

[Перейти в содержание Вестника РНЦРР МЗ РФ N13](#)

Текущий раздел: **Лучевая диагностика**

Низкодозовый протокол компьютерной томографии при лимфоме Ходжкина.

Гомболевский В.А., Котляров.П.М., Даценко П.В., Нуднов Н.В.

ФГБУ "Российский научный центр рентгенорадиологии" Минздрава России, г. Москва

Адрес документа для ссылки: http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v13/papers/gombolevsii_v13.htm

Статья опубликована 30 октября 2013 года.

Контактная информация:

Рабочий адрес: 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 86, ФГБУ "Российский научный центр рентгенорадиологии" МЗ РФ.

Гомболевский Виктор Александрович – младший научный сотрудник лаборатории высокотехнологичных рентгеновских методов исследования отдела рентгеновской и ультразвуковой диагностики ФГБУ "Российский научный центр рентгенорадиологии" МЗ РФ, e-mail: g_victor@mail.ru

Котляров Петр Михайлович - д.м.н., профессор, заведующий лаборатории высокотехнологичных рентгеновских методов исследования отдела рентгеновской и ультразвуковой диагностики ФГБУ "Российский научный центр рентгенорадиологии" МЗ РФ.

Даценко Павел Владимирович - д.м.н., ведущий научный сотрудник отдела лучевой терапии и комбинированных методов лечения ФГБУ "Российский научный центр рентгенорадиологии" МЗ РФ.

Нуднов Николай Васильевич – д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии» МЗ РФ, e-mail: nudnov@rncrr.ru

Контактное лицо:

Гомболевский Виктор Александрович, e-mail: g_victor@mail.ru

Резюме

Предпосылки. Предпосылкой данной работы стало получение достаточной информации лишь от одной (венозной) фазы контрастного усиления компьютерной томографии (КТ) при лимфоме

Ходжкина (ЛХ) для оценки эффекта лечения при имеющихся нескольких сериях сканирования, а значит и большей дозой лучевой нагрузки, до и после различных этапов лечения. Внимание сфокусировано на исключении артериальной фазы (за счет артефактов от верхней полой вены) из протокола сканирования до лечения и бесконтрастной фазы в протоколах после лечения.

Цель. Целью стала подробная разработка специализированного низкодозового протокола КТ при ЛХ.

Материалы и методы. Проанализировано 30 верифицированных (ЛХ) пациентов на одном и том же оборудовании (Toshiba Aquilion ONE - 320 срезов с болюсным контрастным усилением) при одинаковых условиях.

Основные результаты и основные выводы. Данная работа подчеркивает важную роль компьютерной томографии в диагностике ЛХ, демонстрирует широкие возможности метода исследования, указывает на недостатки некоторых фаз сканирования, предлагает алгоритм для экономии ресурсов оборудования, снижении дозы лучевой нагрузки на пациентов при полноте информации, необходимой для анализа эффекта лечения. Таким образом, в работе предложен низкодозовый протокол КТ при ЛХ без снижения диагностической ценности исследования. Основные идеи данной работы, указывающие на сокращение количества серий сканирований, по всей видимости сохранят свою актуальность в будущем, учитывая неуклонное развитие технического совершенства аппаратов, которое связано со снижением лучевой нагрузки.

Ключевые слова: *протокол, низкая доза, верхняя полая вена, компьютерная томография, лимфома Ходжкина*

Low dose CT protocol in Hodgkin's lymphoma.

Gombolevskii V.A., Kotlyarov P.M., Dacenko P.V., Nudnov N.V.

Federal State Budget Establishment Russian Scientific Center of Roentgenoradiology (RSCRR) of Ministry of Health and Social Development of Russian Federation, Moscow

Summary

Preconditions. We postulated, that in Hodgkin's lymphoma (HL) it would be sufficient to obtain information only from one (venous) phase of contrast computer tomography (CT) to assess the effect of treatment before and after various stages of treatment. The attention was focused on an exclusion of an arterial phase (at the expense of artifacts from the superior vena cava) from the scanning protocol before treatment and a native phase of protocols after treatment.

The purpose was to develop in detail the CT specialized low-dose protocol for the HL patients.

Materials and methods. 30 patients with verified HL were examined with the same equipment (Toshiba Aquilion ONE - 320 sections with bolus intensifying) under identical conditions.

