

К.А. Хасанова¹, И.Е. Тюрин¹, С.А. Рыжов², Е.В. Кижяев¹**СНИЖЕНИЕ ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ У ДЕТЕЙ**

1. Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава РФ, Москва.
E-mail: kkhas.ks@gmail.com; 2. Департамент Ростехнадзора, Москва

К.А. Хасанова – аспирант; И.Е. Тюрин – зав. кафедрой, д.м.н., проф.; С.А. Рыжов – главный специалист-эксперт;
Е.В. Кижяев – зав. кафедрой, д.м.н., проф.

Реферат

Цель: Оптимизация протокола компьютерной томографии при исследовании детей с лимфомой Ходжкина для снижения дозы облучения путем сокращения фаз сканирования без потери диагностической ценности метода.

Материал и методы: Был произведен анализ ретроспективных данных КТ 48 детей с впервые выявленной верифицированной лимфомой Ходжкина, выполненные на этапе первичного стадирования и после проведения первого этапа химиотерапии для оценки эффективности лечения. Все исследования выполнялись с применением болюсного контрастного усиления при сканировании на 16-срезовом компьютерном томографе в нативную, артериальную, венозную и отсроченную фазы. В ходе анализа происходила оценка лучевой нагрузки и диагностической ценности каждой из фаз сканирования.

Результаты: Двухфазное сканирование (в нативную и венозную фазы) для первичных пациентов позволяет статистически значительно сократить кумулятивную эффективную дозу (ЭД) почти в 2 раза. Проведение однофазного сканирования позволяет статистически значительно сократить ЭД в среднем в 3,8 раз как при первичном, так и при динамическом исследовании, причем использование сокращенного протокола не уменьшает диагностическую ценность КТ.

Заключение: Наибольшее количество многократно повторяющихся в динамике КТ исследований проводится детям с лимфомами. Показатели лучевой нагрузки увеличиваются в несколько раз при многофазном сканировании с контрастным усилением. Применение предложенного нами сокращенного протокола КТ не снижает качество лучевой диагностики лимфомы Ходжкина у детей и одновременно позволяет заметно уменьшает лучевую нагрузку на ребенка.

Ключевые слова: компьютерная томография, лучевая нагрузка, дети, радиационная безопасность, лимфома Ходжкина, многофазное сканирование

Поступила: 03.07.2018. Принята к публикации: 29.11.2018

Введение

В настоящее время главным дозообразующим фактором воздействия радиации на население, имеющим существенный потенциал для снижения, является медицинское облучение в диагностических целях. В ряде стран дозы, получаемые населением от лучевой диагностики, уже заметно обогнали природный естественный радиационный фон и имеют тенденцию к дальнейшему росту [1]. Данная ситуация связана, с одной стороны, с увеличением частоты назначений диагностических процедур, с другой – с распространением высокодозных методов исследований. В сложившейся ситуации особенно остро стоит проблема избыточной лучевой нагрузки среди пациентов детского возраста [2], что связано как с высокой восприимчивостью детей к ионизирующему излучению за счет высокой пролиферативной активности организма, так и с большей ожидаемой продолжительностью жизни по сравнению со взрослыми, что создает кумулятивный эффект и увеличивает риск развития отдаленных стохастических эффектов [3]. В указанных обстоятельствах наиболее важным становится снижение дозовой нагрузки при проведении высокодозных методов исследования в случаях, предполагающих регулярное назначение исследований для контроля динамики или стадирования процесса.

Согласно общепринятым международным стандартам (клиническим рекомендациям) лечения детей с лимфомой Ходжкина (ЛХ), основным диагностическим методом, применяемым для первичной оценки распространенности процесса (первичное стадирование), после завершения первого этапа химиотерапии

(ХТ) и в конце лечения для контроля ответа опухоли на лечение, оценки статуса ремиссии и при подозрении на рецидив (рестадирование) является компьютерная томография [2]. В случае положительного ответа на лечение и достижения ремиссии, для подтверждения ее статуса, пациентам показано проведение контрольного КТ-исследования раз в 3 мес в течение первого года после лечения (4 исследования в год), раз в 4 мес в течение второго года (3 исследования в год), раз в 6 мес в течение третьего года и раз в год в течение последующих лет. Если же после проведения стандартных схем ХТ ремиссия не достигнута, пациенту изменяют схему лечения и после каждого проведенного блока назначают КТ с целью оценки ответа опухоли на проведенное лечение [4]. Таким образом, дети с ЛХ вынуждены проходить многократно повторяющиеся исследования. Так, в течение года ребенку может быть проведено более 10 КТ-сканирований.

