

РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ОПУХОЛЕЙ

УДК [57+61]::539.1.04::616-006:613.648

ПОВТОРНЫЕ КОМПЬЮТЕРНО-ТОМОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ И РАДИАЦИОННЫЙ РИСК ПРИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ЛИМФОМАХ

© 2014 г. С. А. Хоружик*, Е. А. Леусик

Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова,
Минск, Республика Беларусь

Цель исследования – определить количество, виды, периодичность проведения компьютерно-томографических (КТ) исследований у пациентов с лимфомами, оценить накопленные при этом дозы облучения и атрибутивный риск рака в результате этого. В ретроспективное исследование включено 50 пациентов в возрасте от 18 до 83 лет, 25 мужчин и 25 женщин, подвергавшихся лечению в 2010–2011 гг., среди них число пациентов с лимфомой Ходжкина было 19, с неходжкинской лимфомой – 31. За весь период наблюдения пациентам совокупно выполнено 665 КТ-исследований, в том числе до начала лечения – 169 (25%), в процессе химиотерапии – 244 (37%), для планирования лучевой терапии – 54 (8%), после окончания лечения – 198 (30%). Среднее количество КТ-исследований на пациента составило 13.3 (от 3 до 29); 32 (64%) пациентам выполнено 10 и более КТ-исследований, 10 (20%) пациентам – 20 раз и более. Наиболее часто проводились КТ-исследования грудной клетки. Количество КТ-контролей после окончания лечения в расчете на пациента составило в среднем 2.7 (от 1 до 6). Средняя эффективная доза облучения на одного пациента составила 86.7 мЗв (от 21.7 до 209.2 мЗв). В итоге накопленные дозы более 50 мЗв за весь период КТ-исследований получили 37 (74%) пациентов, более 100 мЗв – 14 (28%), более 150 мЗв – 6 (12%), более 200 мЗв – 1 (2%). Более 100 мЗв в течение 1 года получили 6 (12%) пациентов. Коллективная доза облучения составила 4.3 Зв. За счет этого у 50 пациентов можно ожидать возникновение 0.176 дополнительных случаев рака, что равносильно риску 0.35% или 1 случаю на 256 пациентов.

Компьютерная томография, эффективная доза облучения, лимфомы, риск радиационно-индуцированного рака.

DOI: 10.7868/S0869803114050075

Лимфомы – неоднородная группа злокачественных опухолей, характеризующаяся поражением лимфатических узлов и органов других тканевых систем. Существует более 30 различных морфологических вариантов лимфом, которые объединяют в две большие группы – лимфомы Ходжкина (ЛХ) и неходжкинские лимфомы (НХЛ). Для ЛХ характерен более молодой возраст заболевших и поражение рядом расположенных групп лимфоузлов. Для НХЛ характерно поражение более удаленных друг от друга групп лимфоузлов, чаще поражаются органы, ввиду чего в момент диагностики обнаруживается уже более высокая стадия заболевания. Системный характер поражений при лимфомах обуславливает необходимость проведения компьютерной томографии (КТ) всего тела до начала лечения. При этом устанавливают исходную распространенность опухо-

левого процесса, что влияет на выбор схемы лечения [1, 2].

Основным видом противоопухолевого лечения при лимфомах является химиотерапия (ХТ), которую проводят несколькими курсами: от 2 до 8 и более. В ряде случаев используют лучевую терапию (ЛТ) зон поражения. Схему ХТ подбирают индивидуально в зависимости от стадии заболевания и ряда прогностических факторов, среди которых важной является чувствительность лимфомы к примененной схеме ХТ. Для определения химиочувствительности проводят не менее двух курсов ХТ, после чего по клиническим данным, результатам ультразвукового и КТ-исследований определяют степень регрессии опухолей. КТ в этом плане является наиболее универсальным методом контроля, так как позволяет оценивать глубоко расположенные и недоступные ультразвуковому исследованию зоны (например, средостение и корни легких). Кроме этого, данные КТ используют при лимфомах для трехмерного планирования ЛТ. При этом на КТ-изображениях

* Адресат для корреспонденции: Республика Беларусь, 223040 пос. Лесной, Минский р-н, РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова; тел.: +(375-17)-265-32-91; факс: +(375-17) 265-47-04, e-mail: skharuzhyk@nld.by.