Main results and main conclusions. This work emphasizes an important role of CT in HL diagnostics, shows ample opportunities of that diagnostic method, points out the drawbacks of some phases of scanning, offers algorithm for extension of service lives, a decrease of dose load on patients without losing information necessary for the analysis of treatment effect..

Key words: CT protocol, low dose, superior vena cava, computed tomography, Hodgkin's lymphoma

Оглавление:

Введение

Цели и задачи

Материалы и методы

Результаты и обсуждение

Выводы

Список литературы

Введение

Диагностическим сообществом с момента понимания высокодозного облучения пациентов при КТ на фоне внутривенного контрастирования разрабатывались протоколы способные получать необходимую информацию при более низкой дозе (Barkhausen J et al., 1998; Chen MY et al., 1997; Funabashi N et al., 2006; Hein PA et al., 2009; Livingstone RS et al., 2010; Masatoshi M et al., 2000; Rehbock B et al., 2003; Salgado RA et al., 2007; Sigal-Cinqualbre AB et al., 2004; Szucs-Farkas Z et al., 2008; Szucs-Farkas Z et al., 2009; Wessling J et al., 2001; Zhu X et al., 2004). Для некоторых заболеваний так и не удалось прийти к единому протоколу сканирования (Hein PA et al. 2006). Коллективные усилия радиологов, физиков и компаний производителей компьютерных томографов, разработки новых алгоритмов обработки "сырых" данных позволили уменьшить нежелательное воздействие излучения при КТ (Bai M et al., 2009; Hu XH et al., 2011; Inoue T et al., 2012; Kang EJ et al., 2012; McNitt-Gray MF, 2002; Noël PB et al., 2011; Rogers LF, 2002). Принцип ALARA (разумно достижимый низкий уровень облучения), предложенный Международной комиссией по радиологической защите (International Commission on Radiological Protection 1990; Slovis TL 2003) стал более актуальным в связи с растущим использованием КТ для диагностики и интервенционных процедур. В доступной литературе не нашлось упоминаний о специфичном протоколе при ЛХ.

При верификации ЛХ в протокол исследований включена МСКТ.

Наилучшая визуализация и дифференцировка мягкотканых структур средостения заключается в использовании внутривенного введения рентгенконтрастных веществ (РКВ). Артефакты, возникающие во время артериальной фазы на ВПВ и нижней полой вене (Masatoshi M et al., 2000), затрудняют диагностику при внутригрудной локализации ЛХ вплоть до диагностирования псевдотромбозов (Inoue T et al., 2012).

[Перейти в оглавление статьи >>>](#)

Цели и задачи

Целью данной работы явилось создание специализированного низкодозного протокола компьютерной томографии, использующегося при оценке эффективности лечения ЛХ без снижения диагностического качества до и для контроля эффективности лечения.

[Перейти в оглавление статьи >>>](#)

Материалы и методы

Проанализированы результаты исследования 30 пациентов с верифицированной ЛХ. МСКТ была проведена на Toshiba Aquilion ONE с рентгенконтрастным веществом (концентрация - 370 мг йода на 1 мл вещества) в расчете 1мл/кг с последующим промыванием 40 мл солевым изотоническим раствором (0,9% NaCl). Внутривенное введение проводилось с помощью двухколбового автоматического инжектора Mallinckrodt OptiVantage DN со средней скоростью 2,5 мл в секунду в зависимости от состояния периферических вен.

Протоколы сканирования при ЛХ сильно различаются (см. табл 1): без РКВ, при условии внутривенного введения РКВ, и при выявлении аллергической реакции на РКВ после МСКТ до лечения.

Таблица 1. Низкодозовый протокол компьютерной томографии при ЛХ до и после лечения; без и с болюсным внутривенным введением йодсодержащего РКВ, и в условиях выявления аллергической реакции при сканировании до лечения.

Протоколы сканирования		Безконтрастное сканирование (натив)	Артериальная фаза	Венозная фаза (через 30 сек после 140 Ни в легочном стволе)
Без РКВ	до лечения	сканирование*	отсутствует	
	после лечения	сканирование**	отсутствует	
С внутривенным введением РКВ	до лечения	сканирование*	отсутствует	сканирование*
	после лечения	отсутствует	отсутствует	сканирование**
Аллергическая	до	сканирование*	отсутствует	сканирование*

реакция при сканировании с РКВ до лечения	лечения			
	после лечения	сканирование**	отсутствует	

*Стандартная методика сканирования (рекомендуется НДКТ при использовании AIDR 3D или других методик НДКТ).