В настоящее время ЛХ занимают второе место (после пациентов с нейробластомами) среди пациентов, получающих самые большие дозы облучения от проведения рентгенологических и радионуклидных методов исследований, и первое место по развитию отдаленных вторичных осложнений [5]. Суммарная годовая эффективная доза (ЭД), получаемая ребенком с лимфомой (преимущественно в первый год лечения и при рецидиве заболевания), составляет от 60 до 160 мЗв [4], что является существенным фактором риска и, в отдельных случаях, может приводить к возникновению ятрогенных радиационно-индуцированных отдаленных осложнений от проводимых рентгенологических,

радионуклидных методов обследования и агрессивной лучевой терапии [6].

К таким факторам риска для детей, успешно прошедших лечение и выздоровевших от ЛХ, следует отнести рецидивы лимфомы, вторичные злокачественные опухоли, сердечно-сосудистые заболевания, а также патологию дыхательной системы. Более чем у половины детей возникает хотя бы одно позднее осложнение, у 40 % – более двух, у 30 % – более трех осложнений [7]. При этом риск возникновения вторичных радиационно-индуцированных злокачественных новообразований у детей увеличивается на 30–40 % при многократном использовании КТ [2].

Дополнительно следует учитывать, что хотя наилучшая визуализация структур средостения достигается при проведении КТ с многофазным контрастным усилением (КУ), при проведении КТ с КУ может увеличиваться количество технических погрешностей и артефактов. Так, в артериальную фазу контрастирования артефакты от контрастирующего вещества в подключичных венах, в верхней и нижней полой венах затрудняют объективную оценку патологии при расположении ее в области груди [8]. Кроме того, проведение экскреторной фазы сканирования не целесообразно, если только целью исследования не является исключение или подтверждение патологии чашечно-лоханочной системы почек или мочеточников [9]. К сожалению, указанные аспекты не всегда учитываются врачами-рентгенологами при проведении КТ с КУ в повседневной практической деятельности, что приводит к увеличению лучевой нагрузки на пациентов без получения дополнительной диагностической информации.

Исходя из вышеизложенного, следует сделать вывод, что лучевая нагрузка на детей с ЛХ является значимым фактором воздействия и может влиять на прогноз отдаленных последствий, в связи с чем требуется разработать стандарты лучевой диагностики и оптимизировать протоколы компьютерной томографии для снижения дозы облучения пациента до приемлемых значений без потери диагностической информации [10].

Материал и методы

Для достижения указанной цели в ходе исследования был проведен ретроспективный анализ данных рентгеновской компьютерной томографии у 48 пациентов в возрасте до 17 лет. У всех обследованных ЛХ была верифицирована на основании результатов комплексного клиничко-лабораторного и инструментального обследования. Всем пациентам выполнялось стандартное КТ-исследование области груди и живота, состоящее из 4 фаз: нативное сканирование до введения контрастирующего вещества, с последующей артериальной, венозной и экскреторной фазами. Для внутривенного контрастирования применяли йодсодержащее контрастное вещество ультравист, концентрация йода на 1 мл – 370 мг, в расчете 1,5–2 мл/кг

массы тела пациента. Использовали 16-срезовый томограф BrightSpeed Elie Select (Bright Speed 16) компании GE Healthcare (США). Согласно принятому в клинике стандартному протоколу, КТ проводили до начала лечения с целью первичного стадирования, и в ходе проводимой ХТ для оценки ответа опухоли на проводимое лечение и планирования дальнейшей тактики ведения пациента. Первичное сканирование на этапе стадирования включало в себя исследование области шеи, груди, живота и таза. На этапе оценки эффективности проведенного лечения сканировалась только область исходного поражения.

Для всех диагностических исследований проведен расчет и анализ эффективных доз и оценка диагностической ценности каждой контрастной серии. Расчет ЭД проводился по стандартной методике, изложенной в методических указаниях МУ 2.6.1.2944-11 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований» [25], в каждой фазе сканирования для каждого ребенка с учетом его возраста. Расчет проводился по автоматически регистрируемым показаниям произведения доза × длина сканирования (DLP). В ходе проведения исследования аппарат находился в исправном состоянии, соответствие заявленным характеристикам компьютерно-томографического индекса CTDI и DLP было подтверждено протоколом контроля параметров, выполненного аккредитованной лабораторией.

Проведена статистическая обработка полученных результатов: выполнено сравнение медиан групп для двух повторных измерений с помощью критерия Вилкоксона для связанных выборок. Сравнение медиан групп для трех повторных измерений проводилось с помощью теста Фридмана с поправкой на множественные сравнения по Холму (парные апостериорные сравнения производились с помощью метода Немени). Различия признавались статистически значимыми на уровне $p < 0,05$. Оценка мощности критерия оценивалась по критерию Макнамара для связанных выборок 9 [Connor R.J. Sample size for testing differences in proportions for the paired-sample design. Biometrics 1987. Vol. 43¹: 207-11. P. 20]. Статистическая обработка данных выполнялась в системе статистических вычислений R (версия 3.2, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria).