наносят контуры зон поражения и критических органов с последующим расчетом оптимального количества и направления пучков излучения. Наконец, КТ является наиболее частым способом мониторинга пациентов после окончания лечения для оценки его эффективности, почему сканирование повторяют через установленные интервалы времени для исключения рецидива опухоли [1].

Таким образом, КТ используют при лимфомах на всех этапах: при первичной диагностике и оценке распространенности опухолевого процесса, для промежуточного контроля эффективности ХТ, при планировании ЛТ, а также для динамического наблюдения после окончания лечения. Известно, что КТ — это метод лучевой диагностики, приводящий к облучению пациентов в относительно высокой дозе. По данным Научного комитета ООН по действию атомной радиации доля КТ-исследований в рентгенодиагностике в 2000 г. составляла от 0.4% в менее развитых странах до 6% в наиболее развитых. При этом вклад КТ в коллективную дозу облучения населения достигал 2 и 41% соответственно (в среднем 34%). Эффективная доза облучения при рентгенографии черепа составляла 0.04 мЗв, при КТ головного мозга — 2.8 мЗв, при рентгенографии и КТ грудной клетки — 0.05 и 7.8 мЗв соответственно [3]. В Германии в 2003 г. доля КТ-исследований в рентгенодиагностике составляла 6%, а в коллективной дозе облучения населения — 47% [4]. В онкологии КТ является наиболее часто используемым методом лучевой диагностики, что отражается на вкладе в лучевую нагрузку. Так, если в Республике Беларусь доля КТ-исследований в рентгенодиагностике в 2007 г. составляла 1.8%, то в Республиканском научно-практическом центре онкологии и медицинской радиологии (РНПЦ ОМР) им. Н.Н. Александрова — 25% (35049 КТ-исследований). В 2012 г. удельный вес КТ-исследований в нашем учреждении увеличился до 43% (43717 исследования).

Обеспокоенность медицины дозами облучения населения связана со стохастическими эффектами, такими как радиационно-индуцированный рак и врожденные патологии. Расчеты показывают, что облучение при лучевой диагностике может быть причиной возникновения 1–3% регистрируемых случаев рака [5]. По данным Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) не существует минимального порога дозы облучения, ниже которого индуцирование рака невозможно — общепринята так называемая линейно-беспороговая концепция, согласно которой риск радиационно-индуцированного

рака составляет 1 на 20000 при облучении в дозе 10 мЗв [6], соответствующей примерно одному КТ-исследованию туловища. При повторных КТ-исследованиях риск пропорционально увеличивается [7].

Целью нашего исследования было определить количество, виды, время проведения КТ-исследований у пациентов с лимфомами, чтобы оценить получаемые при этом дозы облучения и провести расчеты риска вероятности возникновения радиационно-индуцированного рака.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Для достижения поставленной цели первоначально был проведен поиск в компьютерной базе данных пациентов с диагнозом “лимфома”, проходивших лечение в РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова в 2010–2011 гг. Данный период поиска был выбран потому, чтобы набрать в исследуемую группу пациентов, закончивших лечение и поступивших под посттерапевтическое наблюдение. В 2010 г. таких пациентов было 100 человек, в 2011 г. — 75. Для дальнейшего анализа случайным образом выбраны 75 пациентов, которых проверили на соответствие критериям включения в исследование: прохождение КТ-исследования до начала лечения, что предусмотрено национальными стандартами диагностики и лечения злокачественных новообразований [1]; прошедшие не меньше количество курсов ХТ, чем рекомендовано стандартами; все курсы ХТ проведены в РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова, так как при лечении в других учреждениях не было возможности получения полной информации о выполненных КТ-исследованиях. 50 пациентов удовлетворяли вышеперечисленным критериям отбора и составили исследуемую группу. У данных пациентов на основании изучения амбулаторных карт и запроса информации с радиологического сервера нашего учреждения определены количество, виды и время проведенных КТ-исследований. Выделяли следующие основные анатомические локализации КТ-исследований: головной мозг (ГМ), лицевой череп (ЛЧ), шея (Ш), грудная клетка (ГК), брюшная полость (БП), органы таза (ОТ). Повторное сканирование после внутривенного введения контрастного вещества учитывали как отдельное исследование. Учитывали только исследования, проведенные не ранее 4 мес. до начала лечения. В число КТ-исследований после окончания лечения включали исследования, выполненные с момента завершения последнего курса ХТ или ЛТ до ноября 2013 г., когда проводился анализ. В некоторых случаях КТ выполнялась в

