

О.В. Луковкина<sup>1</sup>, Н.А. Шолохова<sup>1,2</sup>, канд. мед. наук, доцент, Ю.Ю. Соколов<sup>1,3</sup>, д-р мед. наук, профессор, А.М. Ефременков<sup>2,4</sup>, канд. мед. наук, доцент, Т.В. Уткина<sup>2</sup>

## СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТРЕХМЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И СТАНДАРТНОЙ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ХОЛАНГИОПАНКРЕАТОГРАФИИ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ КИСТ ХОЛЕДОХА У ДЕТЕЙ

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная холангиопанкреатография, киста холедоха, 3D-реконструкция, магнитно-резонансная холангиопанкреатография 3D

**Keywords:** magnetic resonance cholangiopancreatography, choledochal cyst, 3D reconstructions, 3D magnetic resonance cholangiopancreatography

**Резюме.** Цель данного исследования – сравнить возможности стандартной магнитно-резонансной холангиопанкреатографии (МРХПГ) с методом трехмерной (3D) визуализации для оценки анатомических вариантов кист холедоха у детей. В исследование были включены результаты МРХПГ 69 детей с врожденной кистой холедоха. Из них 24 мальчика, 45 девочек. Возраст пациентов от 5 суток до 17 лет, средний возраст  $3 \pm 1$  год. Компьютерная 3D-обработка проводилась после получения послойных изображений с последующей оценкой следующих параметров визуализации: возможности определения типа кисты холедоха в соответствии с классификацией Todani; наличия aberrантных протоков и аномального панкреатобилиарного соединения; состояния внутрипеченочных протоков; оценка постоперационных осложнений. Различий в отношении качества изображения общего желчного протока и определения типа кисты холедоха в соответствии с классификацией Todani, а также в определении постоперационных осложнений и состояния внутрипеченочных протоков выявлено не было. Визуализация анатомических вариантов слияния внутрипеченочных протоков на 3D-модели была значительно лучше (85,5%), чем на изображениях МРХПГ (40,57%). 3D-модель четко показывала слияние каждого протока, в то время как перекрывающиеся структуры и вариации в желчном протоке скрывали варианты соединения на изображениях МРХПГ. Модель 3D-визуализации обеспечила более четкую топографическую визуализацию в отношении типа АПБС у 84% детей при 3D-визуализации и лишь у 28% при МРХПГ. Построение 3D-моделей позволяет преодолеть ограничения визуализации МРХПГ в виде проекционного наложения анатомических структур за счет получения объемных трехмерных изображений с возможностью удаления объектов, наслаивающихся на область визуализации, и более четкого выделения зоны интереса. Таким образом, дополнение стандартного МРХПГ исследованием построением 3D-моделей улучшает эффективность метода для диагностики врожденных кист холедоха и оценки вариантов строения желчевыводящих путей без лучевой нагрузки и внутривенного контрастирования.

**Summary.** The purpose of this study was to compare the capabilities of standard magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP) with the method of three-dimensional (3D) imaging to assess anatomical variants of choledochal cyst in children. The study included the results of MRCP in 69 children with congenital choledochal cyst. Of these, 24 are boys, 45 are girls. The age of patients is from 5 days to 17 years, the average age is  $3 \pm 1$  years. 3D computer processing was carried out after obtaining layered images with subsequent assessment of the following visualization parameters: the possibility of determining the type of choledochus cyst in accordance with the Todani classification; the presence of aberrant ducts and abnormal pancreatobiliary junction (APBS); the condition of intrahepatic ducts; assessment of postoperative complications. There were no differences in the image quality of the common bile duct and the determination of the type of choledochal cyst in accordance with the Todani classification, as well as in postoperative complications and the condition of the intrahepatic ducts. Visualization of anatomical variants of intrahepatic duct fusion on the 3D

<sup>1</sup> ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения г. Москвы»

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России

<sup>3</sup> ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования», г. Москва

<sup>4</sup> Центральная клиническая больница Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва

model was significantly better (85.5%) than on MRCP images (40.57%). The 3D model clearly showed the fusion of each duct, while overlapping structures and variations in the bile duct hid the connection options in the MRCP images. The 3D visualization model provided clearer topographic visualization with respect to the type of APBS in 84% of children with 3D visualization and only 28% with MRCP. The construction of 3D models makes it possible to overcome the limitations of MRCP visualization in the form of a projection overlay of anatomical structures, by obtaining three-dimensional images with the possibility of removing objects layered on the visualization area and more clearly highlighting the zone of interest. Thus, the addition of a standard MRCP study with the construction of 3D models improves the effectiveness of the method for diagnosing choledochal cyst and evaluating variants of the structure of the biliary tract without radiation exposure and intravenous contrast.

