

УДК 616.24-002.2-036.12+616-073.756.8

## ВИРТУАЛЬНАЯ БРОНХОСКОПИЯ В ДИАГНОСТИКЕ РАКА ЛЕГКОГО

*П. М. Котляров*

ФГБУ «Российский научный центр рентгенодиагностики» Минздрава РФ, Москва, Россия

## VIRTUAL BRONCHOSCOPY IN THE DIAGNOSIS OF LUNG CANCER

*P. M. Kotlayrov*

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

© П. М. Котляров, 2015 г.

Проанализированы данные виртуальной бронхоскопии (ВБ) 46 больных раком легкого, у 29 (63%) которых была центральная, 12 (26%) периферическая и 5 (10,86%) периферическая с централизацией форма рака. В 68% случаев опухоль локализовалась в правом, 32% — в левом легком. Исследование проводилось на 320-декторном МСКТ Aquilion ONE фирмы Toshiba с использованием протокола сканирования легких с высоким разрешением, данные обрабатывались на рабочей станции с программой обработки Vitrea FX 2.0. Чувствительность и специфичность ВБ в определении опухолевой патологии трахеи, интрабронхиальных изменений составила соответственно 91,5 и 90%, аналогичные данные для нативной МСКТ составили 81 и 91%. При сочетанном анализе ВБ и данных МСКТ чувствительность и специфичность увеличивалась до 95,3 и 96,5%. Использование методик получения макроструктуры ТБД за счет постпроцессинговой обработки изображений и получения виртуальной бронхографии, изображений минимальной интенсивности, 3D-изображений в режиме оттененных и полупрозрачных поверхностей позволяет существенно расширить возможности МСКТ в диагностике злокачественности поражения, распространенности рака легкого на бронхи и трахею. Виртуальная бронхоскопия дает наглядное представление о характере распространения опухолевого процесса. Данные ВБ необходимо анализировать в сочетании с результатами МПР и аксиальных срезов МСКТ, что расширяет возможности МСКТ в визуальной оценке состояния трахеобронхиального дерева при опухолевых поражениях, повышает чувствительность и специфичность КТ данных.

**Ключевые слова:** мультиспиральная компьютерная томография, виртуальная бронхоскопия, рак легкого.

VB data analyzed 46 patients with lung cancer in 29 (63%) which was central, 12 (26%), peripheral and 5 (10.86%) peripheral with centralization. The study was conducted on 320-slice MDCT Toshiba's Aquilion ONE's with high resolution lung scan protocol and processed on a workstation with a program Vitrea FX 2.0. The sensitivity and specificity of the VB in determining tumor pathology of the trachea, intrabronchial changes were respectively 91,5 and 90%, similar to the data for the native MDCT were 81 and 91%. When combined analysis of VB data and MSCT sensitivity and specificity increased to 95,3 and 96,5%. Using the methods of obtaining the macrostructure tracheobronchial tree through image processing and receiving virtual bronchoscopy, the minimum intensity images, 3D images in a shaded and semi-permeable surfaces can significantly enhance the ability of MDCT in determining the diagnosis of malignant lesions, the prevalence of lung cancer in the bronchi and trachea. VB gives a clear idea of the nature of the spread of cancer. VB data to be analyzed in conjunction with the results of MPR and axial slices MDCT, which extends the capabilities of MDCT in the visual assessment of the tracheobronchial tree in cases of tumors, increases the sensitivity and specificity of CT data.

**Key words:** multi-slice spiral computer tomography, virtual bronchoscopy, lung cancer.

**Введение.** Рак легкого вышел на первое место среди онкологических заболеваний во всех высокоразвитых странах. Наиболее часто встречается центральный рак легкого (70%), реже — периферический (25%), в 5% случаев — далеко зашедший, массивный процесс. Успех хирургического лечения рака легкого зависит от точности дооперационной оценки распространенности опухолевого процесса. С применением МСКТ количество и качество получаемой диаг-

ностической информации значительно возросло за счет возможности одновременной оценки состояния легочной ткани, органов средостения и структур грудной стенки, выявления отдаленных метастазов. Виртуальная бронхоскопия (ВБ) является ретроспективным исследованием на основании данных компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки. Сущность ВБ заключается в создании компьютерной виртуальной трехмерной модели трахеобронхиального

дерева в результате сложной компьютерной обработки данных сканированной области из массива информации, полученной в результате МСКТ-исследования органов грудной клетки. ВБ дает возможность визуальной оценки проходимости трахеобронхиального дерева (виртуальная прямая визуализация), а не нескольких слоев в ортогональных проекциях как при обычной КТ. Возможности КТ в определении степени опухолевой инфильтрации ТБД ограничены и представляют определенные трудности. Другим вопросом, требующим уточнения, является выбор места трансbronхиальной пункции для забора морфологического материала при ФБС, который далеко не всегда возможно определить по данным нативного КТ исследования. Однако до настоящего времени значение ВБ в дополнении данных МСКТ является дискуссионным вопросом: от положительных до отрицательных отзывов, не определены показания к дополнению КТ методиками ВБ [1–16].

**Цель исследования.** Определение значения методики ВБ в дополнении нативных данных МСКТ при раке легкого, разработка семиотики поражения регионарной бронхиальной системы, главных бронхов, трахеи по данным ВБ.

**Материалы и методы исследования.** Проанализированы данные ВБ 46 больных раком легкого, у 29 (63%) из которых была центральная, у 12 (26%) — периферическая и у 5 (10,86%) — периферическая с централизацией форма рака. В 68% случаев опухоль локализовалась в правом, 32% — в левом легком. Опухолевые узлы варьировали от 3 до 7 см в диаметре, были представлены мягкотканым многоузловым образованием с бугристыми контурами, с хаотичным накоплением контрастного вещества при болюсном усилении.