Таблица 1. Количество КТ-исследований в расчете на пациента

Количество КТ-исследований	Вид лимфомы		
	все лимфомы ($n = 50$)	ЛХ ($n = 19$)	НХЛ ($n = 31$)
За весь период наблюдения	13.3 (3–29)	14.0 (5–26)	12.9 (3–29)
По времени проведения:			
– до начала лечения	3.4 (1–6)	3.5 (2–6)	3.3 (1–6)
– в процессе ХТ	4.9 (0–24)	4.7 (0–13)	5.0 (0–24)
– для планирования ЛТ	1.1 (0–3)	1.7 (0–3)	0.7 (0–3)
– после окончания лечения	4.0 (0–14)	4.1 (0–1)	3.9 (0–14)

Примечание. Значение вне скобок – среднее, в скобках – интервал.

других учреждениях. Поскольку в РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова принято пересматривать такие исследования с осуществлением записи рентгенолога в амбулаторной карте, то эти исследования также были учтены.

При расчете суммарных накопленных доз облучения, полученных в результате проведения КТ-исследований, использовали средние значения эффективной дозы, установленные в ходе национального обзора доз облучения: ГМ – 1.4 мЗв, Ш – 2.6 мЗв, ГК – 6.9 мЗв, БП – 7.0 мЗв [8, 9]. В значение эффективной дозы облучения при КТ-исследовании ОТ было внесено уточнение следующего порядка. Средняя доза при КТ ОТ в результате измерения на восьми сканерах составила 8.8 мЗв. При этом на одном из сканеров с последовательной технологией сканирования (такие сканеры в настоящее время демонтированы и больше не используются) доза составляла 15.6 мЗв, что значительно отличалось в большую сторону от данных измерений на других сканерах (следующее наибольшее значение – 10 мЗв). Поэтому для целей проводимого анализа было решено исключить это значение как выпадающее. В этом случае средняя эффективная доза облучения при КТ ОТ составила 7.8 мЗв. Для КТ ЛЧ эффективная доза облучения была рассчитана путем умножения компьютерно-томографического индекса дозы при КТ шеи на среднюю длину зоны сканирования ЛЧ, равную 6 см, и на коэффициент пересчета для КТ шеи [10], в результате чего получено значение 1.3 мЗв. Приведенные значения эффективных доз облучения соответствуют данным других авторов [11].

Помимо перечисленных наиболее частых КТ-исследований пациенты подвергались более редким в других частях тела (поясничный отдел позвоночника, голень, коленный сустав), при которых дозиметрия в Беларуси не проводилась. Ввиду незначительного удельного веса исследо-

ваний голени (3 исследования) и коленного сустава (1 исследование) их решили не учитывать в общем количестве КТ-исследований и в расчете доз облучения. В качестве дозы облучения при КТ поясничного отдела позвоночника использовали значение эффективной дозы при КТ БП, поскольку при исследовании позвоночника облучаются и другие органы.

При расчете риска радиационно-индуцированного рака использовали коэффициенты, приведенные в публикации № 103 МКРЗ [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Возраст пациентов находился в интервале от 18 до 83 лет и в среднем составил 45.7 года. В исследуемой группе было равное количество мужчин и женщин. У 19 пациентов диагностирована ЛХ, у 31 – НХЛ. При ЛХ в расчете на пациента было проведено в среднем 5.7 курсов ХТ (от 2 до 12 курсов), при НХЛ – 7.9 курсов (от 4 до 18). ЛТ проведена 15 (79%) пациентам с ЛХ и 16 (52%) с НХЛ.

Общее число КТ-исследований, проведенных 50 пациентам за весь период наблюдения, составило 665. В среднем на пациента приходилось по 13.3. КТ-исследования (табл. 1). 32 (64%) пациентам выполнено 10 и более КТ-исследований, 10 (20%) пациентам – 20 раз и более. До лечения совокупно было проведено 169 (25%) КТ-исследований, в процессе ХТ – 244 (37%), для планирования ЛТ – 54 (8%), после окончания лечения – 198 (30%).