**Для цитирования:** Сравнение возможностей трехмерной визуализации и стандартной магнитно-резонансной холангиопанкреатографии при диагностике кист холедоха у детей / О.В. Луковкина [и др.] // Практика педиатра. 2023. № 3. С. 64–68.

**For citation:** Lukovkina O.V. et al. Comparison of the possibilities of three-dimensional visualization and standard magnetic resonance cholangiopancreatography in the diagnosis of choledochal cysts in children. *Pediatrician's Practice*. 2023;(3):64–68. (In Russ.)

### АКТУАЛЬНОСТЬ

Киста холедоха – это достаточно редкий порок развития желчевыводящих путей, проявляющийся веретенообразным или мешковидным расширением внутри- и внепеченочных желчных протоков [1]. Распространенность кист холедоха в западных странах варьирует от 1 на 100 тыс. до 1 на 150 тыс. с чуть большей частотой в Азии [2]. Кисты холедоха встречаются преимущественно у женщин (75–80%) и детей, причем в 80% случаев диагноз ставится в возрасте до 10 лет [3].

Выделяют 5 типов кистозных трансформаций желчных протоков по Todani [4]:

I тип – кистозное мешкообразное или веретенообразное расширение холедоха;

II тип – дивертикул внепеченочных желчных протоков;

III тип – холедохоцеле (кистоподобное расширение интрамуральной части общего желчного протока в области панкреатобилиарного соустья);

IV тип – кистозное мешкообразное или веретенообразное расширение холедоха в сочетании с кистозным расширением внутрипеченочных желчных протоков;

V тип – кисты внутрипеченочных желчных протоков при неизменном общем желчном протоке (болезнь Кароли).

В педиатрической практике для диагностики кист холедоха проводят ультразвуковое исследование, эндоскопическую ретроградную холангиографию, магнитно-резонансную холангиопанкреатографию (МРХПГ) и интраоперационную холангиопанкреатографию [5]. МРХПГ является методом выбора в педиатрической практике за счет неинвазивности и отсутствия лучевой нагрузки [6]; однако изображения получаются с использованием метода проекции максимальной интенсивности

(МIP) за счет двумерной плоскостной визуализации, что может привести к неточной интерпретации из-за наслаивающихся анатомических структур [7]. Кроме того, визуализация МРХПГ склонна к ложноотрицательным результатам при использовании без оценки исходных корональных или аксиальных срезов.

Трехмерная (3D) визуализация представляет современную технологию с преобразованием исходных послойных МР-изображений в 3D-модель с использованием интерактивной обработки изображений [8].

Такая модель помогает более детально спланировать ход оперативного вмешательства за счет лучшей пространственной визуализации анатомических структур в области панкреатобилиарной зоны.

Целью данного исследования было сравнить стандартную магнитно-резонансную холангиопанкреатографию с методом трехмерной (3D) визуализации для оценки анатомических вариантов кист холедоха у детей.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены результаты магнитно-резонансной холангиопанкреатографии 69 детей с врожденной кистой холедоха. Из них 24 мальчика, 45 девочек. Возраст пациентов от 5 сут до 17 лет, средний возраст  $3 \pm 1$  год.

Исследование проводили на магнитно-резонансном томографе Excelart Vantage Atlas-X с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл (Toshiba, Япония) с использованием 8-канальной катушки для сканирования тела Body flex и датчика синхронизации с дыханием. Внутривенное введение гадолиний содержащих контрастных веществ и секретина не применялось. Детям до 5 лет исследование проводилось с использованием анестезиологического посо-

бия (препарат севоран). У детей старшего возраста – при синхронизации с дыханием или при задержке дыхания на выдохе.

Протокол МРХПГ включал следующие стандартные последовательности: AX T2 Fase, COR T2 Fase, 3D MRCP с различным расположением блока направления сканирования.

Компьютерная 3D-обработка проводилась после получения послойных изображений с применением программного обеспечения предустановленного на магнитно-резонансном томографе Excelart Vantage Atlas-X (Toshiba, Япония) и дополнительно с помощью программы Radiant DICOM Viewer (Medixant Maciej Frankiewicz, Польша) с использованием инструмента 3D VR (рендеринг объема) в интерактивном окне.

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v.3.0.9 (разработчик ООО «Статтех», Россия). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1 – Q3). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты анализа МРХПГ-изображений и 3D-моделей были проанализированы по следующим параметрам:

- тип кисты;
- наличие aberrантных протоков;
- наличие аномального панкреатобилиарного соединения;
- состояние внутрипеченочных протоков;
- оценка постоперационных осложнений.

В соответствии с классификацией Todani (табл.) не было выявлено различий в отношении качества изображения общего желчного протока и определения типа кисты холедоха (рис. 1).

