

А.В. Петрайкин<sup>1</sup>, А.Ю. Разумовский<sup>2</sup>, М.В. Ублинский<sup>1</sup>, А.В. Сиденко<sup>3</sup>, С.Ю. Гурьяков<sup>1</sup>, Д.В. Горохов<sup>1</sup>

## МУЛЬТИСПИРАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ С КОНТРАСТНЫМ УСИЛЕНИЕМ В ДИАГНОСТИКЕ ХИРУРГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ У ДЕТЕЙ

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии, 119180, Большая полянка, д. 20, Москва;

<sup>2</sup>Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова Минздрава России, 117997, ул. Островитянова, д. 1, Москва, Россия;

<sup>3</sup>ДКБ № 13 им. Н. Ф. Филатова, 103001, Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15

Петрайкин Алексей Владимирович, petrai@rambler.ru

*В ходе работы были проанализированы результаты применения мультиспиральной компьютерной томографии с контрастным усилением у 39 детей с хирургической патологией грудной полости или подозрением на нее. В группу входили пациенты с пороками развития сосудов средостения, бронхиального дерева и легочной ткани, объемными поражениями и воспалительными изменениями. Большая часть пациентов (32 ребенка) исследована по двухфазной методике сканирования: артериальная фаза (5,5–7 с), отсроченная фаза (34 с) после достижения порога срабатывания (150 ед. Н) на трекере, который устанавливался на правом желудочке у детей возрастных групп до 5 лет, на левом желудочке или дуге аорты у пациентов более старших возрастных групп. В артериальной фазе рентгеновская плотность сосудов малого круга и магистральных артерий составляла в среднем 420 ед. Н, вены контрастировались незначительно, в отсроченной фазе устанавливались одинаковые плотности для всех элементов отделов сосудистого русла (средняя плотность 215 ед. Н). При оценке диагностической эффективности артериальной и отсроченной фаз контрастного усиления было установлено, что наибольшую группу (44%) составляют пациенты, которым были необходимы обе фазы контрастного усиления. Показано, что средняя эффективная доза облучения пациента для одной фазы и одного региона сканирования "грудная клетка" составляет 2,4 мЗв при расчете по российским методическим указаниям и 2 мЗв при расчете согласно европейским рекомендациям. Снижение дозовой нагрузки возможно путем тщательного планирования контрольного исследования, исключения малоинформативных фаз, а также нативного сканирования, снижения напряжения на трубке. При первичном исследовании пациентов с подозрением на хирургическую патологию грудной полости целесообразно применение двухфазного сканирования с внутривенным введением контрастного вещества.*

**Ключевые слова:** мультиспиральная компьютерная томография с контрастным усилением, торакальная хирургия, органы грудной полости, дети

*A. V. Petryaikin, A. Yu. Razumovsky, M. V. Ublinsky, A. V. Sidenko, S. Yu. Gur'yakov, D. V. Gorokhov*

### CONTRAST-ENHANCED MULTISPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY IN DIAGNOSTICS OF SURGICAL DISEASES OF THE THORACIC CAVITY IN CHILDREN

*Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology*

*N.I.Pirogov Russian National Research Medical University*

*N.F.Filatov Children's Clinical Hospital No 13, Moscow*

*We analysed the results of contrast-enhanced msCT in 39 children with overt or suspected surgical diseases of the thoracic cavity including mediastinal, bronchial and pulmonary vascular malformation, extensive and inflammatory lesions. Most patients (32) were examined by two-phase (arterial and delayed) scanning, 5.5-7 and 34 s respectively after achievement of tracking threshold, 150 U H (right ventricle in children under 5 yr or left ventricle and aortic arch in elder ones). In the arterial phase, X-ray density of the vessels of the lesser circulation and main arteries averaged 420 U. The veins were poorly contrasted. Similar density of all elements of the vascular bed were recorded in the delayed phase (mean 215 U H). Comparative assessment of diagnostic value of arterial and delayed phases of contrast amplification showed that 44% of the patients needed examination in both phases. Mean effective radiation dose per one phase and one chest region is 2.4 and 2.0 Sv in accordance with Russian and European guidelines. It may be lowered by means of thorough planning of control studies, exclusion of low-efficacy phases, native scanning, and reduction of tube voltage. It is concluded that primary examination of the patients with suspected surgical pathology of thoracic cavity must include two-phase scanning with i/v administration of a contrast agent.*

**Key words:** contrast-enhanced multispiral computed tomography, thoracic surgery, chest organs, children

Развитие хирургической техники, внедрение малоинвазивных эндоскопических вмешательств расширяют показания к оперативному лечению патологических состояний органов грудной полости у детей [1—4]. Методом выбора в большинстве случаев хирургической патологии грудной клетки у детей является мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ). Специфика данного анатомического региона — сочетание тканей со всем спектром рентгеновской плотности — предполагает именно компьютерную томографию как оптимальный метод визуализации [5—12]. Компью-

терная томография имеет значительно более высокую устойчивость к артефактам дыхания и сердцебиения и может с успехом использоваться у детей. Применение МСКТ грудной клетки с контрастным усилением (МСКТ с КУ, КТ-ангиография) позволяет четко дифференцировать сосудистые структуры средостения, брахиоцефальной области и поддиафрагмального региона [5—7, 9—13].

Цель исследования: оптимизация методики мультиспиральной компьютерной томографии с контрастным усилением у детей с подозрением на хирургическую

патологию органов грудной полости. В задачи исследования входили: определение оптимальных параметров сканирования, оценка вклада фаз контрастного усиления в постановку диагноза, определение эффективных доз облучения пациентов.