Согласно действовавшим в 2010–2011 гг. национальным стандартам до начала лечения с целью определения распространенности опухолевого процесса при ЛХ было необходимо сделать КТ ГК и БП, при НХЛ – ГК, БП, ОТ. Стандарт выполнялся у 18 из 19 (95%) пациентов с ЛХ и у 24 из 31 (77%) с НХЛ.

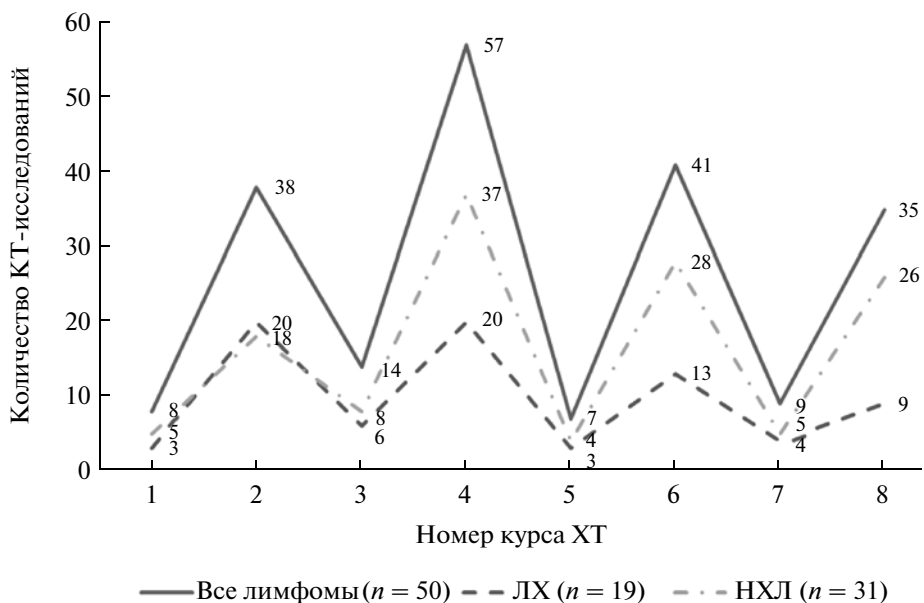


Рис. 1. Количество КТ-исследований после соответствующего курса ХТ. Цифры рядом с точками графиков – число исследований.

Наибольшее количество КТ-исследований проводилось в процессе ХТ, что было связано с необходимостью промежуточного контроля эффективности лечения. КТ чаще всего выполняли после четырех курсов ХТ, далее в порядке убывания частоты – после 6, 2 и 8 курсов (рис. 1).

Кратность наибольшего количества КТ-исследований двум курсам ХТ объясняется тем, что для определения чувствительности опухоли к конкретному виду ХТ необходимо провести не менее двух курсов. В случае отсутствия эффекта от проводимого лечения по данным КТ возможно изменение схемы ХТ с последующим КТ-контролем после двух очередных курсов.

КТ для планирования дистанционной ЛТ проводилась у 24 (77%) пациентов из 31, подвергавшихся ЛТ. Еще одной пациентке проводилась брахитерапия обреты глаза, при планировании лечения КТ ей не проводили. Остальные шесть человек проходили ЛТ в других учреждениях, информация о проведении у них КТ для планирования ЛТ отсутствовала.

Период наблюдения за пациентами от окончания лечения до последнего КТ-исследования по состоянию на ноябрь 2013 г. составил в среднем 9.1 мес. (от 0 до 31 мес.). Первое контрольное КТ-исследование было проведено в течение 2 мес. после окончания лечения у 24 (48%) пациентов, в течение 6 мес. – у 37 (74%) пациентов. Количество КТ-контролей в расчете на одного пациента составило в среднем 2.7 (от 1 до 6).

Данные о количестве КТ-исследований по основным видам за весь период диагностики, лечения и наблюдения представлены в табл. 2. Чаще всего, независимо от вида лимфомы, проводилась КТ ГК, далее в порядке убывания частоты – БП, ОТ, Ш.

