ALLIANCE
HEALTH TECHNOLOGIES

СПб., пр. Обуховской обороны, д.76,
тел. +7(812) 677-02-50,+7 921 756-11-44
www. alliancehealth.ru, allianceht@mail.ru

Стр.1 [Перевод с английского языка]

Чрескожные биопсии легких: производительность оптической системы навигации на основе КТ с низкодозовым протоколом

Розарио Франческо Грассо, Роберто Луиджи Каццато, Джакомо Луппи, Франческо Д'Агостино, Эмилиано Шена, Риккардо Дель Весково и соавт.

European Radiology (Европейская радиология)
ISSN 0938-7994 Eur Radiol
DOI 10.1007/s00330-013-2932-9

/Фото журнала. Том 23, № 7, июль 2013 г.
Европейское общество радиологов/

Сайт публикации научных материалов «Springer»

Стр. 2

Ваша статья защищена авторским правом, все права принадлежат исключительно Европейскому обществу радиологов. Данный электронный оттиск предназначен только для персонального использования и не самоархивируется в электронных архивах. Если вы хотите самоархивировать вашу статью, пожалуйста, используйте разрешенную для этого версию рукописи для ее публикации на собственном веб-сайте. Кроме того, вы можете сдать на дальнейшее хранение разрешенную для этого версию рукописи в любой архив при условии, что она появится в открытом доступе только через 12 месяцев после ее официального опубликования и что при этом будет дано указание на первоисточник публикации, а также будет указана ссылка на статью, опубликованную на сайте Springer. Ссылка должна сопровождаться следующим текстом: «Окончательная редакция доступна по адресу /название ссылки/.springer.com».

/Логотип/: «Springer»

Стр. 3

Eur Radiol
DOI 10.1007/s00330-013-2932-9

ИНТЕРВЕНЦИОННОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Чрескожные биопсии легких: производительность оптической системы навигации на основе КТ с низкодозовым протоколом

Розарио Франческо Грассо, Роберто Луиджи Каццато, Джакомо Луппи, Франческо Д'Агостино, Эмилиано Шена, Риккардо Дель Весково, Франческо Джиурацца, Элиодоро Файелла, Бруно Беомонте Цобель

Авторский экземпляр

Получено: 21 марта 2013 г.
Проверено: 9 мая 2013 г.
Принято: 25 мая 2013 г. © Европейское общество радиологов 2013

Краткое описание

Цели: Сопоставить воздействие радиации на пациентов, техническую осуществимость, качество изображения и коэффициент возникновения осложнений при чрескожных биопсиях легких (ЧБЛ) на основе КТ с низкодозовым (НД) протоколом под контролем оптической системы навигации.

Методы: Пятьдесят два последовательных пациента с подозрением на раковые повреждения в легких были отобраны и случайным образом распределены по группам: 1 (ЧБЛ под контролем навигационной системы) и 2 (ЧБЛ под контролем навигационной системы с НД-протоколом). Демографические данные пациентов, особенности раковых очагов повреждения, связанные с процедурой переменные и качество изображения КТ для группы 2 были документированы и сопоставлены.

Результаты: Техническое выполнение процедуры было на 100% успешным в обеих группах. Доза облучения грудной клетки пациентов была значительно ниже в группе 2 , чем в группе 1 (группа 1: произведение дозы на длину: 206 ± 59 мГр - см, ~ 3,5 ± 1,0 мЗв; группа 2: 54,2 ± 46,2 мГр см, ~ 0,92 ± 0,78 мЗв, $p < 0,0001$). Процент инцидентов пневмоторакса составил 12% в группе 1 и 11,1% в группе 2. Процент инцидентов кровохарканья составил 8,0% в группе 1 и 3,7% в группе 2. Качество изображения КТ, полученного в группе 2, оценивалось как «адекватное» во всех случаях и как «отличное» в 15 случаях (56,0 %).

Выводы: Оптическая система навигации с НД-протоколом КТ пригодна для выполнения биопсий легких со снижением радиационного облучения пациентов.

Р.Ф. Грассо, Р.Л. Каццато (адрес электронной почты см. ниже), Дж. Луппи, Ф. Д'Агостино, Э. Шена, Р. Дель Весково, Ф. Джиурацца, Э. Файелла, Б. Беомонте Цобель

Отделение радиологии, Территория Университета биомедицины Рима, Виа Альваро Дель Портильо, 200, 00128 Рим, Италия
Адрес электронной почты: r.cazzato@nicampus.it

Э. Шена
Отдел измерений и биомедицинской аппаратуры
Лаборатория биомедицинской инженерии
Территория Университета биомедицины Рима, Виа Альваро Дель Портильо, 200, 00128 Рим, Италия
Опубликовано на сайте: 20 июня 2013 г.