### Материал и методы

Нами были обследованы дети с патологией органов грудной полости, в основном раннего и младшего дошкольного возраста (31 ребенок в возрасте до 5 лет, что составило 79% от общего числа обследованных детей) (см. таблицу). Группы пациентов выделены по международной системе возрастного деления и соответствующей возрасту таблице лучевой нагрузки [7, 10]. Всем детям (39 пациентов) выполнялось диагностическое исследование: МСКТ с КУ. В основном (35 детей, 90%) выполнялось двухфазное сканирование: артериальная и отсроченная фазы. Исключение составили 4 пациента, у которых в 3 случаях были выполнены сканирования в отсроченной фазе, в одном случае проведено исследование только в артериальной фазе. Бесконтрастные (нативные) исследования были выполнены 31 (79%) пациенту. Восемь пациентам, поступившим для контрольного послеоперационного обследования, бесконтрастные исследования не проводились. Анестезиологическое пособие потребовалось 29 (74%) пациентам. Пациентам старше 4 лет наркоз не проводили.

Исследования выполнены на 16-срезовом (31 ребенок, 79%) и 64-срезовом (8 детей, 31%) сканерах Brilliance ("Филипс", Голландия). Напряжение на трубке во всех случаях было 120 кВ, показатель МАС (миллиампер×секунда) от 30 МАС для возрастной группы до одного года, до 150 МАС — у детей старшей возрастной группы (10—15 лет). Во всех возможных случаях использовалась программа оптимизации лучевой нагрузки ACS, ZDOM. Автоматическое включение этих технологий происходило у детей старше 1,5 лет. У большинства пациентов в группах до 5 лет трекер (участок среза, в котором отслеживается поступление контрастного вещества и запускается спиральное сканирование) помещался на правый желудочек сердца, у детей более старших возрастных групп — на левый желудочек или дугу аорты. Порог срабатывания составил 150 ед. Хаунсфилда.

Данный подход к выбору трекера позволяет избежать влияния индивидуальных особенностей гемодинамики и

строения венозного русла на скорость доставки контрастного вещества, а также учесть временные ограничения 16-срезового сканера. Пример подобного сканирования представлен на рис. 1. Данное исследование выполнено у пациента Б-в, 3 лет 1 мес, который часто болеет респираторными заболеваниями, при гастроскопии был выявлен стеноз пищевода, трахеопищеводный свищ, при бронхоскопии — компрессионный стеноз трахеи.

Для введения контрастного вещества использовался шприц-инжектор Mallinckrodt CT9000. Скорость инъекции составляла от 0,8 мл/с для детей до одного года до 3,5 мл/с для детей 10—15 лет. В качестве рентгеноконтрастного вещества использовался неионный йодсодержащий препарат "Ульравист" фирмы "Bayer" (Германия) с концентрацией йода 300 и 370 мг/мл. Объем вводимого контрастного вещества не превышал возрастных норм для внутривенного введения, установленных фирмой-производителем. Побочные эффекты и аллергические реакции выявлены не были. Расчет объема и скорости вводимого контрастного вещества проводился с условием, что сканирование в артериальной фазе необходимо начать раньше окончания введения контрастного вещества. Временные задержки начала сканирования составили: от 5,5 до 7 с для артериальной фазы (с учетом выбора зоны трекера, см. выше), 34 с для отсроченной фазы, после достижения 150 ед. X в зоне трекера.

### Результаты и обсуждение

В работе проанализированы результаты МСКТ с КУ, выполненные у 39 детей (22 мальчика, 17 девочек) различных возрастных групп с хирургической патологией органов грудной полости или подозрением на нее (см. таблицу). В качестве сопутствующей патологии были отмечены пороки развития скелета у 3 пациентов, патология органов брюшной полости у 8 пациентов, малые аномалии развития сердца и дефекты сердечных перегородок у 3 пациентов, грыжи диафрагмы у 3 пациентов.

Дооперационная диагностика проводилась у 31 пациента, 5 пациентов были прооперированы по результатам наших исследований, у 4 пациентов патологические образования грудной клетки не обнаружены, у

**Распределение детей различных возрастных групп по виду патологии грудной полости, обследованных по методике МСКТ с КУ**

Виды патологии	Возрастные группы				
	до одного года	1—5 лет	5—10 лет	10—15 лет	> 15 лет
Пороки развития органов грудной полости:	20	13	1	7	
легочная секвестрация	5		1	1	
аномалия магистральных сосудов средостения, включая аномальный дренаж легочных вен	10	5		2	
кистозные образования легких	2	4		1	
аномалии трахеи и крупных бронхов	3	3		1	
артериовенозные шунты		1		1	
дистопия лимфоидной ткани тимуса				1	
Объемные поражения:	2	1			
ангиома	1				
липобластома неустановленного характера	1	1			
Воспалительные изменения:	8	6	3	2	
легочной ткани	7	5	1	1	
реактивные изменения лимфоузлов средостения	1	1	2	1	
Общее количество больных	18	13	4	4	0