**Целесообразно использовать более низкую дозу, чем при сканировании до лечения из-за того, что в подавляющем большинстве случаев более низкая доза достаточна для оценки передневерхнего средостения, однако, в каждом случае необходимо действовать индивидуально в зависимости от локализаций, распространения и размеров оцениваемых изменений - в соответствии с принципами «As Low As Reasonably Achievable» (ALARA), предложенными Международной комиссией по радиологической защите [Annals of International Commission on Radiological Protection, 1991; (Slovic TL, 2003)].

Протокол сканирования при вышеуказанных случаях, когда исследование выполняется без внутривенного введения РКВ до и после лечения, содержит по одному бесконтрастному (нативному) сканированию. Исследование после лечения в соответствии с принципами ALARA целесообразно выполнять с более низкой дозой, однако, в каждом случае необходим индивидуальный подход.

Протокол сканирования при условии внутривенного использования РКВ имеет 2 части - протокол до лечения (сканирование впервые) и после лечения (сканирование для оценки лечения). Протокол до лечения включает нативное сканирование по стандартной или по низкодозовой методике (при наличии специализированной программы снижения дозы, такой как AIDR 3D или других методик НДКТ см. Последовательность проведения исследования органов грудной клетки при КТ без внутривенного введения РКВ); «ловля» болюса раствора контрастного вещества выставляется в проекции легочного ствола с порогом в 140 Ну, после чего производится внутривенное болюсное введение РКВ с выполнением стандартного сканирования по спиральной методике в венозную (пропуская артериальную) фазу (или по низкодозовой методике при наличии специализированной программы снижения дозы, такой как AIDR 3D или других методик НДКТ см. Последовательность проведения исследования органов грудной клетки при КТ с внутривенным введением йодсодержащего РКВ). Протокол после лечения включает «ловлю» болюса раствора контрастного вещества, который выставляется в проекции легочного ствола с порогом в 140 Ну, с последующим внутривенным введением РКВ с выполнением сканирования в венозную фазу (по стандартной или по низкодозовой методикам при наличии специализированной программы снижения дозы, такой как AIDR 3D или других методик НДКТ см. Последовательность

проведения исследования органов грудной клетки при КТ с внутривенным введением йодсодержащего РКВ. Целесообразно использование более низкой дозы, чем при сканировании до лечения в соответствии с принципами ALARA).

Если КТ исследование выполнялось с РКВ до лечения, после чего была выявлена аллергическая реакция, следующие КТ исследования (для оценки эффективности лечения) содержат по одному бесконтрастному (нативному) сканированию (по стандартной или по низкодозовой методикам при наличии специализированной программы снижения дозы, такой как AIDR 3D или других методик НДКТ см. Последовательность проведения исследования органов грудной клетки при КТ без внутривенного введения РКВ).

Последовательность проведения исследования органов грудной клетки при КТ без внутривенного введения РКВ:

1. Сбор анамнеза.
2. Подготовка пациента – обычно выполняется младшим медицинским персоналом.
3. Укладка пациента - обычно выполняется младшим медицинским персоналом.
4. Соблюдение правил защиты при выполнении рентгенологических исследований - обычно выполняется младшим медицинским персоналом.
5. Разметка на томографе сканируемой области.
 - 5.1. Проведение топографической разметки во фронтальной проекции в условиях пониженной экспозиции на трубке (20 мАс).
 - 5.2. Проведение топографической разметки в сагиттальной проекции в условиях пониженной экспозиции на трубке (20 мАс).
 - 5.3. Выставление границ сканирования на основе топограмм.
6. Если имеется или возникает сомнение в дифференцировке пищевода, применяется пероральное контрастирование раствором РКВ (при отсутствии противопоказаний), или воды.
 - 6.1. Перед сканированием пациент набирает в ротовую полость раствор РКВ, или воды.
 - 6.2. По голосовой команде «Глотайте, вдохнуть и не дышать» через динамик непосредственно перед сканированием пациент заполняет пищевод раствором РКВ или водой.
7. Если контрастирование пищевода нецелесообразно. Голосовая команда «Вдохнуть и не дышать» через динамик непосредственно перед сканированием.
8. При первичном (до лечения) обследовании выполняется сканирование на основании созданных топограмм по стандартной или по низкодозовой методикам при наличии

специализированной программы снижения дозы, такой как AIDR 3D или других методик НДКТ с выполнением реконструкции в мягкотканном и легочном режимах.