Ключевые моменты

• *Навигационные системы являются полезными инструментами для проведения чрескожных процедур с визуальным контролем.*

• *Для биопсии легких могут быть использованы низкодозовые (НД) протоколы КТ.*

• *Сочетание НД-протоколов с оптической навигацией КТ приводит к значительному снижению радиационного воздействия.*

Ключевые слова: Легочные узелки. Чрескожная биопсия легких. Компьютерная томография (КТ). Доза радиоактивного облучения. Навигационная система

Сокращения: ЧБЛ - чрескожная биопсия легких, НД – низкая доза.

Введение

Навигационные системы становятся перспективным инструментом в области чрескожных процедур с визуальным контролем. Такие системы дают возможность электромагнитного [1] , оптического [2, 3] или комбинированного [4] отслеживания устройств, используемых во время хирургического вмешательства. Отслеживаемые устройства мгновенно визуализируются в рамках виртуальной модели, построенной на основе ранее полученных изображений КТ или МРТ. На данный момент наложение отслеживаемого устройства на целевой раковый очаг повреждения возможно без запроса дополнительных изображений для каждого продвижения отслеживаемых устройств.

Что касается области специализации на чрескожных процедурах на легких, исследованию производительности систем навигации в этой области посвящено лишь несколько работ [2, 5-8]. Большинство из этих исследований являются предварительными, поскольку они проводились в малых и неоднородных группах пациентов [2, 5, 6] . Поэтому, насколько нам известно, никаких определенных данных относительно применения навигационных систем именно в проведении чрескожных биопсий легких (ЧБЛ) найдено не было, особенно с точки зрения дозы облучения пациентов, длительности процедуры или коэффициента возникновения осложнений. В частности, вопрос о радиоактивном излучении, насколько мы можем судить, имеет решающее значение, так как изображения, используемые системами навигации (особенно в области чрескожных процедур на легких), обычно получают с помощью КТ или КТ-флюороскопии.

В ходе проведенных ранее экспериментов мы подтвердили надежность оптической навигационной системы на основе КТ [8] в выполнении ЧБЛ. Система доказала свою эффективность для снижения радиационного облучения пациентов, длительности процедуры и коэффициента возникновения осложнений по сравнению с ЧБЛ, выполненной под стандартным КТ - контролем.

В соответствии с тем принципом, что радиационное облучение должно быть «на возможно достижимом минимальном уровне» [3], целью нашего исследования было оценить оптическую систему навигации, доступную для использования в нашем учебном заведении при выполнении ЧБЛ с низкодозовым (НД) протоколом КТ, с точки зрения технической осуществимости, радиационного облучения пациентов, качества изображения и коэффициента возникновения осложнений.

Материалы и методы

Аттестационная комиссия учебного заведения одобрила проведение данного проспективного рандомизированного контролируемого исследования. Каждый поступивший

пациент дал письменное информированное согласие на прохождение ЧБЛ и на включение информации о нем в исследование.

Исследуемая группа

Критериями включения в исследование были солидные очаги повреждения или субплевральные фокусы уплотнения по типу «матового стекла» с подозрением на злокачественность, отсутствие доказательств эндобронхиальной опухоли, отсутствие диагноза после бронхоскопии, непригодность УЗ-контроля и способность пациента соблюдать необходимые требования (т.е., способность лежать в заданном положении или задерживать дыхание на протяжении нескольких секунд). Пятьдесят два произвольно отобранных пациента были включены в исследование в соответствии с принципом «все пациенты, начавшие проходить лечение» и случайным образом распределены в две группы:

- группа 1 (15 мужчин, 10 женщин) – пациенты прошли ЧБЛ под руководством оптической навигационной системы на основе КТ;

- группа 2 (16 мужчин, 11 женщин) – пациенты прошли ЧБЛ под руководством оптической навигационной системы на основе КТ с низкодозовым протоколом КТ.