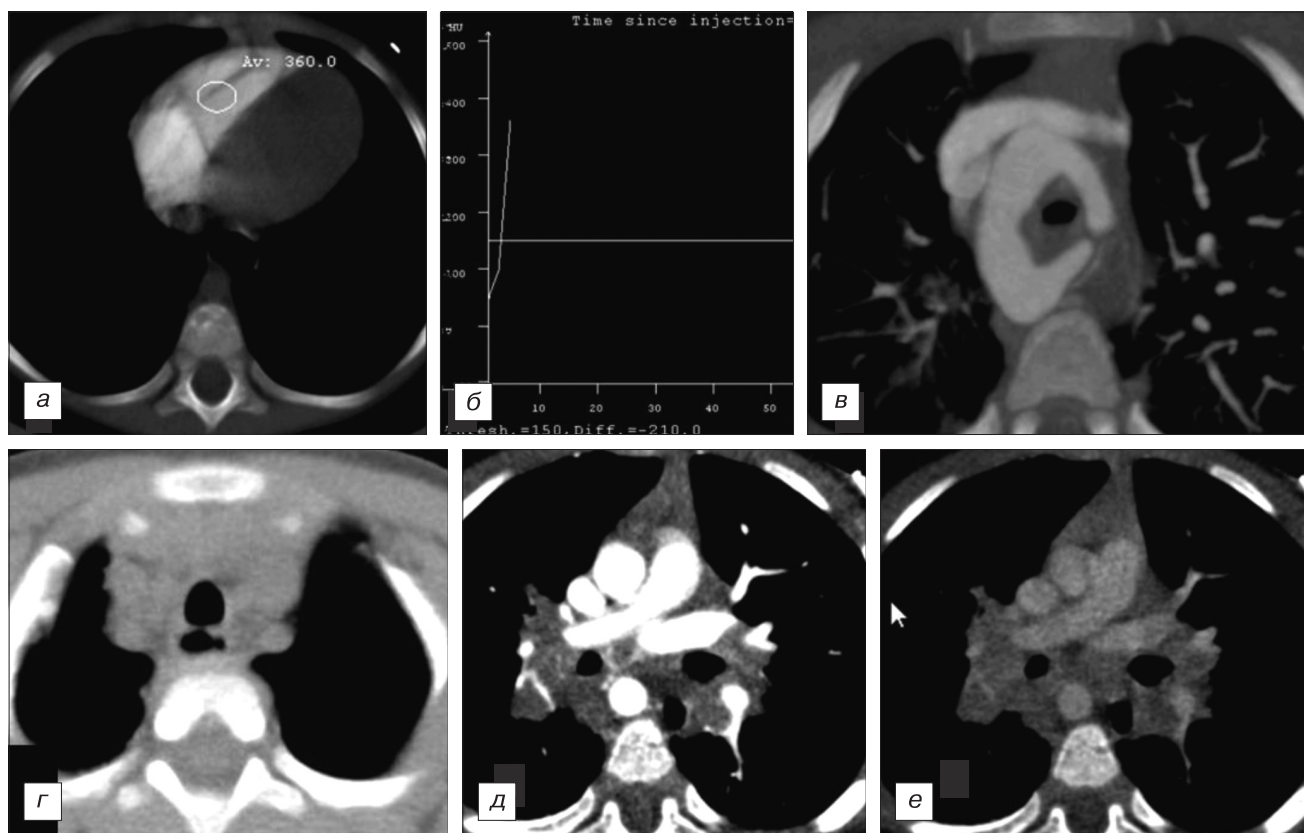


Рис. 1. Компьютерные томограммы пациента Б.

При выполнении МСКТ с КУ трекер устанавливался на правый желудочек (а). График рентгеновской плотности на трекере при введении контрастного вещества со скоростью 2 мл/с, контраст вводился через подключичный катетер слева, запуск через 5 с после старта инъекции (б), обнаружена правая дуга аорты с леворасположенной артериальной связкой, формированием сосудистого кольца вокруг трахеи и пищевода (в). Также был подтвержден диагноз трахеопищеводного свища (з), отмечена лимфоаденопатия лимфоузлов средостения (д, е) на фоне хронической пневмонии, альвеолита. Изображение (з) — доконтрастное, сосудистые структуры средостения не дифференцируются. Изображение (д) — артериальная фаза, оптимальная для визуализации сосудов малого круга, артериальных стволов, а также лимфоузлов средостения ниже уровня вены доставки (д). Менее контрастно структуры средостения дифференцируются при отсроченном сканировании (е).

22 пациентов хирургические вмешательства были отложены. Исследования после операции выполнены у 8 пациентов.

Расчет эффективной дозы облучения на основе значения DLP показал следующие результаты: в группе пациентов до года  $9,4 \pm 3,9$  (макс. 20,4, мин. 5,9) мЗв, удельная эффективная доза на один анатомический регион 2,3 мЗв; в группе от года до 5 лет  $7,7 \pm 2,5$  (макс. 19,9, мин. 2,7) мЗв, удельная эффективная доза 1,7 мЗв, в группе от 5 до 10 лет  $6,7 \pm 1,3$  (макс. 12,2, мин. 3,4) мЗв, удельная эффективная доза 1,5 мЗв, в группе от 10 до 15 лет  $7,8 \pm 2,6$  (макс. 10,2, мин. 4) мЗв, удельная эффективная доза 2,5 мЗв. Удельная эффективная доза рассчитывалась для одного анатомического региона для одной фазы сканирования.

Анализ выполненных исследований МСКТ с КУ показал, что наибольший эффект визуализации отмечался в артериальной и отсроченной фазах. Особенности контрастирования магистральных сосудов в этих фазах у детей двух младших возрастных групп, до одного года и 1—5 лет, представлены на рис. 2. Это результаты измерения рентгеновской плотности в единицах Хаунсфилда (ед. Н) при МСКТ с КУ в камерах сердца, легочном стволе, аорте, сонных артериях, яремных и воротной венах. При интерпретации всех измерений необходимо учитывать, что плотность сосудистого рус-

ла возрастает за счет содержащегося в нем контрастного вещества, которое есть в плазме. Таким образом, итоговая плотность складывается из рентгеновской плотности крови (которая неизменна) и дополнительно введенного контрастного вещества. В обеих группах были выбраны по 5 человек. Приведены средние значения ( $n = 5$  в обеих группах)  $\pm$  стандартное отклонение. В сосудах малого круга, камерах сердца, магистральных артериях рентгеновская плотность в 2 раза выше в артериальной фазе по сравнению с отсроченной. Это формирует оптимальные условия для дифференцировки сосудов средостения до субмиллиметрового калибра. Вместе с тем венозные структуры еще не заполнены контрастным веществом. В отсроченную фазу рентгеновская плотность сосудов (как в венозных, так и артериальных) выравнивается, наступает равновесная фаза. На данной диаграмме не отражена плотность вены, по которой доставляется контрастное вещество (до 2925 ед. Н). Эти вены вызвали артефакты, затрудняя визуализацию структур верхнего средостения.