Исходя из данных о количестве КТ-исследований, была рассчитана эффективная доза облучения (табл. 3).

Коллективная эффективная доза облучения в данном исследовании составила 4.3 Зв, средняя доза на одного пациента – 86.7 мЗв без различия между ЛХ и НХЛ. В дозах более 50 мЗв за весь период лечения и наблюдения облучились 37 (74%) пациентов, более 100 мЗв – 14 (28%), более

Таблица 2. Количество КТ-исследований по основным видам

Вид КТ-исследования	Вид лимфомы		
	все лимфомы (n = 50)	ЛХ (n = 19)	НХЛ (n = 31)
Шея	55 (9)	32 (13)	23 (6)
Грудная клетка	252 (40)	113 (45)	139 (37)
Брюшная полость	190 (30)	64 (25)	126 (34)
Органы таза	128 (21)	42 (17)	86 (23)
Всего	625 (100)	251 (100)	374 (100)

Примечание. Значение вне скобок – число исследований, в скобках – в процентах от общего количества исследований при данном виде лимфомы.

Таблица 3. Эффективная доза облучения при КТ-исследованиях в расчете на пациента

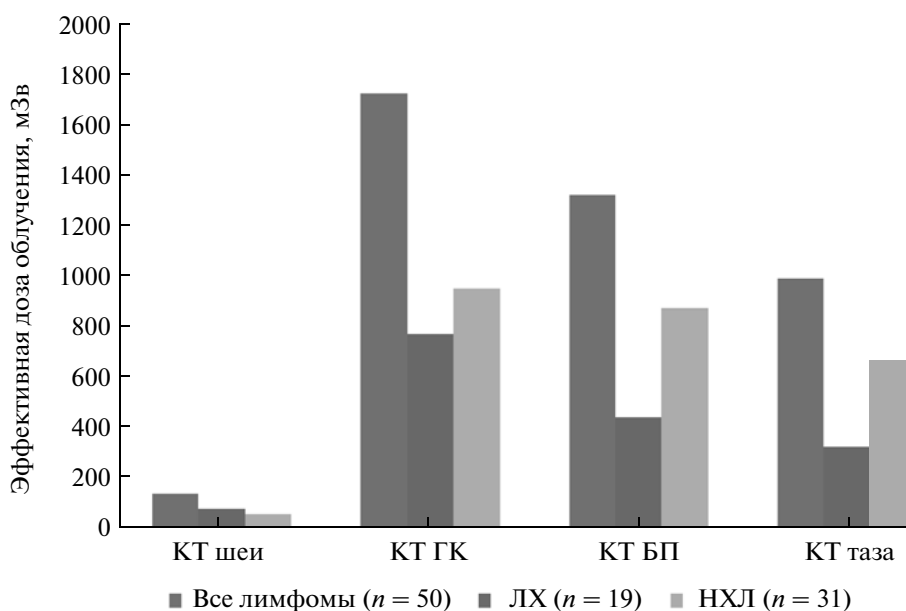
Эффективная доза облучения, мЗв	Вид лимфомы		
	все лимфомы (<i>n</i> = 50)	ЛХ (<i>n</i> = 19)	НХЛ (<i>n</i> = 31)
За весь период наблюдения	86.7 (21.7–209.2)	87.6(34.6–176.8)	86.1 (21.7–209.2)
По времени проведения КТ:			
– до начала лечения	23.0 (6.9–43.4)	23.8 (13.9–35.6)	22.5 (6.9–43.4)
– в процессе ХТ	32.8 (0–173.6)	31.9 (0–88.2)	33.4 (0–173.6)
– для планирования ЛТ	4.7 (0–16.5)	6.5 (0–16.5)	3.6 (0–14.8)
– после окончания лечения	26.1 (0–100.7)	25.4 (0–77.3)	26.5 (0–100.7)

Примечание. Значение вне скобок – среднее, в скобках – интервал.

150 мЗв – 6 (12%), более 200 мЗв – 1 (2%) пациент. Наибольшая доза была получена в результате проведения КТ-исследований в процессе ХТ, на втором месте доза облучения от контрольных КТ-исследований после окончания лечения. Вклад основных видов КТ-исследований в коллективную дозу облучения представлен на рис. 2. Наибольшая доза получена пациентами при КТ-исследованиях грудной клетки.