Оптическая система навигации основана на отражении инфракрасного излучения пассивными сферами, находящимися на ручке иглы и на груди пациента. Инфракрасное излучение обнаруживается фотодатчиком, установленным на потолке кабинета КТ. Для создания виртуальной 3D-модели грудной клетки пациента в распоряжении системы навигации находятся снимки КТ, сделанные по стандарту DICOM (цифровое изображение и коммуникации в медицине) и отображающие расположение пассивных сфер на груди пациента. Продвижение иглы по грудной клетке пациента выполняется на основании обратной связи от иглы – пройденного ей пути, который отображается на виртуальной 3D-модели. Конечным результатом является продвижение иглы без необходимости получения снимков КТ для каждого дальнейшего продвижения иглы.

Операции по ЧБЛ были проведены опытными (5-20 лет опыта) интервенционными радиологами (Р. Ф. Дж., Дж. Л. и Э.Ф.) и врачом-интерном, третий год работающим в радиологии (Р.Л.К.), под руководством одного из трех более опытных радиологов. Средний опыт работы оперирующего хирурга составил 8,25 лет. Операции по ЧБЛ были распределены среди хирургов произвольным образом, путем выбора хирургами запечатанных конвертов, внутри которых находились карты со списками групп пациентов, распределенных на каждого хирурга.

Группа 1 ЧБЛ

ЧБЛ были выполнены с использованием КТ с многорядным расположением детекторов (Somaton Sensation 64, Siemens, Форххайм, Германия) в модулях КТ, где были установлены навигационные системы. В группе 1 использовались следующие параметры: конфигурация детектора 64x0,6 мм, шаг 1,45, скорость подачи 2,54 мм/оборот, оборот Гентри 0,33 с, 100 кВ и 100 мА-с. Во всех случаях был использован кернель для мягких тканей. КТ-визуализация была ограничена целевой областью, определенной путем анализа результатов предыдущих медицинских и радиологических исследований каждого отдельного пациента.

Пациентов помещали в определенное положение (лежа, на спине или на боку), чтобы

обеспечить кратчайшее возможное расстояние между очагом повреждения и плевральной поверхностью; траектория иглы также определялась таким образом, чтобы задеть как можно меньше плевральных поверхностей и избежать появления макроскопических эмфизематозных булл.

Перед началом каждой процедуры оценивались параметры свёртываемости крови; прием пациентами антитромбоцитарных препаратов был прекращен за 7 дней до процедуры. Каждому пациенту была проведена толстоигольная биопсия с применением коаксиальной техники. Использовалась игла 18-G (Biopince, Angiotech, Ванкувер, Британская Колумбия, Канада).

Адекватность образцов оценивалась на месте интервенционным радиологом, выполняющим процедуру; если образец, полученный при первой пробе, оказывался недостаточным, бралась вторая проба образцов с помощью постоянной внешней направляющей иглы.

Группа 2 ЧБЛ

В группе 2 для получения НД-протокола использовались следующие параметры КТ: конфигурация детектора 64x0,6 мм, шаг 1,4, скорость подачи 0,81 мм/оборот, оборот Гентри 0,33 с, 100 кВ и 35 мА-с.

Остальные устройства и технические параметры были такими же, как и используемые в группе 1.

Обследование после ЧБЛ

В конце процедуры игла удалялась, и делались КТ-снимки области проведения биопсии. Если отмечалось отсутствие пневмоторакса или минимальный пневмоторакс (ПН), и у пациентов не было клинических проявлений (т.е. одышки, болей, пониженного насыщения кислородом или подкожной эмфиземы), пациенту делали рентген грудной клетки в ортостатическом положении через 12-24 ч после ЧБЛ.

При любом значительном пневмотораксе (уменьшении объема легких более чем на 25%), воздух отсасывали с помощью иглы 21-G. Если аспирация не давала результатов, в легкие помещали дренажную трубку. Геморрагические осложнения (кровохарканье, легочные кровотечения и гемоторакс) также были проанализированы в обеих группах.

Сбор и анализ данных

В электронную базу данных интервенционный радиолог после выполнения ЧБЛ вносил следующие данные:

- демографические данные пациентов (пол и возраст);

- особенности очага повреждения (размер и расположение);

- связанные с процедурой переменные (технический успех, доза облучения грудной клетки пациента, длина пути иглы, количество перемещений иглы, длительность процедуры и осложнения);

- качество изображений КТ для группы 2 ЧБЛ, оцениваемое по пятибалльной шкале.