Нами проведен анализ диагностической эффективности артериальной и отсроченной фаз. Обе фазы КУ были в нашем исследовании выполнены 32 (100%) пациентам. Выделены 9 (28%) пациентов, у которых достаточными (возможно было выполнение любой из данных фаз) для постановки окончательного диагноза являлись обе фазы сканирования — артериальная

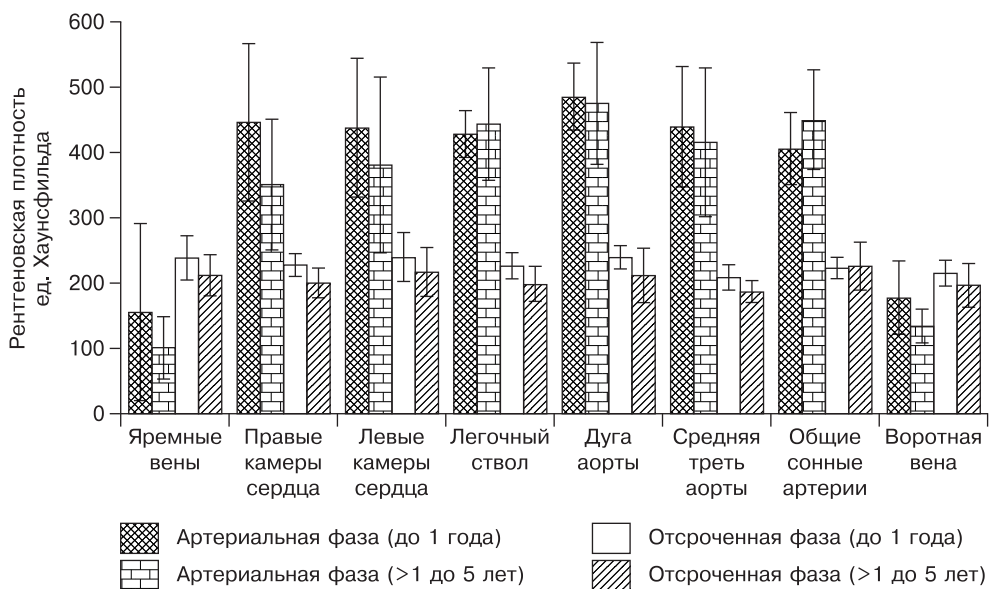


Рис. 2. Сравнительная характеристика рентгеновской плотности магистральных сосудов и сердца в младших возрастных группах при МСКТ с КУ.

Приведены средние значения ( $n = 5$  в обеих группах)  $\pm$  стандартное отклонение.

и отсроченная. Это была группа пациентов с незначительными отклонениями от нормы, а также с реактивно увеличенными лимфоузлами средостения. Также в данную группу был включен один пациент с множественными пороками развития (см. рис. 1), один пациент с кистозно-аденоматозным пороком легкого и пациент грудного возраста с секвестром правого легкого, имеющим крупную питающую артерию, отходящую от брюшного ствола.

Наиболее многочисленная группа — 14 (44%) пациентов, у которых необходимыми являлись обе фазы контрастного усиления — артериальная и отсроченная. Таким образом, диагностика структурных мягкотканых и сосудистых аномалий требует обязательного выполнения обеих фаз контрастного усиления. В нее включены пациенты с мягкоткаными объемными поражениями, множественными ангиомами и артериовенозными фистулами. Также к данной группе отнесены пациенты с аномальным ходом магистральных сосудов средостения и магистральных венозных коллекторов; в этих случаях необходимо было определить ход как артерий, так и вен. Артериальная фаза, оптимальная для четкой визуализации сосудов малого круга кровообращения, магистральных артерий (рис. 2), обладала недостатками: малым контрастированием венозных коллекторов (см. рис. 2), артефактами от вен доставки, когда артефакты в области верхнего средостения требуют дополнительной визуализации, т. е. выполнения отсроченной фазы.

У 4 (12%) пациентов выполнение только артериальной фазы было необходимо и достаточно. Это три наблюдения с секвестрами легких (в одном наблюдении секвестры были множественные, рис. 3), когда важно было идентифицировать афферентный сосуд секвестра, а венозный отток визуализировался в эту же фазу ввиду ускоренного кровотока в данных образованиях. В таких наблюдениях отсроченной фазы было бы недостаточно ввиду низкой абсолютной плотности сосудистых структур и снижения относительного контраста. Также к данной группе относится наблюдение

пациента с реимплантированной левой легочной артерией, когда артефакты от пульсации сердца, передаваемые на легочный ствол, затрудняли интерпретацию визуальной картины в отсроченную фазу, характеризуемую сниженным отношением сигнал/шум.

В 5 (16%) наблюдениях необходимым и достаточным условием корректной диагностики стало выполнение только отсроченной фазы сканирования. В этих случаях важно было оценить взаимоотношение паренхиматозных органов поддиафрагмальной области и органов грудной клетки (контроль после пластики диафрагмы). Также в данную группу отнесены пациенты, у которых требовалось дифференцировать структуры верхнего средостения, экранируемые артефактами от вены

доставки в артериальную фазу. Например, состояние после правосторонней пульмонэктомии, выполненной по поводу кистозно-аденоматозного порока легкого. Отмечены смещение средостения вправо, дислокация печени вследствие сложившихся новых анатомических взаимоотношений.