8.1. При вторичном (для оценки эффективности лечения) обследовании выполняется сканирование на основании созданных топограмм по стандартной или по низкодозовой методикам при наличии специализированной программы снижения дозы, такой как AIDR 3D или других методик НДКТ с выполнением реконструкции в мягкотканном и легочном режимах. Целесообразно использование более низкой дозы, чем при сканировании до лечения в соответствии с принципами ALARA.

На томографе Toshiba Aquilion ONE есть возможность проводить сканирования по объемной методике (последовательными объемными сканированиями 320-детекторами на протяжении 160 мм каждое друг за другом по оси Z с высокой скоростью ротации трубки в 0,35с), с автоматически регулирующейся силой тока (mAs) на рентгеновской трубке; кроме того, как и на других томографах, возможно сканирование с пониженным киловольтажем (80kV). Указанная техника выполнения сканирования на одном из самых современных компьютерных томографах позволяет значительно снизить дозу лучевой нагрузки на пациента (более чем на 60% по сравнению со стандартной методикой). Такое исследование выполняется в среднем в 2-3 сканирования (160мм+160мм+160мм=480мм по оси Z, в которые укладывается область грудной клетки любого пациента).

9. После выполнения сканирования голосовая команда «Дышите».

10. Снятие пациента со стола.

Последовательность проведения исследования органов грудной клетки при КТ с внутривенным введением йодсодержащего РКВ:

1. Сбор анамнеза.
2. Подготовка пациента – обычно выполняется младшим медицинским персоналом.
3. Укладка пациента - обычно выполняется младшим медицинским персоналом.
4. Соблюдение правил защиты при выполнении рентгенологических исследований - обычно выполняется младшим медицинским персоналом.
5. Разметка на томографе сканируемой области.
 - 5.1. Проведение топографической разметки во фронтальной проекции в условиях пониженной экспозиции на трубке (20м Ас).
 - 5.2. Проведение топографической разметки в сагиттальной проекции в условиях пониженной экспозиции на трубке (20м Ас).
 - 5.3. Выставление границ сканирования на основе топограмм.

6. Если имеется или возникает сомнение в дифференцировке пищевода, применяется пероральное контрастирование раствором РКВ, или воды.

6.1. Перед сканированием пациент набирает в ротовую полость раствор РКВ, или воды.

6.2. По голосовой команде «Глотайте, вдохнуть и не дышать» через динамик непосредственно перед сканированием пациент заполняет пищевод раствором РКВ или водой.

7. Если контрастирование пищевода нецелесообразно. Голосовая команда «Вдохнуть и не дышать» через динамик непосредственно перед сканированием.

8.1 На этом этапе обследования выполняется постановка пластикового катетера в кубитальную вену. Для введения оптимально применять катетер G20, D1,1mm, L33mm.

8.2 Внутривенно болюсно вводится неионное йододержщее РКВ, содержащее 300-370 мг йода в 1 мл (оптирей 350, ультравист 370 (лекарственная форма: раствор для инъекций)).

8.3 Введение производится с помощью автоматического инжектора Mallinckrodt OptiVantage DH и MEDRAD Stellans Sx .

8.4 Объем вводимого контрастного препарата рассчитывается по формуле: $V_{к.в} = (t_{скан} + 10) \times U_{введ}$, где $t_{скан}$ – время сканирования одной фазы, $U_{введ}$ – скорость введения контрастного препарата.

8.5. С целью получения болюса контрастного вещества хорошего качества и требуемой кривой накопления контрастный препарат вводится однофазно. Оптимальная скорость введения контрастного препарата 3,5-4 мл в сек, в зависимости от состояния периферических вен.

8.6 Артериальная фаза определяется с помощью специализированного протокола сканирования (sure start, bolus tracking) в условиях пониженной экспозиции на трубке (20 мАс). При достижении денситометрических показателей крови 140 HU в проекции легочного ствола.