Результаты и обсуждение

Основополагающими принципами диагностических исследований являются обоснование и оптимизация проводимых процедур [11]. Общие подходы для реализации указанных принципов на практике достаточно подробно изложены в публикациях МКРЗ и заключаются в необходимости выработки критериев принятия решения о проведении исследования (дозы должны быть соразмерны с лечебной целью) и максимально возможного снижения дозы ионизирующего излучения в каждом случае без потери диагностической информативности исследования. При этом следу-

ет иметь ввиду, что в диагностический радиологии не следует приближаться к порогам радиационно-индуцированных детерминированных эффектов (тканевых реакций), что достигается необходимой подготовкой персонала. Также следует учитывать, что при ЭД свыше 100 мЗв возможность развития детерминированных эффектов и значимый риск развития рака существенно возрастают. По этим причинам МКРЗ считает, что максимальная величина референсного уровня равна 100 мЗв при остром облучении или при облучении в течение одного года. Дозы свыше 100 мЗв будут обоснованными только в крайних обстоятельствах или в случаях, когда такого облучения нельзя избежать. Никакая другая общественная или индивидуальная польза не сможет компенсировать такой высокий уровень облучения [9].

Таким образом, в рамках данного исследования предложено разработать рекомендации по формированию низкодозовых протоколов КТ и критериев принятия решения для проведения КТ с КУ у детей с ЛХ.

Формирование «детских» низкодозовых КТ-протоколов осуществляется путем изменения параметров сканирования и увеличения применения алгоритмов постпроцессинга для получения максимальной диагностической информации из выполненного исследования. Важным критерием снижения лучевой нагрузки является понимание медицинским персоналом разницы между диагностическим и наилучшим качеством изображения. В ходе проведения исследования методом экспертных оценок установлено, что снижение лучевой нагрузки и, соответственно, ухудшение качества изображения на 30 % никак не влияет на результаты интерпретации полученных КТ-изображений.

Основными параметрами, влияющими на снижение дозы облучения, являются изменения параметров сканирования, в т.ч. уменьшение силы тока трубки, сокращение времени оборота трубки, увеличение pitch, ограничение зоны интереса, сведение к минимуму количества фаз. В ряде исследований в качестве меры для снижения дозы предлагается снизить напряжение на трубке, что, по нашему мнению, не является эффективной мерой снижения лучевой нагрузки и может применяться в педиатрической практике лишь как дополнительная мера [12]. Также эффективными методами снижения лучевой нагрузки является применение программ автоматического контроля экспозиции, переход к алгоритмам итерационной реконструкции [13].

В случае отсутствия программы автоматического контроля экспозиции рекомендуется применять индивидуально разработанный протокол для каждого ребенка и редуцировать показатели силы тока в зависимости от массы тела пациента. Однако в условиях детских онкологических стационаров с большим потоком пациентов достаточно затруднительно настраивать параметры исследования для каждого ребенка. По этой причине для всех детей, как правило, используются одни и те же усредненные показатели силы тока и

напряжения на трубке. Указанное обстоятельство является грубой ошибкой оператора и может приводить к увеличению дозы по сравнению с оптимальной на 90 % и более [14].

Помимо изменения параметров сканирования, существенного снижения эффективной дозы можно добиться путем сокращения числа фаз сканирования, если это не приводит к потере диагностической информативности метода [12].

В нашей выборке для первичных пациентов с ЛХ медианное значение получаемых ЭД (мЗв) при многофазном сканировании (в четыре фазы) составило 29,8 [24,0; 32,5]; при сканировании в нативную и венозную фазы – 15,3 [12,0; 17,3], а при использовании только венозной фазы – 7,85 [6,13; 9,0].

При проведении исследования в динамике медианное значение для 4-фазного сканирования составило 25,9 [18,0; 29,5], при сканировании только в венозную фазу – 6,9 [5,4; 8,5].

Сравнение медиан получаемых доз в 4 фазы и в одну (венозную) фазу позволило выявить, что проведение однофазного сканирования позволяет статистически значимо сократить значение получаемой ЭД в среднем в 3,8 раз как при первичном, так и при динамическом исследовании (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение медиан доз для 4-фазного и 1-фазного сканирований

Диагностический этап	4 фазы	1 фаза (венозная)	p
Первичное стадирование	29,8 [24,0; 32,5]	7,85 [6,13; 9,0]	< 0,0001
КТ в динамике	25,9 [18,0; 29,5]	6,9 [5,4; 8,0]	< 0,0001

Примечание: В таблице значения ЭД представлены в виде: медиана [нижний квартиль; верхний квартиль]; сравнение осуществлялось по критерию Вилкоксона

Сравнение медиан ЭД при первичном исследовании в 4 фазы (нативная, артериальная, венозная, экскреторная), две фазы (нативная и венозная фазы) и только в венозную фазу представлено в табл. 2. Двухфазное сканирование (в нативную и венозную фазы) для первичных пациентов позволяет статистически значимо сократить кумулятивную ЭД почти в 2 раза.