Размер очага повреждения оценивали исходя из его максимального диаметра, отображаемого на изображениях осевой томографии. Расположение очага повреждения оценивали относительно долей легкого и расстояния от плевральной поверхности. Техническим успехом считалось, если изображения КТ, полученные непосредственно перед взятием пробы ткани, показывали, что кончик иглы находится в пределах границ целевого очага повреждения. Доза облучения грудной клетки пациента оценивалась с помощью произведения дозы на длину (TDLP), а затем по следующей формуле вычислялась эффективная доза:

Эффективная доза облучения = *TDLP* x *k,*

где k - коэффициент (для грудной клетки: k = 0,0017 мЗв мГр $^{-1}$ см$^{-1}$) [9].

Длина пути иглы рассчитывалась как расстояние между областью целевого очага повреждения и местом ввода иглы на коже. Количество перемещений иглы определялось как количество раз, которое оперирующий хирург перемещал постоянную внешнюю иглу, используемую для приближения к целевому очагу повреждения перед взятием пробы. Длительность процедуры регистрировалась, начиная с предварительного снимка КТ, выполняемого с целью локализовать повреждение, и до момента вывода иглы. Что касается осложнений, то информация о них была собрана в обеих группах в соответствии со следующим распределением:

- общее количество инцидентов пневмоторакса;

- количество инцидентов пневмоторакса, требующих апсирации;

- количество инцидентов пневмоторакса, требующих помещения дренажной трубки;

- случаи кровохарканья;

- легочные кровотечения;

- гемоторакс.

Качество изображений КТ для группы 2 ЧБЛ оценивалось индивидуально врачом, выполнявшим процедуру, в частности, осуществлялась оценка качества визуализации повреждения, доступа иглы к нему и пути иглы по следующей пятибалльной шкале (ПШ):

1 = плохая визуализация;

2 = пограничная визуализация;

3 = достаточная визуализация;

4 = удовлетворительная визуализация;

5 = отличная визуализация.

Мы провели двухвыборочный t-тест для сравнения демографических данных пациентов (возраст), размеров очагов повреждения, доз облучения грудной клетки, длины пути иглы, количества перемещений иглы и длительности процедур в обеих группах; уровень $p < 0,05$ считали статистически значимым.

Для оценки технического успеха, места повреждения, диагностики, коэффициента возникновения осложнений и качества изображений в группе 2 ЧБЛ мы использовали описательную статистику. Кроме того, качество изображения было также проверено на вариабельность результатов у одного исследователя (Р.Л.К.) и вариабельность результатов у разных исследователей (Р.Л.К. и Дж.Л.) путем расчета коэффициента Коэна (К).

Статистический анализ мы проводили с использованием программы Matlab ®.

Результаты

Медианный возраст пациентов составил 66,2 ± 12,2 лет (диапазон 33-85 лет) в группе 1 и 69,8 ± 10,7 лет (диапазон 49-87 лет) в группе 2 ($p = 0,27$). Гендерное распределение было одинаковым в обеих группах.

Средний размер повреждения был 33,1 ± 20,1 мм (диапазон 11-80 мм) в группе 1 и 34,4 ± 20,1 мм (диапазон 9-110 мм) в группе 2 ($p = 0,89$). Результаты описательного статистического анализа представлены в таблице 1.

Во всех случаях оказалось возможным получить КТ-изображение кончика иглы в пределах области целевого очага повреждения, в результате чего технический успех составил 100% в обеих группах.

Доза облучения грудной клетки пациентов в группе 2 была значительно ниже, чем в группе 1, среднее произведение дозы на длину составило 206 ± 59 мГр - см, диапазон 55,9-288 мГр - см (~ 3,5 ± 1,0 мЗв), в группе 1 по сравнению со следующими результатами в группе 2: 54,2 ± 46,2 мГр - см, диапазон 9,4-161 мГр -см (~ 0,92 ± 0,78 мЗв), ($P < 0,0001$).

Длина траектории иглы была одинаковой в обеих группах (25,04 ± 19,30 мм, диапазон 2-63 мм, по сравнению со следующими результатами в группе 2: 25,96 ± 23,99 мм, диапазон 2-83 мм, $P = 0,87$), как и количество перемещений иглы (средний результат 1,92 , диапазон 1-4 в группе 1 по сравнению со следующими результатами в группе 2: 1,85, диапазон 1-4, $P = 0,74$), и длительность процедуры (20,3 ± 9,8 мин, диапазон 6-45 мин в группе 1 по сравнению со следующими результатами в группе 2: 24,5 ± 7,9 мин, диапазон 13-46 мин, $P = 0,098$).