На рис. 3 приведен пример дооперационного исследования пациента 1,5-месячного возраста с множественными пороками сердца (массивный дефект межпредсердной перегородки, кардиомегалия), магистральных сосудов средостения, пороками строения бронхиального дерева (трахеальный бронх) и легочной ткани. Скорость введения контрастного вещества составила 0,8 мл/с. Отмечается уменьшение объема правого легкого, фрагменты безвоздушной паренхимы в обеих легких, более справа, эмфизематозные участки в верхней доле левого легкого. Больной был успешно оперирован, диагноз верифицирован.

На рис. 4 представлен пример контрольного исследования больного Я-ко, 1 года, после реконструктивной операции на магистральных сосудах средостения — устранения сосудистой петли, реимплантации левой легочной артерии. Скорость введения контрастного вещества составила 1,5 мл/с.

Диагностика хирургической патологии органов грудной полости у детей — актуальная задача, решение которой позволяет провести своевременные оперативные вмешательства. От качества диагностики патологических состояний, прежде всего легких и средостения, зависят выбор тактики хирургического лечения и последующая реабилитация пациентов [3—6, 13, 14].

Взаимодействие между рентгенологами и хирургами имело большое значение в планировании процедуры проведения МСКТ с КУ грудной клетки у детей. Оценка результатов исследования также проводилась совместно, заключительный рентгенологический диагноз являлся экспертным консолидированным мнением четырех врачей: двух рентгенологов и двух хирургов.

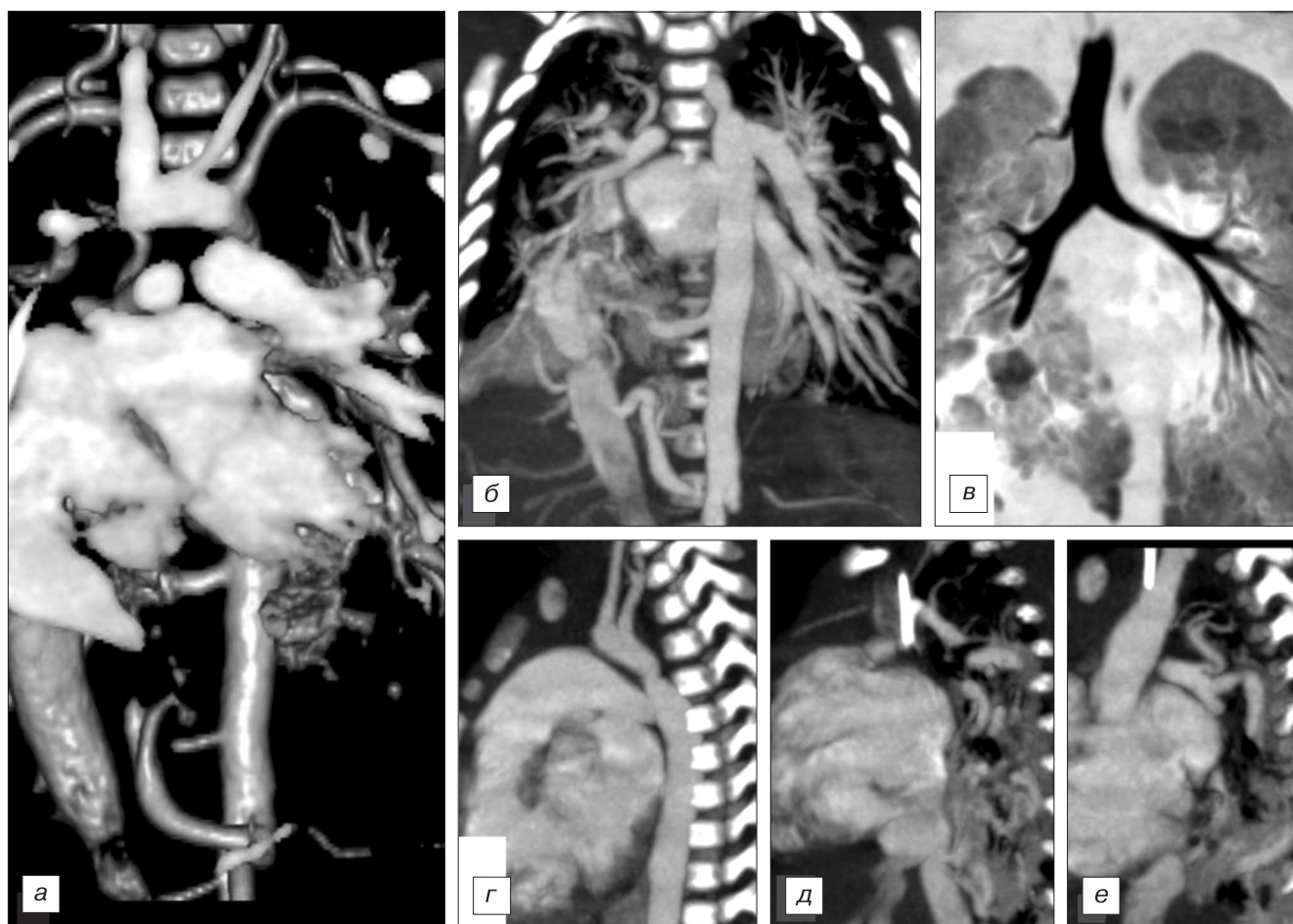


Рис. 3. Компьютерные томограммы пациента С.

При МСКТ с КУ, в артериальной фазе, отмечаются три aberrантных артериальных сосуда, питающих паренхиму правого легкого, множественная секвестрация (а, б). Определяется anomальное дренирование паренхимы правого легкого в нижнюю полую вену (д), непарную вену (е), расширение правого предсердия и нижней полой вены (а, б). Визуализирует некритическая коарктация аорты на уровне перехода дуги в нисходящий отдел (г). В режиме проекций минимальной интенсивности (MINIP) четко прослеживается дополнительный трахеальный бронх (pig bronchus) верхней доли справа (е).