Результаты анализа изображений магнитно-резонансной холангиопанкреатографии и 3D-моделей в соответствии с классификацией Todani и по форме кисты

Показатель	Категория	МРХПГ, %	3D, %	95% ДИ
Тип кисты по Todani	Ia	31,9	31,9	21,2 – 44,2
	Ic	43,5	43,5	31,6 – 56,0
	IVa	24,6	24,6	15,1 – 36,5

Для решения клинических задач важно не только определить наличие кисты холедоха и ее форму, но и оценить анатомо-топографические соотношения для планирования тактики оперативного лечения. Проведена оценка визуализации вариантов слияния внутрипеченочных протоков и наличие аномально-го панкреатобилиарного соединения.

Визуализация внутрипеченочных протоков на 3D-модели была значительно лучше (85,5%), чем на изображениях МРХПГ (40,57%). 3D-модель четко показывала слияние каждого протока, в то время как перекрывающиеся структуры и вариации в желчном протоке скрывали варианты соединения на изображениях МРХПГ (рис. 2).

Из 69 исследований только у 53 детей удалось визуализировать панкреатический проток, различий в качестве изображений не выявлено. Ограничения визуализации связаны с малым диаметром протока у детей младшего возраста.

Однако при оценке топографического соотношения модель 3D-визуализации показала большую информативность, в частности при оценке аномального панкреатобилиарного соединения (АПБС) (рис. 3).

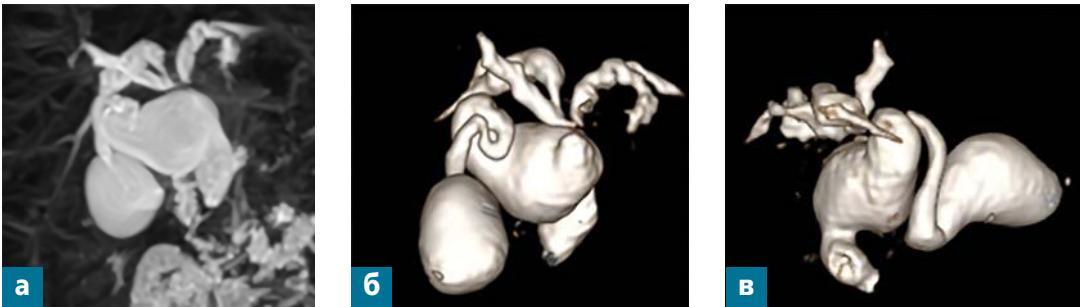
При наличии АПБС у детей с кистозными расширениями желчных протоков выявляется высокое впадение в холедох панкреатического протока с формированием длинного общего канала. Из 53 детей, у которых прослеживался панкреатический проток, у 25 выявлено АПБС, из них у 4 детей проанализировать слияние протоков было возможно только на исходных коронарных МРХПГ-изображениях.

При построении 3D-моделей отмечалась лучшая пространственная визуализация и определение типа АПБС у 84% детей, особенно в случаях, когда диаметр протока больше 1,2 мм. При МРХПГ у 28% пациентов удалось определить тип АПБС.

Не было выявлено различий в отношении качества изображения при оценке состояния внутрипеченочных протоков (рис. 4) и постоперационных осложнений, таких как стеноз билиодигестивного анастомоза (рис. 5).



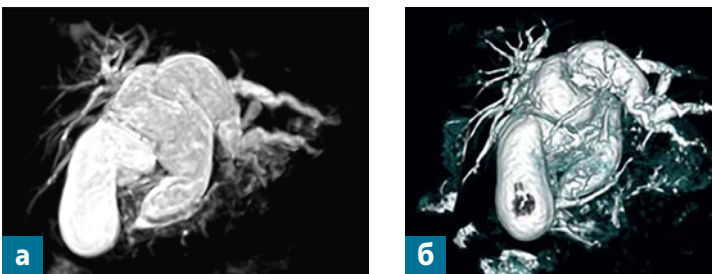
**Рис. 1.** Магнитно-резонансные холангиопанкреатографические изображения в коронарной плоскости (а) и 3D-реконструкция (б): киста холедоха IVa тип по Todani



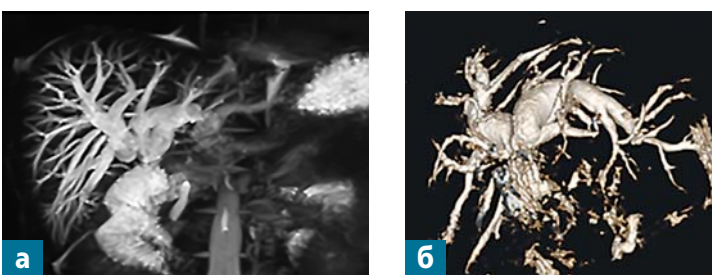
**Рис. 2.** Магнитно-резонансные холангиопанкреатографические изображения в коронарной плоскости (а) и 3D-реконструкция (б, в): киста холедоха с I типом слияния внутрипеченочных протоков по Nakamura (правый задний печеночный проток сливается с правым передним, образуя правый печеночный проток)