По данным МКРЗ, при облучении в дозах выше 100 мЗв риск детерминированных эффектов облучения и развития рака возрастает. По этой причине максимальная величина референтного уровня равна 100 мЗв при облучении в течение го-

да [6]. В нашем исследовании накопленная в течение года от первого КТ-исследования доза облучения у 50 пациентов в среднем составила 65.9 мЗв и превысила 100 мЗв только у шести человек (100.7; 101.9; 113.7; 129.9; 126.4 и 130.2 мЗв). У трех из этих пациентов имела место ЛХ, у троих – НХЛ; у одного – 3-я стадия заболевания, у пяти – 4-я; 6 курсов ХТ проведено одному пациенту, 8 курсов – трем. 12 и 18 курсов перенесли по одному пациенту. Следовательно, данная группа пациентов характеризовалась наибольшим распространением лимфомы и наиболее интенсивным лечением, что объясняет выполнение у них

**Рис. 2.** Коллективная эффективная доза облучения при основных видах КТ-исследований.

большого количества КТ-исследований и, как следствие, облучение в высокой дозе.

В публикации МКРЗ № 103 приводятся коэффициенты риска рака, равные $5.5 \times 10^{-2} \times 3\text{в}^{-1}$ для населения в целом и $4.1 \times 10^{-2} \times 3\text{в}^{-1}$ для взрослых работников в возрасте от 18 до 64 лет [6]. Поскольку в нашем исследовании минимальный возраст пациентов составлял 18 лет, был применен коэффициент $4.1 \times 10^{-2} \times 3\text{в}^{-1}$. Тогда с учетом коллективной дозы облучения 4.3Зв у 50 пациентов можно ожидать 0.176 дополнительных случаев рака, связанных с облучением при КТ-исследованиях, что равносильно риску 0.35%, т.е. вероятности возникновения одного случая рака на 256 пациентов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наибольшее количество данных, на основании которых делаются расчеты риска радиационно-индуцированного рака, получены в результате популяционных исследований населения, перенесшего атомную бомбардировку в городах Хиросима и Нагасаки в 1945 г. Около 25000 выживших в бомбардировке были облучены в дозах до 50 мЗв, что эквивалентно нескольким КТ-исследованиям всего тела. В этой когорте, как и в когорте 400000 работников атомной промышленности, облученных в средней дозе 20 мЗв, установлено существенное повышение смертности от рака [12].

Ряд авторов рассмотрели связь развития рака с проведением медицинских рентгенодиагностических исследований. Так, при проведении рутинного КТ-исследования головного мозга медиана эффективной дозы облучения составляет 2 мЗв, атрибутивный, т.е. связанный с проведением КТ-исследования, риск развития рака — 0.23 на 1000 пациентов. При многофазной КТ брюшной полости и таза медиана эффективной дозы значительно выше — 31 мЗв, атрибутивный риск развития рака также возрастает — 4 на 1000 пациентов. Риск зависит от пола и возраста пациента. Так, при проведении коронарной КТ-ангиографии среди пациентов в возрасте 40 лет можно ожидать развитие рака у одной из 270 женщин и у одного из 600 мужчин [13]. При проведении КТ сердца пациенту в возрасте 20 лет атрибутивный риск развития рака в течение жизни составит 1 из 143 по сравнению с 1 из 3261 при КТ-исследовании у 80-летнего пациента [14]. В нашем исследовании у пациентов, получивших лечение по поводу лимфомы, атрибутивный риск составил 1 из 256.

Значение эффективной дозы облучения, равное 100 мЗв, наиболее часто упоминается как красная черта, которую не стоит превышать. У одного из 100 человек, получивших такую дозу, ожидается развитие дополнительного случая рака на протяжении жизни [15]. МКРЗ указывает, что облучение в дозе 100 мЗв в течение года может быть оправдано лишь в исключительных случаях [6]. При этом вопрос, что считать исключительным случаем и можно ли к нему отнести лечение злокачественных опухолей, остается открытым. Неоспоримо, что у онкологических пациентов польза от проведения КТ-исследований превышает риск, но это не означает, что не стоит рассматривать возможные пути снижения доз облучения.