Коэффициент возникновения осложнений был одинаковым в обеих группах ($P = 0,62$). Пневмоторакс наблюдался у трех пациентов (12%) из группы 1 и у трех пациентов (11,1%) из группы 2 . Один (4%) из трех пневмотораксов у пациента из группы 1 требовал проведения аспирации; ни один из пневмотораксов в группе 2 проведения аспирации не требовал. Ни в одной из групп не потребовалось устанавливать трубку в легкие для дренажа пневмоторакса.

Таблица 1 Описательный статистический анализ

	Группа 1	Группа 2
Пол		

Мужчины	15	16
Женщины	10	11
Возраст	66,2±12,2 лет	69,8 ± 10,7 лет
Размер повреждения [мм]	33,1±20,1	34,4±20,1
Распределение повреждений (доли легкого)		
ПНД	36,0 %	25,9 %
Язычок	0%	3,7 %
ЛНД	16,0%	14,8 %
СД	8,0 %	3,7 %
ПВД	32,0 %	40,8 %
ЛВД	8,0 %	11,1 %
Расстояние от плевральной поверхности		
На основании плевры (<0,1 см) n (%)	2 (8 %)	7 (25,9 %)
Субплевральное (0,1-2 см) n (%)	13 (52 %)	7 (25,9 %)
Глубокое (>2 cm) n (%)	10 (40 %)	13 (48,2 %)

ПНД - Правая нижняя доля, ЛНД - Левая нижняя доля, СД - Средняя доля, ПВД - Правая верхняя доля, ЛВД - Левая верхняя доля

В исследуемой группе было отмечено три случая кровохарканья, два (8,0%) в группе 1 и один (3,7%) в группе 2. Случаев гемоторакса или легочного кровотечения ни в одной из групп отмечено не было. Коэффициенты возникновения осложнений приведены в таблице 2.

Качество КТ-изображений, полученных в группе 2, всегда оценивалось как адекватное для получения достаточной визуализации повреждения (> 3 по пятибалльной шкале), доступа к игле и пути иглы. В частности, изображения КТ получили оценку 3 (достаточная визуализация) в 3 случаях (11,1%), 4 (удовлетворительная визуализация) в 9 случаях (33,3%) и 5 (отличная визуализация) в 15 случаях (56,0 %).

Коэффициент Коэна (К) для согласованности заключений различных исследователей составил 0,87 и 0,81 соответственно. Примеры изображений с оценками 5 и 3 (по пятибалльной шкале) приведены на рис. 1a, 1b и 1c соответственно.

Морфологические диагнозы в обеих группах были получены на основании взятых образцов, документированы и разделены на доброкачественные и злокачественные (первичные опухоли легких и метастатические опухоли легких); результаты гистопатологического исследования приведены в таблице 3.

Таблица 2. Коэффициент возникновения осложнений в исследуемых группах

	Группа 1	Группа 2
Пневмоторакс, n (%)	3 (12,0 %)	3 (11,1 %)
Пневмоторакс, требующий проведения аспирации, n (%)	1 (4 %)	0 (0 %)
Пневмоторакс, требующий проведения дренажа, n (%)	0 (0 %)	0 (0 %)

Кровохарканье, n (%)	2 (8,0 %)	1 (3,7 %)
Легочное кровотечение, n	0 (0 %)	0 (0 %)
Гемоторакс, n (%)	0 (0 %)	0 (0 %)