**Рис. 3.** Магнитно-резонансные холангиопанкреатографические изображения в коронарной плоскости (а) и 3D-реконструкция (б, в): киста холедоха с аномальным панкреатобилиарным соединением



**Рис. 4.** Магнитно-резонансные холангиопанкреатографические изображения в коронарной плоскости (а) и 3D-реконструкция (б): киста холедоха с расширенными внутрипеченочными протоками



**Рис. 5.** Магнитно-резонансные холангиопанкреатографические изображения в коронарной плоскости (а) и 3D-реконструкция (б): стеноз билиодигестивного анастомоза с выраженным расширением внутрипеченочных желчных протоков

Таким образом, метод 3D-визуализации способствовал более точной морфологической оценке врожденных кист холедоха и предоставил исчерпывающую пространственную анатомическую информацию для постановки диагноза.


Наше исследование коррелирует с данными, опубликованными Peng Wang и соавт. [9], получившими также более высокие показатели с помощью 3D-модели (65,7%), чем при визуализации МРХПГ (37,1%), для разграничения анатомии секторальных внутрипеченочных протоков и обнаружения редких анатомических вариантов строения панкреатодуоденальной зоны [9].

Однако существуют ограничения метода, связанные с малым диаметром протоков, что может привести к потере информации при использовании только 3D-реконструкций, без предварительного анализа исходных МРХПГ-изображений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование показывает, что построение 3D-моделей позволяет преодолеть ограничения визуализации МРХПГ в виде проекционного наложения анатомических структур за счет получения объемных трехмерных изображений с возможностью удаления объектов, наслаивающихся на область визуализации, и более четкого выделения зоны интереса. При этом не рекомендуется оценивать только 3D-модели как отдельное исследование без предварительного анализа исходных МРХПГ-данных из-за возможной потери информации за счет малого калибра протоков у детей и появления ложноотрицательных результатов.

Таким образом, стандартные МРХПГ-исследования рекомендовано дополнять построением 3D-реконструкций для более точной оценки вариантов строения желчевыводящих путей, что позволяет детально спланировать ход оперативного вме-

шательства у детей с кистами холедоха и не требует дополнительных интраоперационных методов диагностики. 

### Литература

1. Pediatric choledochal cysts: diagnosis and current management / C.S. Kevin [et al.] // *Pediatric Surgery International*. 2017. Vol. 33. P. 637–650.
2. Diagnostic performance of magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP) versus endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) in the pediatric population: a clinical effectiveness study / J.R. Dillman [et al.] // *Abdominal Radiology*. 2019. Vol. 44. P. 2377–2383.
3. Japanese clinical practice guidelines for pancreaticobiliary maljunction / T. Kamisawa [et al.] // *WJG, World J Gastroenterol*. 2012. Vol. 47. P. 731–59.
4. Реконструкция желчных ходов при мальформации холедоха у детей / А.Ю. Разумовский [и др.] // *Детская хирургия*. 2021. Т. 25 (1). С. 4–10. DOI: <https://dx.doi.org/10.18821/1560-9510-2021-25-1-4-10>.
5. Usefulness and safety of endoscopic retrograde cholangiopancreatography in children with pancreaticobiliary maljunction / T.Hiramatsu [et al.] // *Pediatric Surgery*. 2015. Vol. 50, No. 3. P. 377–381. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2014.08.024>
6. Presentation and clinical outcomes of choledochal cysts in children and adults: a multi-institutional analysis / K.C. Soares [et al.] // *JAMA Surgery*. 2015. Vol. 150, No. 6. P. 577–584.
7. 3-T MRI of the biliary tract variations / H. Onder [et al.] // *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2013. Vol. 35, No. 2. P. 161–167.
8. 3D-MRCP for evaluation of intra- and extrahepatic bile ducts: comparison of different acquisition and reconstruction planes / K.I. Ringe [et al.] // *BMC Medical Imaging*. 2014. Vol. 14. P. 16.
9. Three-dimensional visualization technique compared with magnetic resonance cholangiopancreatography for evaluation of anatomic variants of pediatric congenital choledochal cysts / P. Wang, Y. Gong, S. Lu, J. Chen // *Pediatric Surgery International*. 2021. Vol. 37, No. 6. P. 705–713. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00383-020-04854-2>.