В основе предлагаемой методики МСКТ с КУ грудной клетки у детей лежит двухфазный метод сканирования — выполнение артериальной и отсроченной фаз. Исследования с КУ включали диагностические возможности нативных КТ. Для оценки структур средостения, поддиафрагмальных отделов брюшной полости нативное исследование не имело диагностической ценности. В перспективе можно будет отказаться от выполнения данного сканирования, ограничившись сканированием с КУ.

Взяты нами за основу протоколы МСКТ, подробно представленные в разделе "Материалы и методы", в целом соответствуют протоколам, оптимизированным для 16-срезовых сканеров [15]. Использованная низкая скорость введения контрастного вещества в возрасте пациентов до года 0,8 мл/с отмечена в работах [5, 16]. С возрастом ребенка скорость введения контрастного вещества повышается и достигает 3,5 мл/с у детей старших возрастных групп. Это, с одной стороны, обусловлено физиологически — увеличением минутного объема крови у детей, который линейно связан показателем Грольмана с площадью поверхности тела ребенка. С другой стороны, общий объем вводимого контрастного вещества не должен превышать норм, рекомендован-

ных фирмой-производителем. Предложенные скорости введения контрастного вещества учитывают эти факторы, а неизбежное разведение по пути доставки болюса контрастного препарата не препятствует формированию интенсивной плотности сосудов малого круга, что отмечено на рис. 2. Для оптимальной визуализации сосудов грудной клетки и магистральных артерий трекер, отслеживающий поступление контрастного вещества, у пациентов до 5 лет был установлен на правый желудочек. Отслеживать болюс контрастного вещества в правых камерах сердца предлагается рядом исследователей [5, 16]. Запуск основного спирального сканирования в нашей работе осуществлялся автоматически, подобный подход предлагается в работе [5], другие авторы рекомендуют визуальное отслеживание поступления контрастного средства и запуск сканирования врачом [11, 16, 17]. Также существуют подходы, основанные на использовании фиксированных времен задержки, зависящих от возраста ребенка и его массы [2, 5]. Наш опыт показал, что оптимальным является автоматический запуск сканирования.

Диагностическая ценность артериальной и отсроченной фаз была оценена по показателям необходимости и достаточности для постановки окончательного

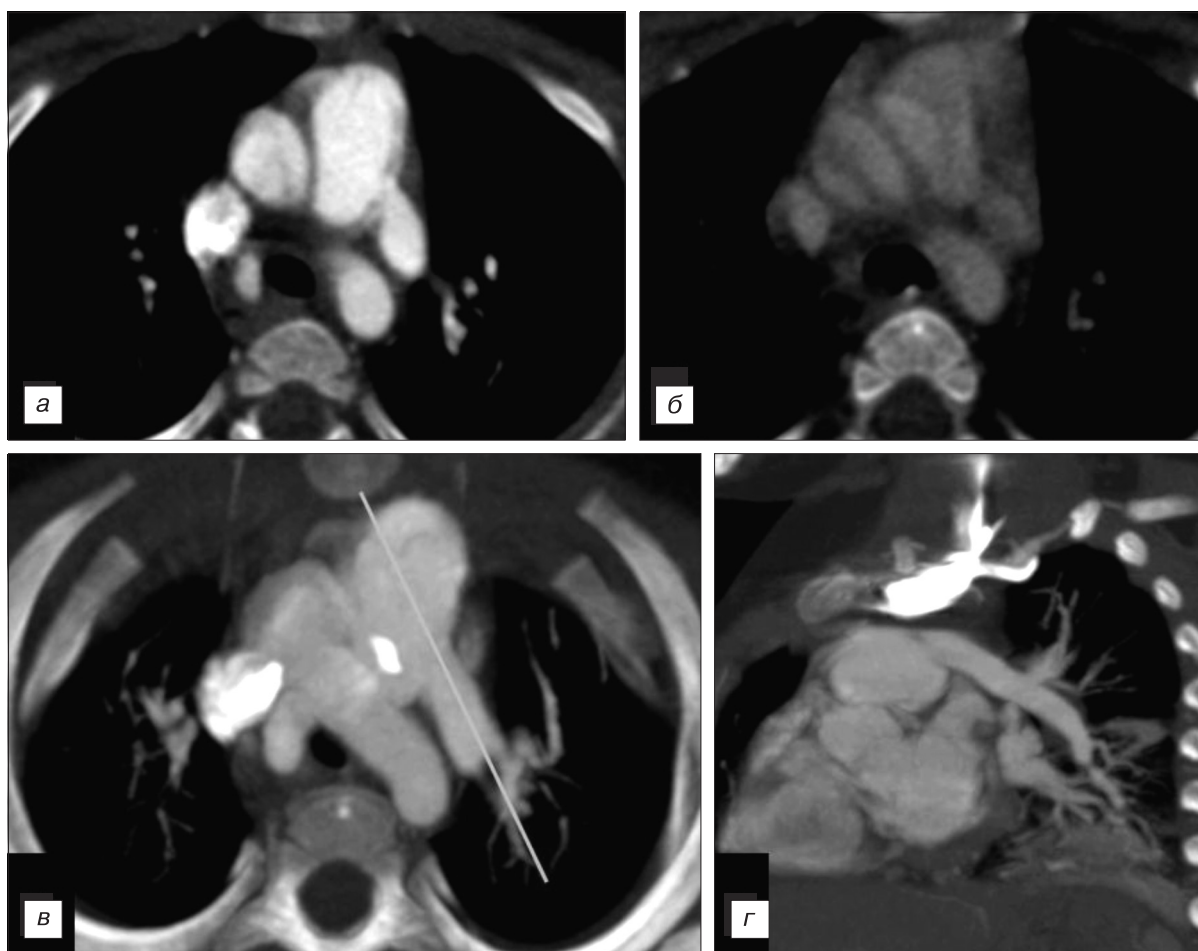


Рис. 4. Компьютерные томограммы больного Я.