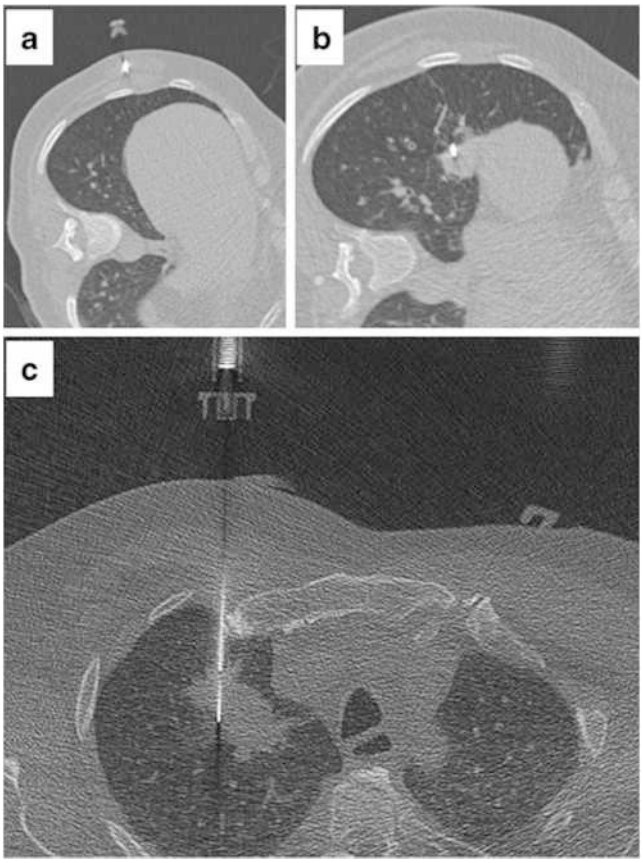

Рис. 1 Изображения КТ, полученные во время ЧБЛ. Изображения с оценкой 5 по пятибалльной шкале предоставили отличную визуализацию доступа к игле **(a)**, пути иглы и повреждения **(b)**. Изображения с оценкой 3 по пятибалльной шкале оказались шумными, даже при том, что визуализация пути иглы, доступа к игле и повреждения была достаточной для безопасного и успешного проведения процедуры.

Анализ результатов

КТ все чаще используется как для диагностики [10], так и в целях проведения хирургических вмешательств [11]. В то же время, учитывая риск возникновения радиационно-индуцированного рака в будущем, возникают опасения насчет воздействия радиационного облучения при КТ [10]. Согласно исследованиям, проведенным в 15 странах, радиационное облучение при диагностической визуализации может быть причиной 0,6-3,2 % злокачественных опухолей [12].

Существуют методы, подходящие для получения НД-протокола, включая снижение напряжения трубки и произведения текущего облучения на длительность облучения, увеличение шага и уменьшение длины изображения [13].

Таблица 3 Результаты гистопатологических исследований

	Группа 1	Группа 2
Доброкачественная опухоль, n (%)	6 (24 %)	8 (29,6 %)
Первичная злокачественная опухоль в легких, n (%)	17 (68 %)	15 (55,6 %)
Метастатическая опухоль в легких, n (%)	2 (8 %)	4 (14,8 %)

Наилучший способ оптимизации дозы облучения при КТ остается предметом дискуссий, а для плановых КТ грудной клетки, выполняемых с целью диагностики, было предложено несколько различных протоколов.

Наиболее задействованным параметром в нашем исследовании оказалось произведение текущего облучения на длительность излучения в трубке, которое был значительно ниже в группе 2 (35 мА-с), чем в группе 1 (100 мА-с).

Мы выбрали этот параметр, так как на основании предыдущих исследований стало известно, что именно его изменение приносит более предсказуемые результаты [13]. В настоящем исследования мы объединили НД-протокол КТ с ранее одобренной оптической системой навигации на основе КТ [8]. При этом произошло значительное снижение радиационного облучения в группе пациентов, перенесших ЧБЛ под контролем навигационной системы (6,1 ± 2,9 мЗв) по сравнению с группой пациентов, перенесших стандартные ЧБЛ с КТ-контролем (12,2 ± 5,4 мЗв).

Исследуемая нами группа пациентов была в произвольном порядке поделена на две группы, схожие по всем параметрам, кроме дозы облучения, которая была значительно ниже в группе 2 по сравнению с группой 1 (среднее произведения дозы на длину составило 206 ± 59 мГр - см, 3,5 ± 1,0 мЗв в группе 1 по сравнению с 54,2 ± 46.2 мГр - см, 0,92 ± 0,78 мЗв в группе 2). Несмотря на значительное снижение дозы облучения в группе 2, в ней не наблюдалось снижения технического успеха или повышения коэффициента возникновения осложнений после процедур. Кроме того, качество изображений КТ в группе 2, оцениваемое интервенционным радиологом, выполнявшим процедуру, было во всех случаях оценено как достаточное (> 3 по пятибалльной шкале), и как отличное - в большинстве случаев (56%). Эти результаты были также подтверждены отличной согласованностью заключений различных исследователей. Возможным объяснением такого хорошего качества изображений в группе 2 может служить оптимальная внутренняя контрастность легких даже при низких токах трубки [14].