9. При первичном (до лечения) обследовании выполняется сканирование на основании созданных топограмм в венозную фазу (примерно через 25-35 секунд от начала болюса) по стандартной или по низкодозовой методикам при наличии специализированной программы снижения дозы, такой как AIDR 3D или других методик НДКТ с выполнением реконструкции в мягкотканом и легочном режимах.

9.1. При вторичном (для оценки эффективности лечения) обследовании выполняется сканирование на основании созданных топограмм по стандартной или по низкодозовой методикам в венозную фазу (примерно через 25-35 секунд от начала болюса) при наличии специализированной программы снижения дозы, такой как AIDR 3D или других методик НДКТ с выполнением реконструкции в мягкотканом и легочном режимах. Целесообразно

использование более низкой дозы, чем при сканировании до лечения в соответствии с принципами ALARA.

На томографе Toshiba Aquilion ONE есть возможность проводить сканирования по объемной методике (последовательными объемными сканированиями 320-детекторами на протяжении 160мм каждое друг за другом по оси Z с высокой скоростью ротации трубки в 0,35с), с автоматически регулирующейся силой тока (mAs) на рентгеновской трубке, кроме того, как и на других томографах, возможно сканирование с пониженным киловольтажем (80kV). Указанная техника выполнения сканирования на одном из самых современных компьютерных томографах позволяет значительно снизить дозу лучевой нагрузки на пациента (более чем на 60% по сравнению со стандартной методикой). Такое исследование выполняется в среднем в 2-3 сканирования (160мм+160мм+160мм=480мм по оси Z, в которые укладывается область грудной клетки любого пациента).

10. Непосредственно после выполнения сканирования голосовая команда «Дышите» через динамики.

11. Извлечение катетера, выполнение обработки и перевязки места введения контрастного вещества.

12. Получение информации у пациента о его самочувствии (важно для оценки аллергической реакции).

13. Снятие пациента со стола.

14. Принятие решения о размещении пациента на 30 мин в отделении для оценки состояния и возможной аллергической реакции.

[Перейти в оглавление статьи >>>](#)

Результаты и обсуждение

Сканирование пациентов без внутривенного введения РКВ предусматривало 1 серию сканирования до лечения и 1 серию сканирования после лечения (в сумме 2); дозовая нагрузка составила в среднем до лечения 6,4 мЗв и 1,4 мЗв после лечения (в сумме 7,8 мЗв). При использовании стандартного МСКТ протокола без РКВ до и после лечения были по 1 серии сканирования (в сумме 2), и дозовая нагрузка была существенно больше, составив в среднем по 6,4 мЗв до и после лечения (в сумме 12,8 мЗв).

Результатами сканирования пациентов с внутривенным введением РКВ до лечения были 2 серии сканирования и после лечения 1 серия сканирования (в сумме 3), дозовая нагрузка составила в среднем до лечения 9,4 мЗв и 6,4 мЗв после лечения (в сумме 15,4 мЗв). При использовании стандартного МСКТ протокола с внутривенным введением РКВ до и после

лечения были по 3 серии сканирования (в сумме 6), дозовая нагрузка была также значительно больше, составив в среднем по 19мЗв до и после лечения (в сумме 38мЗв).

Результатами сканирования пациентов при выявлении аллергической реакции на РКВ во время МСКТ с внутривенным введением до лечения были 2 серии сканирования и после лечения 1 серия сканирования (в сумме 3), дозовая нагрузка составила в среднем до лечения 9,4мЗв и 1,4мЗв после лечения (в сумме 10,8 мЗв). При использовании стандартного МСКТ протокола в аналогичной ситуации до лечения были выполнены 3 серии сканирования, после лечения 1 серия сканирования (в сумме 4), дозовая нагрузка составила в среднем по 19 мЗв до лечения и 6,4 мЗв после лечения (в сумме 25,4мЗв).

Сравнение доз лучевых нагрузок для всех типов протоколов приведено в Таблице 1.

