is recognizable

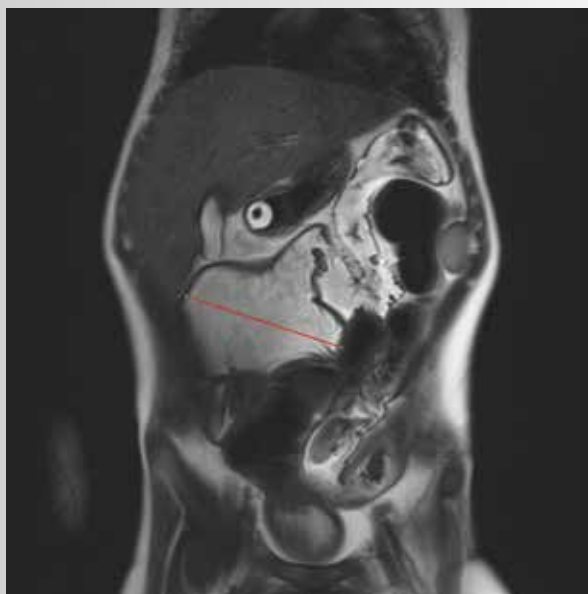


Figure 9. Hydro-MRI of a patient with short bowel syndrome. In the frontal view a dilatated loop of small intestine is recognizable



Figure 11. Plain abdominal radiography 45 minutes after the intake of contrast agent. Overlapped small bowel loops make proper examination of small bowel impossible

shape, and location. In addition, CR reveals as a good method of identifying stenosis. One of the interesting facts discovered during our research is that the length measurement accuracy of small intestine depends on its length. The shorter the intestines, the more accurate is the measurement when using CR. In this regard, provided that there are no more than 30–70 cm of small intestine in patient, its length measurements by means of CR may be accurate enough. Additionally, CR also

enables the estimation of how fast intestinal contents can pass through bowels.

One of the major disadvantages of CR is ionizing radiation. This fact must be taken into account, in cases when the method needs to be used multiple times in order to assess the dynamics of the disease in young patients. In addition, the decrease in sensitivity of the method can be due to worsening bowel visualization by reason of overlapping effects of short bowel loops resulting in possible diagnostic errors [6].

MRI is the most modern and expensive method of radiodiagnostics of small intestine [14]. Thanks to high soft tissue contrast and image processing in three

mutually perpendicular planes, absence of ionizing radiation and presence of various oral contrast agents hydro-MRI may be considered as the priority method when it comes to assessment of small bowel lesions [11]. An important advantage of this method is that there is no ionizing radiation, which is especially essential for using in patients with chronic diseases and allows life-long repeated MRI examinations [11]. By means of MRI the condition of solid viscera and blood vessels within the abdomen can be evaluated. Unlike ultrasound MRI makes it possible not only to suspect but also to identify a pathology more precisely. When examining and assessing small bowel in children MRI is the most sensitive method for diagnosis and complete description of the dilatation of small intestine, definition of morphological and structural characteristics of intestinal wall in small bowel and identification of stenosis. Like CR, MRI enables a quite accurate length measurement of small intestine, provided that its length does not exceed 30–70 cm. The disadvantage of this method is the inability to examine bowel motility, namely the passage of intestinal contents.

In order to examine the small bowel by means of MRI adequately it is essential to provide a complete filling and distension of the intestinal lumen by using contrast solutions. The violation of this condition can lead to an increased risk of diagnostic error as an incorrect interpretation of findings or missing pathological changes. When performing MRI screening of small intestine a contrast agent is most frequently administered orally [14]. This is particularly important for examination of children up to the age of 7–8, who are not able to remain motionless in the MRI machine for 45 minutes due to their age peculiarities. In this regard, MRI screening of children of this age should be carried out under general anesthesia. Application of anesthesia eliminates the possibility of oral intake of contrast

material. Therefore, the sensitivity of MRI in patients of this age group tends to be low. In addition, MRI under sedation bears additional anesthetic risks for the patient.

The study we had pursued enabled us to identify the role of ultrasound, CR and MRI for diagnosing, monitoring and detecting complications in patients with SBS, however, further studies with a larger number of patients are necessary in order to determine sensitivity, specificity and accuracy of these methods more precisely.

Conclusion

U/S, CR and MRI of abdominal cavity organs are effective methods of examination of small intestine in the context of SBS, each of which has its own strengths and weaknesses. However, only the proper use of these methods' combination makes it possible to conduct a comprehensive diagnosis of changes in the context of SBS and to take appropriate and timely actions regarding further treatment of the patient. Ultrasonography (U/S) is considered to be the best screening technique for patients with SBS. CR provides an opportunity to study the morphology of small intestine and its transport function quite well, thus, it should be certainly applied in the event of changes detected on ultrasound, or if there are clinical signs of acute and chronic gastrointestinal pathology in children. In most cases of uncomplicated SBS the application of both diagnostic methods mentioned above is enough to make a decision on further steps in the patients' treatment. In complicated cases when CR cannot provide the required information, MRI scanning should be performed, which is a more accurate method of assessing the morphology of small intestine. Thus, further studies of effectiveness of radiodiagnostic methods in patients with SBS are necessary.