В последнее время стали появляться публикации, оценивающие риск развития рака после проведения повторных КТ-исследований. Sodickson A. с соавт. изучили показатели частоты повторных КТ-исследований на протяжении 22-летнего периода в крупной университетской больнице в США — на 33% пациентов приходилось более 5 исследований, на 5% пациентов — от 22 до 132 исследований, в результате чего 15% пациентов получили кумулятивную дозу более 100 мЗв [7]. Средний атрибутивный риск развития рака составил 0.3%. Это вполне соответствует нашим данным — риск у пациентов с лимфомой составляет 0.35%. При этом авторы отмечают, что атрибутивный риск рака является достаточно низким по сравнению с базовым риском заболеть раком, который в США составляет 42%. Кроме этого, значение атрибутивного риска не может быть применено на индивидуальном уровне конкретного пациента.

Авторы рассмотрели отдельно группу пациентов, у которых ввиду большей накопленной дозы облучения атрибутивный риск рака превысил 1%. В этой группе 79% пациентов страдали злокачественной опухолью, наиболее часто лимфомой или лейкозом. Таким образом, пациенты с данной группой злокачественных новообразований получают наиболее высокую дозу облучения в результате проведения повторных КТ-исследований. В нашем исследовании дозу более 100 мЗв за весь период диагностики, лечения и последующего наблюдения получили 28% пациентов, в том числе в течение одного года — 12%.

Наиболее масштабным является недавнее популяционное исследование, проведенное в Австралии [16]. На основании изучения Национального медицинского регистра была прослежена когорта из 11 миллионов человек в возрасте от 0 до 19 лет, 680 тысяч из которых на протяжении

9.5 лет подвергались хотя бы одному КТ-исследованию. Чтобы исключить возможность медленного развития опухоли, в случае чего проведение КТ могло быть связано с проявлением ее наиболее ранних симптомов, случаи рака, развившиеся в течение одного года после проведения КТ, не учитывали. У этих лиц частота развития рака была на 24% выше, чем у тех, кому КТ-исследования не проводили. Более высокий риск сохранялся даже если не учитывать случаи рака, развившегося в течение 5 и 10 лет после КТ-исследования. Каждое дополнительное КТ-исследование увеличивало риск развития рака на 0.16.

В РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова рост количества КТ-исследований за последние 6 лет составил 25%. В последнее время произошло расширение показаний к проведению КТ. Так, в 2010–2011 гг. действовала предыдущая версия национальных стандартов, согласно которым с целью определения распространенности опухолевого процесса при ЛХ до начала лечения было необходимо сделать КТ ГК и БП, при НХЛ – ГК, БП, ОТ. Согласно новой версии стандартов, вступившей в силу в 2012 г., при любых видах лимфом до лечения необходимо провести КТ-сканирование всего тела, включая шею, грудную, брюшную полость и таз [1]. Следовательно, у пациентов, проходящих лечение в настоящее время, кумулятивная доза облучения будет более высокой, чем приводимые нами цифры. В этой связи целесообразно рассмотреть возможности использования других нерадиационных методов лучевой диагностики, таких как магнито-резонансную томографию (МРТ) с диффузионно-взвешенным исследованием (ДВИ). Нами отработана методика МРТ с ДВИ всего тела, при которой время сканирования составляет 37 мин. Данная методика может быть использована на всех этапах лечения, в том числе в сокращенном варианте в процессе проведения ХТ (время сканирования 11 мин) [17]. Другим важным путем снижения доз облучения пациентов является оптимизация протоколов КТ-сканирования, в частности, использование модуляции силы тока и других технических приемов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алгоритмы диагностики и лечения злокачественных новообразований: Сб. научн. статей. Вып. 2 / Под ред. О.Г. Суконко и С.А. Красного. Минск.: Профессиональные издания, 2012. 508 с.
2. *Kwee T.C., Kwee R.M., Nievelstein R.A.* Imaging in staging of malignant lymphoma: a systematic review // *Blood*. 2008. V. 111. № 2. P. 504–516.
3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). 2000 Report to the General Assembly, Annex D: Medical Radiation Exposures. N.Y., 2000. 203 p.
4. *Kalender W.A.* Computed tomography: fundamentals, system technology, image quality, applications. Erlangen: Publics Corporate Publishing, 2005. 354 p.
5. *Berrington de Gonzalez A., Darby S.* Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries // *Lancet*. 2004. V. 363. P. 345–351.
6. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann. ICRP. 2007. V. 37. № 2–4. P. 13–32.
7. *Sodickson A., Baeyens P.F., Andriole K.P. et al.* Recurrent CT, cumulative radiation exposure, and associated radiation-induced cancer risks from CT of adults // *Radiology*. 2009. V. 251. № 1. P. 175–184.
8. *Хоруужик С.А., Михайлов А.Н., Богушевич Е.В. и др.* Результаты обзора доз облучения при КТ в Республике Беларусь // *Диагн. интерв. радиол.* 2008. № 4. С. 95–102.
9. *Kharuzhik S.A., Matskevich S.A., Filjustin A.E. et al.* Survey of computed tomography doses and establishment of national diagnostic reference levels in the Republic of Belarus // *Radiat. Prot. Dosim.* 2010. V. 139. № 1–3. P. 367–370.
10. European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography, Report EUR 16262. Luxembourg, 1999. 107 p.
11. *Mettler F.A. Jr., Huda W., Yoshizumi T.T. et al.* Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog // *Radiology*. 2008. V. 248. № 1. P. 254–263.
12. *Brenner D.J., Hall E.J.* Computed tomography – an increasing source of radiation exposure // *N. Engl. J. Med.* 2007. V. 357. № 22. P. 2277–2284.
13. *Smith-Bindman R., Lipson J., Marcus R. et al.* Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer // *Arch. Int. Med.* 2009. V. 169. № 22. P. 2078–2086.
14. *Einstein A.J., Henzlova M.J., Rajagopalan S.* Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography // *JAMA*. 2007. V. 298. № 3. P. 317–323.
15. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII Phase 2, Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, Board on Radiation Effects Research, Division on Earth and Life Sciences. Washington: Natl. Acad. Press, 2006. 406 p.
16. *Mathews J.D., Forsythe A.V., Brady Z. et al.* Cancer risk in 680,000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians // *BMJ*. 2013. V. 346. P. f2360.
17. *Хоруужик С.А.* Разработка методики магнито-резонансной томографии всего тела с диффузионно-взвешенной МРТ для определения распространенности опухолевого процесса при злокачественных лимфомах // *Новейшие технологии лучевой визуализации заболеваний скелета и внутренних органов: Мат. науч.-практ. конф. / Под ред. А.Н. Михайлова.* Минск: БелМАПО, 2013. С. 127–131.

Поступила в редакцию
9.12.2013

Repeated Computed Tomography Examinations: Radiation Dose and Radiation Risk in Malignant Lymphomas

S. A. Kharuzhyk, E. A. Leusik

N. N. Alexandrov National Cancer Center of Belarus, Minsk, 223040 Belarus; e-mail: skharuzhyk@nld.by

The aim of the study was to determine the number, types and time periods of computed tomography (CT) examinations in the patients with lymphomas, to estimate the obtained radiation doses and the attributable risk of cancer. 50 patients aged 18–83 years, 25 men and 25 women who received treatment in 2010–2011 were included in a retrospective study. There were 19 patients with Hodgkin Disease and 31 patients with Non-Hodgkin's Lymphoma. During the monitoring period there 665 CT examinations were conducted including 169 (25%) prior to treatment, 244 (37%) during chemotherapy, 54 (8%) for radiation therapy planning and 198 (30%) after end of treatment. The average number of CT examinations per patient was 13.3 (range 3–29). 32 (64%) patients underwent 10 and more CTs, 10 (20%) patients – 20 and more. The most commonly performed examination was CT of the chest. Number of CT controls after treatment per patient averaged 2.7 (range 1–6). The mean effective dose per patient was 86.7 mSv (range 21.7–209.2 mSv). 37 (74%) patients received more than 50 mSv during the entire period, 14 (28%) patients – more than 100 mSv, 6 (12%) patients – more than 150 mSv and 1 (2%) patient – more than 200 mSv. 6 (12%) patients received more than 100 mSv during one year. The collective radiation dose was 4.3 Sv. In 50 patients, we can expect 0.176 additional cases of cancer which is equivalent to the risk of 0.35% or 1 case per 256 patients.