Таблица 2

Сравнение медиан доз, получаемых первичными пациентами при 4-фазном, 2-фазном и однофазном сканировании

4 фазы	Нативная и венозная фазы	Венозная фаза	p
29,8 [24,0; 32,5]	15,3 [12,0; 17,3]	7,85 [6,13; 9,0]	< 0,0001

Примечание: В таблице значения представлены в виде: медиана [нижний квартиль; верхний квартиль]; сравнение осуществлялось с помощью теста Фридмана–Немёнй с поправкой на множественные сравнения по Холму

Для оценки диагностической ценности каждой фазы нами был введен дополнительный критерий – «чувствительность фазы», характеризующий качество получаемого изображения, а именно процент изме-

ненных областей, визуализируемый без артефактов от контрастного вещества, с возможностью достоверно оценить размер, форму и структуру. Для оценки пригодности данного критерия у каждого пациента было выделено семь анатомических областей (область шеи, над/подключичная области, подмышечные области, брюшная полость, забрюшинное пространство, экстра-нодальная область, средостение). «Чувствительность» всех фаз сканирования сравнивалась между собой для каждой анатомической области. В сумме нами было проанализировано 336 анатомических областей (48 исследований). Как при 4-фазном сканировании, так и при сокращенном протоколе КТ было выявлено одинаковое количество анатомических областей ($n = 159$) с наличием изменений, подозрительных на ЛХ (внутригрудные образования, измененные лимфатические узлы, поражение паренхиматозных органов). Установлено, что «чувствительность» артериальной фазы в среднем составляет 92 %, что статистически значимо ниже ($p = 0,0005$), чем при проведении исследования только в венозную фазу контрастирования. «Чувствительность» венозной фазы составила более 99 %. Иными словами, для каждого пациента в венозную фазу возможно получить 99 % процентов информации о поражении, в артериальную – 92 %.

Более низкий показатель «чувствительности» артериальной фазы связан с возникновением артефактов от контрастного вещества в магистральных сосудах.

Из 48 детей с ЛХ показания для проведения многофазного сканирования были только у одного ребенка, с наличием множественных гемангиом в печени, диагностированных еще на этапе ультразвукового исследования органов брюшной полости. Наличие гемангиом никак не влияет на результаты стадирования ЛХ и на тактику ведения пациента. У 24 детей при сканировании в артериальную фазу возникали артефакты от контрастного вещества, в той или иной степени мешающие адекватной визуализации областей интереса (рис. 1). С вероятностью 99 % при проведении КТ с только одной венозной фазой контрастирования возможно визуализировать то же количество патологи-

чески измененных областей, что и при многофазном сканировании, причем как при первичном стадировании ЛХ, так и для оценки динамики (рассчитывалось с помощью мощности критерия Макнамера для выборки 48 пациентов, $\alpha = 5\%$). В нашем исследовании для 47 пациентов (98 %) проведение однофазного сканирования было достаточным для решения поставленных перед исследованием задач (визуализация изменений, отличных от нормы и подозрительных на поражение лимфомой).

Клинический случай. Ребенок 10 лет. Лимфома Ходжкина, III стадия, поражение верхнего средостения, над- и подключичных лимфатических узлов с двух сторон, см. рис. 1.

а) Многосрезовая КТ органов грудной клетки с контрастным усилением, аксиальный срез, артериальная фаза. Отмечается наличие артефакта от контрастного вещества в подключичной вене, затрудняющего достоверную оценку размеров, формы, структуры и характера накопления контрастного препарата внутригрудной опухолью.

б) Многосрезовая КТ органов грудной клетки с контрастным усилением, аксиальный срез, венозная фаза. Отсутствие артефакта от контраста в подключичной вене дает возможность достоверно оценить размеры образования и его структуру.

Ниже представлены диаграммы сравнения эффективных доз при проведении первичного КТ-исследования (в 4, 2 и 1 фазы сканирования) и при динамическом КТ исследовании (в 4 и 1 фазы), по которым зафиксированы статистически значимые различия (рис. 2, 3).

Таким образом, с достоверностью 95 % можно утверждать, что сокращение протокола сканирования статистически значимо снижает ЭД как при первичном КТ-исследовании, так и при проведении сканирования в динамике.