Таблица 1. Сравнение доз лучевых нагрузок при ЛХ с использованием разработанного и стандартного протокола МСКТ

Протоколы МСКТ		Средняя доза МСКТ до лечения ЛХ (мЗв)	Средняя доза МСКТ после лечения ЛХ (мЗв)	Сумма средних доз лучевой нагрузки (мЗв)	Процентное сокращение дозы лучевой нагрузки разработанных протоколов по сравнению со стандартными
МСКТ без РКВ	Стандартный протокол	6,4	6,4	12,8	39%
	Разработанный протокол	6,4	1,4	7,8	
МСКТ с РКВ	Стандартный протокол	19	19	38	58,4%
	Разработанный протокол	9,4	6,4	15,8	
При аллергической реакции во время МСКТ до лечения	Стандартный протокол	19	6,4	25,4	57,5%
	Разработанный протокол	9,4	1,4	10,8	

В процентном сравнении дозовая нагрузка пациентов на основании разработанного протокола сократилась в среднем от 39% до 58%.

Артериальная фаза исключалась из протокола сканирования в связи с отсутствием диагностически важных данных в своем составе при ЛХ. Кроме того, наличие артефактов в верхней полой вене, вызванных наличием высококонцентрированного раствора рентгенконтрастного вещества, затрудняет дифференцировку прилежащей пораженной лимфоидной ткани при ЛХ.

Диагностически важной является информация об объеме поражения, полученная, например, с помощью программного комплекса, такого как OsiriX с исключением объема жировой ткани. Эти расчеты наилучшим образом производятся в венозную фазу контрастного усиления, то есть во время наилучшей контрастной разницы по плотности между мягкими тканями, патологически пораженными лимфоидными массами и жировыми прослойками при отсутствии артефактов.

Из протокола после лечения (для анализа эффективности) исключались бесконтрастная и артериальная фазы сканирования в связи с отсутствием дополнительной (по сравнению с серией венозной фазы) важной информации, и, так как выявление диагностически ценной информации в повторное нативное сканирование маловероятно. Кроме того, из сканирования в венозную фазу выполнялась дополнительная реконструкция в легочном режиме для возможности оценки изменений легких.

Указанные исключения серий КТ из общих протоколов сканирования позволяют экономить ресурс оборудования на 50% (из расчета сканированных КТ серий), что является одной из задач современной диагностики.

Предполагаемое дальнейшее технологическое совершенствование аппаратной и программной составляющих низкодозовых технологий компьютерной томографии на сегодняшний день позволяет предположить в будущем неизменную актуальность решенных вопросов, которые освещены в данной работе.

[Перейти в оглавление статьи >>>>](#)

Выводы

На современном уровне перед диагностическим сообществом, на фоне высоких темпов распространения рабочих единиц томографов, стоят острые вопросы снижения дозы и актуальные вопросы экономии ресурса оборудования. Предложенные КТ протоколы до и после лечения при ЛХ с внутригрудной локализацией позволяют улучшить результаты по обоим направлениям оптимизации диагностики, демонстрируют широкие возможности

метода исследования при достаточной полноте информации, необходимой для анализа эффекта лечения. Основой разработанного протокола является сканирование до лечения в бесконтрастную и венозную фазы контрастного усиления (при исключении артериальной) с реконструкцией в легочном режиме, а после лечения сканирование предполагается выполнять только в венозную фазу контрастного усиления с реконструкцией в легочном режиме. Основной алгоритм представленного специализированного КТ- протокола в виде исключения некоторых фаз сканирования, по всей видимости, не утратит своей актуальности при неуклонном развитии технологий, направленных на снижение дозы на аппаратном и программном уровне при анализе ЛХ с помощью КТ.

[Перейти в оглавление статьи >>>](#)