Изображения выполнены в артериальную фазу (а), отсроченную фазу (б), предоставлены МIP-реконструкция (в), мультипланарная МIP-реконструкция вдоль реимплантированной левой легочной артерии. Плоскость реконструкции (z) проходит вдоль отрезка на изображении (д). Отмечается культя абберантной левой легочной артерии, ранее отходившей от правой легочной артерии (е). Левая легочная артерия реимплантирована (б—z), отходит от легочного ствола. Пищевод расположен справа. Данных о стенозе трахеи не получено. Кальцификат в аортопульмональной связке (е). Отмечаются послеоперационные уплотнения в левом легком (z).

диагноза. Наиболее многочисленная группа пациентов (44%) — те, у кого для постановки диагноза необходимо было оценить и артериальную, и отсроченную фазы КУ. Это доказывает необходимость применения обеих фаз контрастного усиления, особенно при первичной диагностике. Для оценки результатов оперативного лечения возможно ограничиться наиболее информативной фазой.

В диагностике разнообразной хирургической патологии грудной клетки используются все визуализирующие модальности современного детского хирургического стационара: рентгеновское исследование, компьютерная томография, ультразвуковое исследование, реже применяются однофотонная эмиссионная и позитронно-эмиссионная томографии, цифровая субтракционная ангиография. Отмечен существенный прогресс в применении магнитно-резонансной томографии (МРТ) легких [8]. МРТ-визуализация сосудистых структур средостения новорожденного ребенка с помощью объемного сканирования и болюсного введения контрастного вещества представлена в работе [18].

Однако именно МСКТ с КУ является методом выбора для визуализации хирургической патологии легких и средостения. Достаточно серьезным объективным ограничением считается высокая лучевая на-

грузка. В ходе работы были детально проанализированы лучевые нагрузки на пациентов при выполнении МСКТ с КУ. Мы опирались на методические указания по контролю эффективных доз облучения пациентов при рентгенологических исследованиях [7] и европейское руководство по оценке доз, полученных пациентами при КТ [10]. Максимальные величины в возрастных группах до 1 года и с 1 года до 5 лет (20,4 и 19,9 мЗв соответственно) были обусловлены необходимостью расширения сканирования на все анатомические регионы, включая голову. Полученные средние, максимальные и минимальные величины эффективных доз согласуются со значениями, отмеченными специалистами из Гарвардской медицинской школы Бостона при исследовании грудной клетки у детей [9].

Более однородные данные получены при расчете удельной эффективной дозы для одного анатомического региона (грудная клетка), усредненно для одной фазы. Эта величина существенно не зависела от выбранного возрастного диапазона (находилась в пределах разброса для одного диапазона) и составляла в среднем 2 мЗв при расчете по европейскому руководству [10] и 2,4 мЗв при расчете по российским методическим указаниям [7]. Эта эффективная доза является хорошей усредненной оценкой лучевой на-

грузки, полученной при однократном сканировании грудной клетки.