Основываясь на предположении, что требующие дополнительных исследований

повреждения могут потребовать больше данных, полученных с помощью КТ, мы проверили, увеличивался ли уровень технической сложности в группе 2 в зависимости от расположения повреждения. Соответственно, в группе 2 мы сравнили количество снимков КТ, необходимых для исследования повреждений в верхних долях (в среднем 3,0) и снимков для исследования повреждений в нижних долях (в среднем 3,8), и не нашли каких-либо существенных различий (P = 0,43). Данные результаты позволяют нам подтвердить тот факт, что ЧБЛ можно легко выполнять при низких токах трубки. Что касается оптических и электромагнитных систем, то на данный момент нет единого мнения, которой из них стоит отдавать предпочтение. В электромагнитных системах навигации кончик иглы снабжен датчиком, что снижает количество ошибок, связанных с прогибом вала, хотя такие системы и обладают электромагнитной восприимчивостью к находящимся поблизости металлическим предметам [1]; а с другой стороны, для оптических систем необходимо «свободное поле зрения» [15] между светодиодами и пассивными отражающими маркерами.

До нас учеными проводились исследования навигационных систем в сочетании с КТ-флюороскопией [6, 7]. Хотя результаты этих исследований нельзя напрямую сопоставить с нашими результатами из-за различных методов визуального контроля, следует отметить, что КТ-флюороскопия является хорошо известным оперирующим хирургам источником излучения. В действительности, Лал и соавт. [16] установили, что средняя расчетная эффективная доза излучения для оперирующих хирургов находится в диапазоне от 0,025 мЗв до 0,054 мЗв при выполнении ЧБЛ под контролем КТ-флюороскопии. Одобренная нами навигационная система, напротив, работает по такой системе КТ, которая позволяет оперирующим хирургам избежать облучения.

Другие проверенные исследователями навигационные системы представляют из себя программное обеспечение для рентгеновского аппарата с рамой С-типа для конусно-лучевой КТ, а не электромагнитную или оптическую навигационную систему, работающую при выполнении КТ или КТ-флюороскопии. С этой точки зрения, Чу и соавт. [17] заявляют, что добились отличного технического успеха (100%) при выполнении ЧБЛ для очень небольших (< 1 см) очагов повреждений у широкого круга населения (105 произвольно отобранных пациентов). В группе 2 нам удалось найти только десять повреждений размером < 1 см, а средняя расчетная доза излучения, которую мы установили при выполнении ЧБЛ, составила 1,08 ± 0,79 мЗв, что примерно в пять раз ниже, чем гласят данные исследования Чу и соавт.

Другой подобный опыт был проведен Брааком и соавт. [18], которые выполнили 84 ЧБЛ для очагов повреждений, аналогичных по размеру тем, которые были найдены в нашей исследуемой группе. Длительность процедуры, установленная этими авторами, немного ниже по сравнению с нашими результатами (18 мин по сравнению с 20,3 мин в группе 1 и 24,5 мин в группе 2); в то же время, общий коэффициент возникновения осложнений в исследовании Браака и соавт. был выше, чем у нас (21,4% по сравнению с 16% в группе 1 и 14,8% в группе 2).

Основное ограничение нашего исследования связано с критериями, которые мы установили для того, чтобы уменьшить дозу облучения; на самом деле, снижение дозы в основном достигается за счет уменьшения произведения текущего облучения на длительность излучения трубки без попыток корректировки остальных параметров. Мы произвольно установили произведение текущего облучения на длительность излучения трубки на 35 мА-с, хотя предыдущие исследования по диагностической КТ грудной клетки установили, что порог < 30 мА-с наиболее эффективен для обнаружения легочных узелков [19, 20]. В то же время, другие исследования, оценивавшие качество изображений КТ грудной клетки с низкой

плотностью потока фотонов (< 25 мА-с) показали, что и такой порог будет все еще приемлем [21]. Другое ограничение нашего исследования связано с методом, который мы использовали для случайного распределения пациентов по группам. В действительности, существуют передовые технологии (например, генерируемое компьютером случайное распределение), которые позволяют избежать потенциального смещения выборки, возможного при генерации случайного распределения путем выбора хирургами запечатанных конвертов.

Таким образом, хотя наши результаты являются предварительными и получены в небольшой группе пациентов, они достаточны для того, чтобы продемонстрировать, что оптическая система навигации на основе КТ с низкодозовым протоколом пригодна для выполнения ЧБЛ и позволяет снизить радиационное облучение пациентов. Данный результат был достигнут без ущерба для качества изображений, технического успеха или общего коэффициента возникновения осложнений. Более того, проверенный нами метод имеет такое преимущество как отсутствие облучения оперирующих хирургов. Такие обнадеживающие результаты служат стимулом для дальнейших исследований, направленных на дополнительное снижение дозы облучения, например, было бы интересно оценить результаты биопсий под КТ-контролем, выполненных при изменении других параметров КТ (например, кВ, шага, мА-с).