Список литературы

1. *Bai M, Chen J, Raupach R, Suess C, et al.* Effect of nonlinear three-dimensional optimized reconstruction algorithm filter on image quality and radiation dose: validation on phantoms. // *Med Phys.* 2009. V. 36. N.1. P. 95-97.
2. *Barkhausen J, Stöblen F, Müller RD, et al.* Effect of collimation and pitch on radiation exposure and image quality in spiral CT of the thorax. // *Aktuelle Radiol.* 1998. V. 8. N. 5. P. 220-224.
3. *Chen MY, Chiles C, Choplin RH, et al.* Bronchogenic carcinoma: a survey of CT protocols for staging disease. // *Acad Radiol.* 1997. V. 4. N. 10. P. 687-692.
4. *Funabashi N, Sato H, Asano M, et al.* Utility of triple channel injection of contrast material with mixture of saline, with acquisition in the cephalic direction for arterial trees in the thorax using multislice computed tomography. // *Int J Cardiol.* 2006. V. 113. N. 1. P. 97-103.
5. *Hein PA, Romano VC, Lembcke A, et al.* Initial experience with a chest pain protocol using 320-slice volume MDCT. // *Eur Radiol.* 2009. V. 19. N. 5. P. 1148-1155.
6. *Hu XH, Ding XF, Wu RZ, et al.* Radiation dose of non-enhanced chest CT can be reduced 40% by using iterative reconstruction in image space. // *Clin Radiol.* 2011. V. 66. N. 11. P. 1023-1029.
7. *Inoue T, Ichikawa K, Hara T, et al.* Investigation of vessel visibility of iterative reconstruction method in coronary computed tomography angiography using simulated vessel phantom. // *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi.* 2012. V. 68. N. 12. P. 1631-1636.
8. International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. // *Annals of ICRP.* 1991. V. 21. P. 1-3.
9. *Kang EJ, Lee KN, Kim DW, et al.* Triple rule-out acute chest pain evaluation using a 320-row-detector volume CT: a comparison of the wide-volume and helical modes. // *Int J Cardiovasc Imaging.* 2012. V. 28. N. 1. P. 7-13.

10. *Livingstone RS, Pradip J, Dinakran PM, et al.* Radiation doses during chest examinations using dose modulation techniques in multislice CT scanner. //Indian J Radiol Imaging. 2010 May. V. 20. N. 2. P. 154-157.
11. *Masatoshi M, Masatsugu I, Jun-ichiro I, et al.* An optimal follow-up protocol for renal cell carcinoma based on the occurrence of recurrences after surgery. //Nihon Hinyokika Gakkai Zasshi. 2000. V. 91. N. 12. P. 700-707.
12. *McNitt-Gray MF.* AAPM/RSNA physics tutorial for residents: topics in CT—radiation dose in CT. //RadioGraphics. 2002. V. 22. P. 1541-1553
13. *Noël PB, Fingerle AA, Renger B, et al.* Initial performance characterization of a clinical noise-suppressing reconstruction algorithm for MDCT. // AJR Am J Roentgenol. 2011. V. 197. N. 6. P. 1404-1409.
14. *Rehbock B, Hieckel HG.* Chest examination protocol with a reduced dose using a multi-slice spiral CT. // Rofo. 2003. V. 175. N. 7. P. 963-966.
15. *Rogers LF.* Dose reduction in CT: how low can we go? (editorial) //AJR 2002. V.179. P.299
16. *Salgado RA, Spinhoven M, De Jongh K, et al.* Chest MSCT acquisition and injection protocols. // JBR-BTR. 2007. V. 90. N. 2. P. 97-99.
17. *Sigal-Cinqualbre AB, Hennequin R, Abada HT, et al.* Low-kilovoltage multi-detector row chest CT in adults: feasibility and effect on image quality and iodine dose. // Radiology. 2004. V. 231. N. 1. P. 169-174.
18. *Slovis TL.* Children, computed tomography radiation dose, and the As Low As Reasonably Achievable (ALARA) concept. // Pediatrics 2003 V. 112. P. 971 -972
19. *Szucs-Farkas Z, Kurmann L, Strautz T, et al.* Patient exposure and image quality of low-dose pulmonary computed tomography angiography: comparison of 100- and 80-kVp protocols. //Invest Radiol. 2008, V.43. N.12. P.871-876.
20. *Szucs-Farkas Z, Schaller C, Bensler S, et al.* Detection of pulmonary emboli with CT angiography at reduced radiation exposure and contrast material volume: comparison of 80 kVp and 120 kVp protocols in a matched cohort. //Invest Radiol. 2009. V.44. N.12. P.793-799.
21. *Wessling J, Fischbach R, Ludwig Kl.* Multi-slice spiral CT of the abdomen in oncological patients: influence of table support and detector configuration on image quality and radiation exposure. Rofo. 2001. V.173. N.4. P.373-378.
22. *Zhu X, Yu J, Huang Z.* Low-dose chest CT: optimizing radiation protection for patients. AJR Am J Roentgenol. 2004. V.183. N.3. P.809-816

[Перейти в оглавление статьи >>>>](#)

ISSN 1999-7264

© Вестник РНЦРР Минздрава России

© Российский научный центр рентгенорадиологии Минздрава России