Из протокола КТ для первичных пациентов нами предлагается исключать артериальную фазу сканирования в связи с отсутствием ее диагностической значимости и возникновения артефактов от высоко-кон-

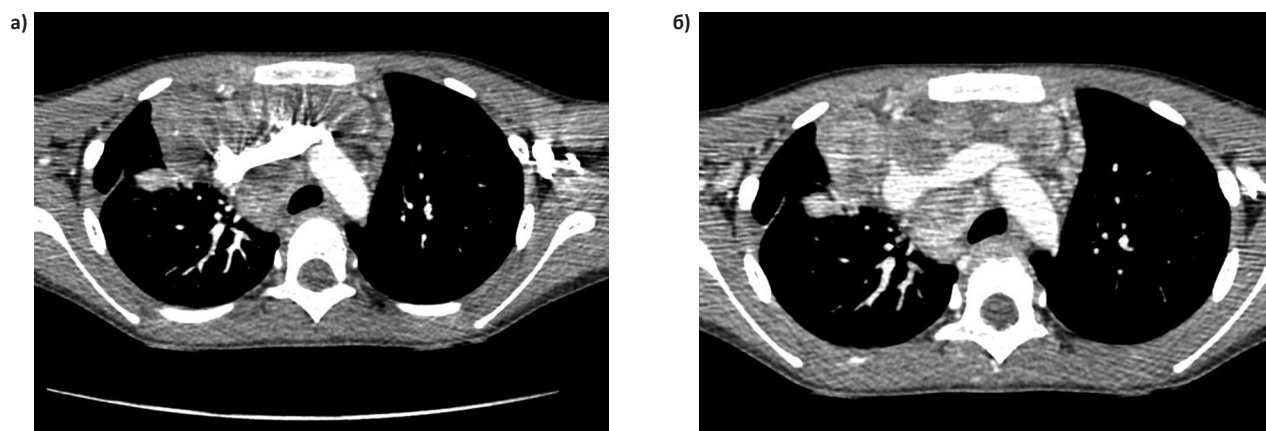


Рис. 1. Ребенок 10 лет. Лимфома Ходжкина, III стадия, поражение верхнего средостения, над- и подключичных лимфатических узлов с двух сторон

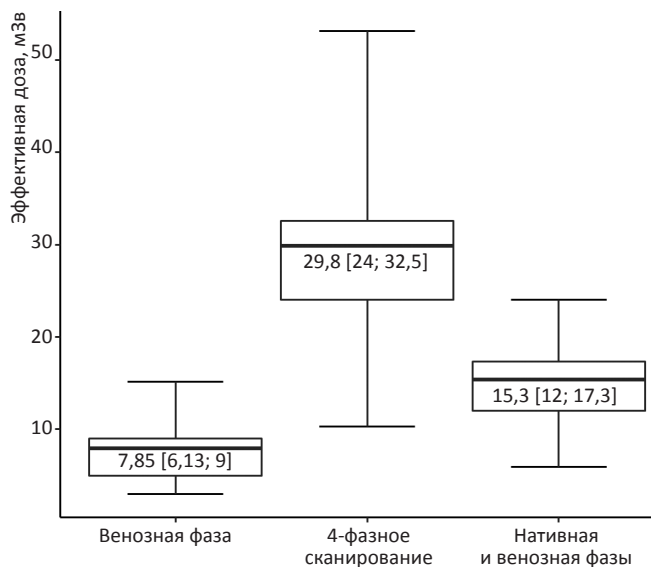


Рис. 2. Сравнение эффективных доз при проведении первичного КТ-исследования, для которых зафиксированы статистически значимые различия

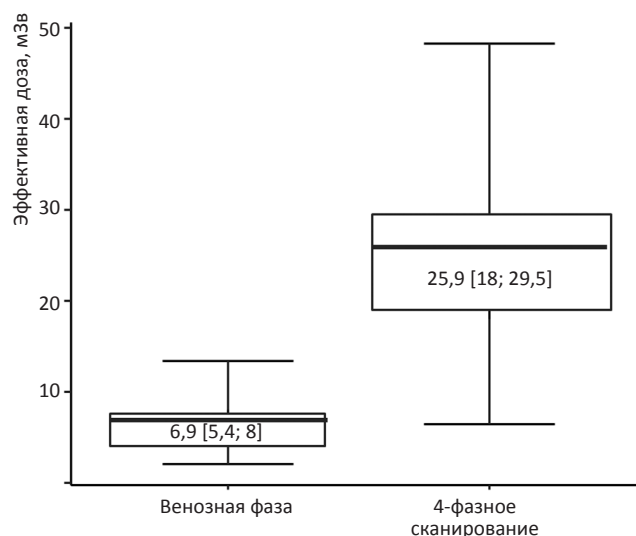


Рис. 3. Сравнение эффективных доз при проведении динамического КТ-исследования, для которых зафиксированы статистически значимые различия

центрированного вещества в подключичных и полых венах, затрудняющих адекватную оценку внутригрудного поражения лимфомой.

Для протокола повторной КТ (на этапе оценки ответа опухоли на лечение) предлагается проведение только венозной фазы контрастирования, минуя бесконтрастную и артериальную фазы, так как согласно принципам ALARA (As Low As Reasonably Achievable) в подавляющем большинстве случаев использование более низких доз и сокращенных протоколов в динамическом исследовании вполне достаточно для адекватной оценки анатомических структур и патологических изменений, выявленных при первичном обследовании [15].