References

1. Rege, A.S. and Sudan D.L. Autologous gastrointestinal reconstruction: review of the optimal nontransplant surgical options for adults and children with short bowel syndrome. *Nutr. Clin. Prac.* 2013;28(1): 65–74. DOI: 10.1177/0884533612460405
2. Weih S., Kessler M., Fonouni H., Golriz M., Hafezi M., Mehrabi A., Holland-Cunz, S. Current practice and future perspectives in the treatment of short bowel syndrome in children—a systematic review. *Langenbecks Arch. Surg.* 2012;397(7):1043–51. DOI: 10.1007/s00423–011–0874–8
3. Khasanov R. R., Gumerov A.A., Wessel L.M. The Causes of the short bowel syndrome. *Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care.* 2017;8(3):8–12. (in Russ)
4. O'Brien, D.P. Intestinal adaptation: structure, function, and regulation. *Semin. Pediatr. Surg.* 2001;10(2):56–64.

5. Tappenden K.A. Intestinal Adaptation Following Resection. *JPEN J. Parenter. Enteral Nut.* 2014;38(1 Suppl):23–31. DOI: 10.1177/0148607114525210
6. Sobko V. Yu., Trofimova T.N., Karpenko A.K., Shchukina O.B. Hydro-MRT in diagnostics of the small intestine pathology. *Kremlin medicine. Clinical Herald.* 2009; (2): 143–5. (in Russ)
7. Abu-Zidan, F.M. and Cevik A.A., Diagnostic point-of-care ultrasound (POCUS) for gastrointestinal pathology: state of the art from basics to advanced. *World J. Emerg. Surg.* 2018; 13: 47. DOI: 10.1186/s13017-018-0209-y
8. Gongidi P. and Bellah R.D. Ultrasound of the pediatric appendix. *Pediatr. Radiol.* 2017; 47(9): 1091–100. DOI: 10.1007/s00247-017-3928-4
9. Sulieman A., Elhag B., Alkhorayef M., Babikir E., Theodorou K., Kappas C., Bradley D. Estimation of effective dose and radiation risk in pediatric barium studies procedures. *Appl. Radiat. Isot.* 2018;138: 40–4. DOI: 10.1016/j.apradi-so.2017.07.013
10. Kinner S., Hahnemann M.L., Forsting M., Lauenstein T.C. Magnetic resonance imaging of the bowel: today and tomorrow. *Rofo*, 2015;187(3): 160–7. DOI: 10.1055/s-0034-1385453
11. Schukina O.B., Sobko V. Yu. Fecal calprotectin and hydro-MRI in assessing the activity of Crohn's disease. *Bulletin of the North-West State Medical University. I.I. Mechnikov*, 2013;5(1):78–83 (in Russ)
12. Maccioni F. Double-contrast magnetic resonance imaging of the small and large bowel: effectiveness in the evaluation of inflammatory bowel disease. *Abdom Imaging*, 2010; 35(1): 31–40. DOI: 10.1007/s00261-008-9482-7
13. Pykov M.I., Mazankova L.N., Ovechkina N.R., Voronenko O.A. Ultrasound examination of the colon in children. *Ultrasound and functional diagnostics* 2006; (2): 91–5. (in Russ)
14. Dubrova S.E., Stashuk G.A. The potential of radiologic procedures in the diagnosis of inflammatory bowel disease. *Almanac of Clinical Medicine*, 2016;6 (44):757–69. (in Russ)

Authors

Rasul R. KHASANOV	<i>Cand. Sci (Med), Department of Pediatric Surgery course at ICPE, Bashkir State Medical University, Ufa 450015 Russia, Lenina St. 3. Department of Pediatric Surgery University Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Germany; Germany 68167 Mannheim, Theodor-Kutzer-Ufer 1-3</i>
WEIS Meike	<i>Cand. Sci (Med), Institute of Clinical Radiology and Nuclear Medicine, University Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Germany; Germany 68167 Mannheim, Theodor-Kutzer-Ufer 1–3. E-mail: meike.weis@umm.de</i>
Ramil A. GUMEROV	<i>Cand. Sci (Med), Department of Pediatric Surgery course at ICPE, Bashkir State Medical University, Ufa 450015 Russia, Lenina St. 3</i>
Aitbai A. GUMEROV	<i>Dr. Sci (Med), professor, Head of Department of Pediatric Surgery course at ICPE, Bashkir State Medical University, Ufa 450015 Russia, Lenina St. 3</i>
Lucas M. WESSEL	<i>Dr. Sci (Med), professor, Department of Pediatric Surgery University Hospital Mannheim, University of Heidelberg, Germany; Germany 68167 Mannheim, Theodor-Kutzer-Ufer 1–3 E-Mail: lucas.wessel@umm.de</i>