ALLIANCE
HEALTH TECHNOLOGIES

СПб., пр. Обуховской обороны, д.76,
тел. +7(812) 677-02-50,+7 921 756-11-44
www. alliancehealth.ru, allianceht@mail.ru

Список литературы

1. Wood BJ, Zhang H, Durrani A et al (2005) Navigation with electromagnetic tracking for interventional radiology procedures: a feasibility study. J Vasc Interv Radiol 16:493-505
2. Meier-Meitinger M, Nagel M, Kalender W, Bautz WA, Baum U (2008) Computer-assisted navigation system for interventional CT- guided procedures: results of phantom and clinical studies. Rofo 180:310-317
3. Aghayev E, Ebert LC, Christe A et al (2008) CT data-based navigation for post-mortem biopsy-a feasibility study. J Forensic Leg Med 15:382-387
4. Khan MF, Dogan S (2006) Navigation-based needle puncture of a cadaver using a hybrid tracking navigational system. Invest Radiol 41:713-720
5. Wallace MJ, Gupta S, Hicks ME (2009) Out-of-plane computed tomography- guided biopsy using a magnetic-field-based navigation system. Cardiovasc Intervent Radiol 29:108-113
6. Santos RS, Gupta A, Ebright MI et al (2010) Electromagnetic navigation to aid radiofrequency ablation and biopsy of lung tumors. Ann Thorac Surg 89:265-268
7. Grand DJ, Atalay MA, Cronan JJ, Mayo-Smith WW, Dupuy DE (2011) CT-guided percutaneous lung biopsy: comparison of conventional CT fluoroscopy to CT fluoroscopy with electromagnetic navigation system in 60 consecutive patients. Eur J Radiol 79:e133- e136
8. Grasso RF, Faiella E, Luppi G et al (2013) Percutaneous lung biopsy: comparison between an augmented reality CT navigation system and standard CT-guided technique. Int J Comput Assist Radiol Surg. doi:10.1007/s11548-013-0816-8
9. Office for Official Publications of the European Communities (1999) European guidelines on quality criteria for computed tomography, Luxembourg
10. De Gonzalez AB, Mahesh M, Kim KP et al (2009) Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. Arch Intern Med 169:2071-2077
11. Sarti M, Brehmer WP, Gay SB (2012) Low-dose techniques in CT-guided interventions. Radiographics 32:1109-1119
12. De Gonzalez AB, Darby S (2004) Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. Lancet 363:345-351
13. Kubo T, Lin PJ, Stiller W et al (2008) Radiation dose reduction in chest CT: a review. Am J Roentgenol 190:335-343
14. Lucey BC, Varghese JC, Hochberg A, Blake AM, Soto JA (2007) CT-guided intervention with low radiation dose: feasibility and experience. Am J Roentgenol 188:1187-1194
15. Bruners P, Penzkofer T, Nagel M et al (2009) Electromagnetic tracking for CT-guided spine interventions: phantom, ex-vivo and in-vivo results. Eur Radiol 19:990-994
16. Lal H, Neyaz Z, Nath A, Borah S (2012) CT-guided percutaneous biopsy of intrathoracic lesions. Korean J Radiol 13:210-226
17. Choo JY, Park CM, Lee NK, Lee SM, Lee HJ, Goo GM (2013) Percutaneous transthoracic needle biopsy of small (<1 cm) lung nodules under C-arm cone-beam CT virtual navigation guidance. Eur Radiol 23:712-719
18. Braak SJ, Herder GJ, van Heesewijk JPM, van Strijen MJL (2012) Pulmonary masses: initial results of cone-beam CT guidance with needle planning software for percutaneous lung biopsy. Cardiovasc Intervent Radiol 35:1414-1421
19. Itoh S, Ikeda M, Arahata S et al (2000) Lung cancer screening: minimum tube current required for helical CT. Radiology 215:175183
20. Hetmaniak Y, Bard JJ, Albuisson E et al (2003) Pulmonary nodules: dosimetric and clinical studies at low dose multidetector CT. J Radiol 84:399-404
21. ZhuX, Yu J, Huang Z (2004) Low-dose chest CT: optimizing radiation protection for patients. AJR Am J Roentgenol 183:809-816