Проведение экскреторной фазы КТ-сканирования нецелесообразно как при первичном, так и при повторном исследовании ввиду того, что сканирование в выделительную фазу имеет диагностическую ценность лишь в выявлении патологии почек, чашечно-лоханочной системы и мочеточников, что, как правило, не является целью исследования у детей с ЛХ.

Согласно данным литературы, не существует каких-либо противоречий во мнениях относительно целесообразности применения сокращенных протоколов сканирования при проведении КТ у детей. Современные тенденции обеспечения радиационной безопасности у детей при проведении КТ диктуют выполнение сканирования только в одну фазу контрастного усиления – артериальную или венозную. Необходимость проведения сканирования в две фазы (с оценкой нативных изображений) у первичных пациентов остается предметом дискуссии. По мнению ряда авторов, трехфазное сканирование оправдано у пациентов с новообразованиями в печени неясной этиологии [12, 15].

Существует большое количество работ, в ходе которых оценивалась диагностическая точность метода КТ в зависимости от выбранного протокола сканирования. В частности, показано, что чувствительность и специфичность КТ в выявлении солидных опухолей при однофазном сканировании не снижаются [15]. Разработанные в [15] протоколы включали в себя проведение КТ в одну фазу контрастного усиления для пациентов с верифицированной патологией – всем детям проводилось исследование только в одну порто-венозную фазу с задержкой до 60 с после введения болюса. Исключением были пациенты, направленные для проведения КТ-ангиографии, которым сканирование выполнялось с задержкой в 15–20 с – артериальная фаза контрастного усиления [15]. Под вопросом остается необходимость проведения многофазного сканирования для пациентов с подозрением на новообразования печени. Согласно ряду авторов, детям с верифицированной гепатобластомой на этапе первичного стадирования достаточно сканирования в единственную порто-венозную фазу (с задержкой сканирования 60 с) [12]. Тем не менее, при недоказанном генезе образования большинство авторов придерживаются протокола сканирования в три фазы – нативной, артериальной и порто-венозной [10, 15].

Лимфомы и лейкозы относятся к группе патологических состояний, для стадирования которых достаточно выполнения сканирования только в венозную фазу. Артериальная фаза контрастирования не должна выполняться в связи с техническими сложностями при проведении исследования в виде появления артефактов от контрастирующего вещества в сосудах у более чем одной трети обследуемых детей [14]. Для венозной фазы характерна наилучшая визуальная дифференцировка тканей средостения и лимфатических узлов лю-

бых областей, однородность и наиболее яркое усиление паренхиматозных органов.

По данным литературы, в отношении взрослых пациентов с ЛХ установлено, что использование низкодозовых протоколов КТ за счет сокращения числа фаз сканирования – до двух при первичном стадировании и одной для оценки динамики, позволяет уменьшить дозовую нагрузку в среднем на 49 % без потери диагностической точности метода [16].

Заключение

Применение современных методов диагностики ЛХ с использованием ионизирующего излучения приводит к повышению дозовых нагрузок на пациента. За последнее десятилетие отмечена четкая тенденция роста суммарной лучевой нагрузки [2]. Относительно высокая лучевая нагрузка при проведении рентгенологических исследования у детей с ЛХ остается актуальной проблемой, так как риск развития вторичных осложнений для пациентов этого возраста гораздо выше, чем для взрослых. Это является одной из причин сохранения более высоких, чем у взрослых, показателей смертности от вторичных онкологических заболеваний и сердечно-сосудистой патологии у детей [3].

В педиатрической практике пациенты с лимфомами, согласно международным стандартам лечения (клиническим рекомендациям), подвергаются многократным КТ-исследованиям, как правило, нескольких анатомических зон на различных этапах лечения [4].

Предлагаемый нами редуцированный низкодозовый протокол КТ как для первичного стадирования ЛХ, так и для КТ-исследований в динамике позволяет достоверно снизить лучевую нагрузку на детей с ЛХ без потери диагностической информативности.

Основой разработанного протокола является проведение КТ на этапе первичного стадирования в нативную и венозную фазы сканирования с исключением артериальной и экскреторной фаз контрастирования. Согласно принципам ALARA, на этапе контроля ответа опухоли на лечение нами предлагается проведение сканирования только в одну фазу – венозную, при исключении нативной, артериальной и экскреторной фаз.