## Заключение

При исследовании детей с хирургической патологией грудной полости по методике мультиспиральной компьютерной томографии с контрастным усилением оптимальными параметрами являлись: артериальная фаза (5,5—7 с), отсроченная фаза (34 с) после достижения порога срабатывания 150 ед. Н на треке, который устанавливался на правом желудочке у детей возрастных групп до 5 лет, на левом желудочке или дуге аорты — у детей более старших возрастных групп. При оценке диагностической эффективности артериальной и отсроченной фаз контрастного усиления было показано, что наибольшую группу (44%) составляют пациенты, у которых было необходимо выполнение обеих фаз контрастного усиления. Показано, что средняя эффективная доза облучения пациента для одной фазы и одного региона сканирования "грудная клетка" составляет 2,4 мЗв при расчете по российским методическим указаниям и 2 мЗв при расчете согласно европейским рекомендациям. Снижение дозовой нагрузки возможно путем исключения нативного сканирования и малоинформативных фаз при контрольном исследовании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пыков М.И., Разумовский А.Ю., Митупов З.Б. Случай из практики: лучевая диагностика сосудистого кольца при компрессионном стенозе трахеи у детей. Медицинская визуализация. 2010; 1: 40—5.
2. Пыков М.И., Галкина Я.А., Шмиткова Е.В. Мультиспиральная КТ-ангиография в диагностике сосудистых аномалий головы и шеи у детей: применение метода 3D-реконструкции для дифференциальной диагностики. Медицинская визуализация. 2011; 2: 51—6.
3. Разумовский А.Ю., Гераскин А.В., Алхасов М.Б. Торакоскопические операции при кистозных образованиях грудной полости у детей. Детская хирургия. 2012; 2: 20—4.
4. Разумовский А.Ю., Ковалева Т.А., Рачков В.Е. Хирургическая коррекция сосудистых колец трахеи. Хирургия. 2012; 2: 26—30.
5. Гек Е.В., Карташов М.В., Карташова О.М. Компьютерная томография с болюсным контрастированием у детей. Медицинская визуализация. 2010; 5: 132—9.
6. Макаренко В.Н., Вишнякова М.В., Рогова Т.В. КТ-ангиография у детей первого года жизни с врожденными пороками сердца. Медицинская визуализация. 2004; 5: 56—62.
7. Методические указания "Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях (МУК 2.6.1.1797-03)", Утверждены руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко 19.07.2011 г. Введены в действие 19.07.2011 г. <http://www.36.rospotrebnadzor.ru/download/doc201104/my2.6.1.2944-11.doc>.
8. Biederer J., Mirsadraee S., Beer M. MRI of the lung. Insights Imag. 2012; 3: 345—86.
9. Lee E. Y., Kritsaneepaiboon S., Zurakowski D. Beyond the pulmonary arteries: Alternative diagnoses in children with MDCT pulmonary angiography negative for pulmonary. Embolism. Am. J. Roentgenol. 2009; 193: 888—94.
10. Shrimpton P. Assessment of patient dose in CT. NRPB-PE/1/2004. Chilton, England: National Radiological Protection Board, 2004.
11. Young C., Xie C., Owens C. M. Paediatric multi-detector row chest CT: what you really need to know. Insights Imag. 2012; 3: 229—46.
12. Kroft L.J.M., Roelofs J.J.H., Geleijns J. Scan time and patient dose for thoracic imaging in neonates and small children using axial volumetric 320—detector row CT compared to helical 64-, 32-, and 16-detector row CT acquisitions. Pediatr. Radiol. 2010; 40: 294—300.
13. Разумовский А.Ю., Алхасов М.Б., Шарипов А.М. Случай сочетания бронхогенной кисты в составе внелегочного секвестра левого легкого и порока развития перикарда. Детская хирургия. 2011; 6: 50—1.
14. Разумовский А.Ю., Рачков В.Е., Аллаберганов К.А. Выбор диагностических методов при деструктивных пневмониях у детей. Детская хирургия. 2006; 4: 4—5.
15. Huda W., Vance A. Patient Radiation Doses from Adult and Pediatric CT. Am. J. Roentgenol. 2007; 188: 540—6.
16. Oguz B., Haliloglu M. Paediatric multidetector CT angiography: spectrum of congenital thoracic vascular anomalies. Br. J. Radiol. 2007; 80: 376—83.
17. Papaioannou G., Young C. Multidetector row CT for imaging the paediatric tracheobronchial tree. Pediatr. Radiol. 2007; 37: 515—29.
18. Bartosh F.L., Chernogrivov A.E., Paramonova T.I. Использование современных методов визуализации в диагностике интракардиальной формы тотального аномального дренажа легочных вен у новорожденного. Клиническое наблюдение. Медицинская визуализация. 2011; 2: 120—4.

## REFERENCES

1. Pykov M.I., Razumovskiy A.Ju., Mitupov Z.B. Medicinskaya vizualizaciya. 2010; 1: 40—5 (in Russian).
2. Pykov M.I., Galkina Ja.A., Shmitkova E.V. Medicinskaya vizualizaciya. 2011; 2: 51—6 (in Russian).
3. Razumovskiy A.Ju., Geras'kin A.V., Alhasov M.B. Detskaya hirurgiya. 2012; 2: 20—4 (in Russian).
4. Razumovskiy A.Ju., Kovaleva T.A., Rachkov V.E. Hirurgiya. 2012; 2: 26—30 (in Russian).
5. Gek E.V., Kartashov M.V., Kartashova O.M. Medicinskaya vizualizaciya. 2010; 5: 132—9 (in Russian).
6. Makarenko V.N., Vishnjakova M.V., Rogova T.V. Medicinskaya vizualizaciya. 2004; 5: 56—62 (in Russian).
7. Guidelines "Control of effective doses to patients during medical rengenologicheskikh studies (MUK 2.6.1.1797-03)", Approved by the Head of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, Chief Medical Officer of the Russian Federation Onishhenko G.G. 19.07.2011. Put into effect 19.07.2011. Available at: <http://www.36.rospotrebnadzor.ru/download/doc201104/y.6.1.2944-11.doc> (in Russian).
8. Biederer J., Mirsadraee S., Beer M. Insights Imag. 2012; 3: 345—86.
9. Lee E. Y., Kritsaneepaiboon S., Zurakowski D. Beyond the pulmonary arteries: Alternative diagnoses in children with MDCT pulmonary angiography negative for pulmonary. Embolism. Am. J. Roentgenol. 2009; 193: 888—94.
10. Shrimpton P. Assessment of patient dose in CT. NRPB-PE/1/2004. Chilton, England: National Radiological Protection Board, 2004.
11. Young C., Xie C., Owens C. M. Paediatric multi-detector row chest CT: what you really need to know. Insights Imag. 2012; 3: 229—46.
12. Kroft L.J.M., Roelofs J.J.H., Geleijns J. Scan time and patient dose for thoracic imaging in neonates and small children using axial volumetric 320—detector row CT compared to helical 64-, 32-, and 16-detector row CT acquisitions. Pediatr. Radiol. 2010; 40: 294—300.
13. Razumovskiy A.Ju., Alhasov M.B., Sharipov A.M. Detskaya hirurgiya. 2011; 6: 50—1 (in Russian).
14. Razumovskiy A.Ju., Rachkov V.E., Allaberganov K.A. Detskaya hirurgiya. 2006; 4: 4—5 (in Russian).
15. Huda W., Vance A. Patient Radiation Doses from Adult and Pediatric CT. Am. J. Roentgenol. 2007; 188: 540—6.
16. Oguz B., Haliloglu M. Paediatric multidetector CT angiography: spectrum of congenital thoracic vascular anomalies. Br. J. Radiol. 2007; 80: 376—83.
17. Papaioannou G., Young C. Multidetector row CT for imaging the paediatric tracheobronchial tree. Pediatr. Radiol. 2007; 37: 515—29.
18. Bartosh F.L., Chernogrivov A.E., Paramonova T.I. Medicinskaya vizualizaciya. 2011; 2: 120—4 (in Russian).

Поступила 29.12.12