Проведенное исследование показало, что оптимизированные протоколы КТ с вероятностью 99 % не влияют на выявление областей, подозрительных на наличие патологических изменений при ЛХ, причем как при первичном исследовании, так и при исследовании в динамике на фоне лечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Berrington De Gonzalez A., Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries // *Lancet*. 2004. Vol. 363. P. 345–51. DOI: 10.1016/S0140-6736(04)15433-0.
- Krille L., Zeeb H., Jahn A. et al. Computed tomographies and cancer risk in children: a literature overview of CT practices, risk estimations and an epidemiologic cohort study proposal // *Radiat. Environ. Biophys.* 2012. Vol. 51. P. 103–111. DOI: 10.1007/s00411-012-0405-1.
- Voss S.D., Chen L., Constine L.S. et al. Surveillance computed tomography imaging and detection of relapse in intermediate- and advanced-stage pediatric Hodgkin's Lymphoma: a report from the children's oncology group // *J. Clin. Oncol.* 2012. Vol. 30. P. 2635–2640. DOI: 10.1200/JCO.2011.40.7841.
- Ansell M.S., Stephen M., Hodgkin lymphoma-diagnosis and treatment // *Mayo Clinic Proc.* 2015. Vol. 90. № 11. P. 1574–1583. DOI: 10.1016/j.mayocp.2015.07.005.
- Thomas K.E., Wang B. Age-specific effective doses for pediatric MSCT examinations at a large children's hospital using DLP conversion coefficients: a simple estimation method // *Pediatr. Radiol.* 2008. Vol. 38. P. 645–656. DOI: 10.1007/s00247-008-0794-0.
- Vock P. CT radiation exposure in children: Consequences of the American discussion for Europe // *Radiologe*. 2002. Vol. 42. P. 697–702. DOI: 10.1007/s00117-002-0812-4.
- Strauss K.J., Goske M.J., Kaste S.C. et al. Image gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients // *Amer. J. Roentgenol.* 2010. Vol. 194. № 4. P. 868–873. DOI: 10.2214/AJR.09.4091.
- Chan M.G., Cassidy F.H., Andre M.P. Imaging in routine CT examinations of the abdomen and pelvis: Is it worth the additional cost of radiation and time? // *Amer. J. Roentgenol.* 2014. Vol. 202. P. 329–335. DOI: 10.2214/AJR.12.10468
- Yoshida K., Krille L., Dreger S. et al. Pediatric computed tomography practice in Japanese university hospitals from 2008–2010: did it differ from German practice? // *J. Radiat. Res.* 2016. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1093/jrr/rrw074>
- Методические указания МУ 2.6.1.2944-11. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований. – М.: Роспотребнадзор. 2011.
- Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 № 40 (ред. от 16.09.2013) «Об утверждении СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010)
- Yu T., Gao J., Liu Z.M. et al. Contrast dose and radiation dose reduction in abdominal enhanced computerized tomography scans with single-phase dual-energy spectral computerized tomography mode for children with solid tumors // *Chin. Med. J.* 2017. Vol. 130. № 7. P. 823–831. DOI: 10.4103/0366-6999.202731.
- Синицын В.Е., Глазкова М.А., Мершина Е.А., Архипова И.М. Возможности снижения лучевой нагрузки при проведении МСКТ коронарографии: использование адаптивной статистической итеративной реконструкции // *Ангиология и сосудистая хирургия* // 2012. Т. 18. № 3. С. 44–48.
- Блинов А.Б., Блинов Н.Н. Лучевые нагрузки при рентгеновской компьютерной томографии // *Мед. техника*. 2010. № 5 (263). С. 23–25.
- McCollough C.H., Primak A.N., Braun N. et al. Strategies for reducing radiation dose in CT // *Radiol. Clin. North Amer.* 2009. Vol. 47. № 1. P. 27–40. DOI: 10.1016/j.rcl.2008.10.006
- Гомболевский В.А., Котляров П.М., Даценко П.В., Нуднов Н.В. Низкодозовый протокол компьютерной томографии при лимфоме Ходжкина // *Вестник РНЦПР МЗ РФ*. 2013. № 13. http://vestnik.rnc rr.ru/vestnik/v13/pape rs/gomboleviskii_v13.html дата обращения: 09/04/18

Для цитирования: Хасанова К.А., Тюрин И.Е., Рыжов С.А., Кижаяев Е.В. Снижение дозовой нагрузки при проведении компьютерной томографии у детей // *Мед. радиология и радиационная безопасность*. 2019. Т. 64. № 1. С. 38–44. DOI: 10.12737/article_5c55fb466d7532.24221014

Radiation Dose Reduction in Pediatric Computed Tomography

K.A. Khasanova¹, I.E. Tyurin¹, S.A. Ryzhov², E.V. Kizhayev¹

1. Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia. E-mail: kkhas.ks@gmail.com;

2. Department of the Rospotrebnadzor, Moscow, Russia

K.A. Khasanova – Post-Graduate Student; I.E. Tyurin – Head of Dep., Dr. Sci. Med., Prof.; S.A. Ryzhov – Chief Expert; E.V. Kizhayev – Head of Dep., Dr. Sci. Med., Prof.

Abstract

Purpose: To optimize the computed tomography protocol in pediatric Hodgkin lymphoma for radiation dose reduction by reducing the scanning phases.

Material and methods: A retrospective CT scan analysis of 48 children with newly diagnosed, verified Hodgkin's lymphoma was performed at the primary staging and after the first chemotherapy. All studies were performed with contrast enhancement, scanning on a 16-slice computed tomography in the precontrast, arterial, venous and delayed phases. The radiation dose and the diagnostic value of each phase were assessed.

Results: Two-phase scanning (in the native and venous phases) for primary patients allows significantly reduce the cumulative effective dose (ED) almost in twofold. Conducting single-phase scanning can significantly reduce the received ED by 3.8 times in both the primary and dynamic studies. Using the abbreviated protocol does not reduce the diagnostic value of CT.

Conclusion: The greatest number of repeated CT examination is carried out in children with lymphomas. The radiation dose increases several times in multiphase scanning. New CT protocols reduces the radiation dose on children with Hodgkin lymphoma.

Key words: *computed tomography, radiation dose, children, radiation safety, Hodgkin's lymphoma, multiphase scanning*

REFERENCES

1. Berrington De Gonzalez A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet*. 2004;363:345-51. DOI: 10.1016/S0140-6736(04)15433-0.
2. Krille L, Zeeb H, Jahn A, et al. Computed tomographies and cancer risk in children: a literature overview of CT practices, risk estimations and an epidemiologic cohort study proposal. *Radiation and Environmental Biophysics*. 2012;51:103-1. DOI: 10.1007/s00411-012-0405-1.
3. Voss SD, Chen L, Constine LS, et al. Surveillance computed tomography imaging and detection of relapse in intermediate- and advanced-stage pediatric Hodgkin's lymphoma: a report from the children's oncology group. *J Clin Oncol*. 2012;30:2635-40. DOI: 10.1200/JCO.2011.40.7841
4. Ansell MS, Stephen M. Hodgkin lymphoma-diagnosis and treatment. *Mayo Clinic Proc*. 2015;90(11):1574-83. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2015.07.005>
5. Thomas KE, Wang B. Age-specific effective doses for pediatric MSCT examinations at a large children's hospital using DLP conversion coefficients: a simple estimation method. *Pediatr Radiol*. 2008;38:645-656. DOI: 10.1007/s00247-008-0794-0
6. Vock P. CT radiation exposure in children: Consequences of the American discussion for Europe. *Radiologe*. 2002;42:697-702. DOI: 10.1007/s00117-002-0812-4
7. Strauss KJ, Goske MJ, Kaste SC, et al. Image gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *Amer J Roentgenol* 2010;194(4):868-73. DOI: 10.2214/AJR.09.4091
8. Chan MG, Cassidy FH, Andre MP. Imaging in routine CT examinations of the abdomen and pelvis: Is it worth the additional cost of radiation and time? *Amer J Roentgenol* 2014;202:329-335. DOI: 10.2214/AJR.12.10468
9. Yoshida K, Krille L, Dreger S, et al. Pediatric computed tomography practice in Japanese university hospitals from 2008-2010: did it differ from German practice? // *J Radiat Res*. 2016; P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1093/jrr/rrw074>
10. Methodological instructive regulations 2.6.1.2944-11. Control of effective radiation doses of patients during medical X-ray studies; – Rospotrebnadzor, 2011 <http://docs.cntd.ru/document/1200092857>. (Russian).
11. Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation No. 40 dated April 26, 2010 (Edited on September 16, 2013) "On approval of SP 2.6.1.2612-10 Basic Sanitary Rules for Ensuring Radiation Safety (OSPORB-99/2010)". (Russian).
12. Yu T, Gao J, Liu ZM, et al. Contrast dose and radiation dose reduction in abdominal enhanced computerized tomography scans with single-phase dual-energy spectral computerized tomography mode for children with solid tumors. *Chinese Medical Journal*. 2017;130(7):823-31. DOI: 10.4103/0366-6999.202731.
13. Sinitsyn VE, Glazkova MA, Merzhina EA, Arhipova IM. Possibilities of decreasing radiation doses during MSRT coronarography: using adaptive statistic iterative reconstruction. *Angiology and Vascular Surgery*. 2012;18(3):44-8. (Russian).
14. Blinov AB, Blinov NN. Radiation doses in X-ray computed tomography. *Medical technology*. 2010;5(263):23-5. <http://mtjournal.ru/upload/iblock/7bb/7bbc77c447bf48351d3a79bbe44bdd06.pdf>
15. McCollough CH, Primak AN, Braun N, et al. Strategies for reducing radiation dose in CT. *Radiologic Clinics of North America*, 2009;47(1):27-40. DOI: 10.1016/j.rcl.2008.10.006
16. Gomboleviskii VA, Kotlyarov PM, Dacenko PV, Nudnov NV. Low dose CT protocol in Hodgkin's lymphoma. *RNCCR RF* 2013;(13) (Russian). http://vestnik.rnc rr.ru/vestnik/v13/papers/gomboleviskii_v13.html.

For citation: Khasanova KA, Tyurin IE, Ryzhov SA, Kizhayev EV. Radiation Dose Reduction in Pediatric Computed Tomography. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2019;64(1):38-44. (Russian).

DOI: 10.12737/article_5c55fb466d7532.24221014