Исследование проводилось на многосрезовом 320-декторном компьютерном томографе Aquilion ONE (МСКТ) фирмы Toshiba с использованием протокола сканирования легких с высоким разрешением и обрабатывалось на рабочей станции с программой обработки Vitrea FX 2.0.

Технические параметры сканирования: напряжение на трубке 120 кВ, сила тока, применяемая программой Sure Exposure 3D от 100 до 450 мА, коллимация 0,5×64, скорость вращения 0,5 с, питч 0,828, D-FOV Large. Лучевая нагрузка при выполнении данного исследования составляла в среднем около 5 мЗв. Параметры реконструкции: использовался «volume» с толщиной слоя 1 мм и интервалом срезов 0,8, с окном визуализации W/L 400/40 (средостение), ядро FC13, фильтр QDS+. Реконструкция и сканирование более толстыми срезами ведет к снижению детализации виртуальной бронхоскопии (ВБ). Полученные массивы данных отправляются на рабочую станцию Vitrea2 с последующей 3D-обработкой полученных данных для формирования трехмерной модели органов грудной клетки. Для реконструкции 3D-данных в изображении ВБ использовалась техни-

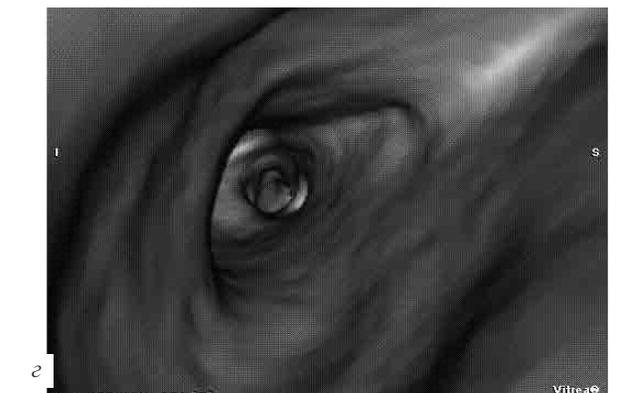
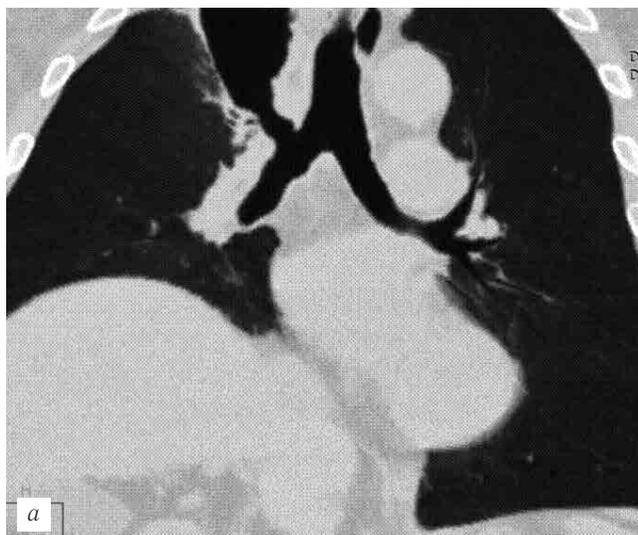
ка объемного моделирования, выдающая трехмерный массив с отображением внутренней так и наружной поверхности бронхов. На основании этих данных выполнялось виртуальное эндоскопическое обследование трахеобронхиального дерева. Прослеживался ход трахеобронхиального дерева от трахеи до субсегментарных бронхов с оценкой их проходимости. При этом области разветвления бронхов прослеживаются достаточно хорошо и оценка их макроструктуры аналогична таковой при бронхоскопии. Ориентация зоны интереса производится через аксиальные, фронтальные и сагиттальные срезы.

Показанием к дополнению данных МСКТ ВБ и другими постпроцессинговыми изображениями трахеобронхиального дерева (ТБД) было подозрение на инфильтрацию опухоли стенок главных, долевого, сегментарных бронхов, распространении на область карины.

**Результаты и их обсуждение.** Как показал анализ, у всех больных центральным и периферическим раком легкого с централизацией при ВБ определялась или полная обтурация сегментарного ( долевого) бронха опухолевыми массами, или перекрытие просвета более чем на три четверти с развитием гиповентиляции или ателектаза пораженного сегмента, доли. Ведущими методиками в уточнении нарушения проходимости ТБД был сочетанное изучение внутреннего просвета бронха (результаты ВБ) и изображений минимальной интенсивности (MinIP). 3D-реформации зоны интереса в режиме полупрозрачных или оттененных поверхностей носили вспомогательную роль, позволяя наглядно представить протяженность области поражения. Сравнение данных фибробронхоскопии (ФБС) и ВБ зоны интереса показал их совпадение в оценке макроструктуры просвета бронха и трахеи, наличия внутриbronхиальных опухолевых масс, их локализации. ВБ, представляя собой методику МСКТ, не может заменить ФБС, не является конкурирующим методом при раке легкого, однако позволяет провести планирование ФБС, особенно в плане места забора материала для морфологического исследования. Другая важная задача КТ при раке легкого — определение степени его распространенности по долевым, главным бронхам, поражение трахеи. Данные первичной МСКТ далеко не всегда позволяют полностью ответить на данные вопросы, имеющие существенное значение для радикального лечения и планирования объема операции. Это обусловлено тесной связью в области ворот легких бронхов, крупных артериальных и венозных сосудов, лимфатических узлов, фиброзных изменений как результат предшествующих воспалительных процессов, что делает затруднительным дифференциацию опухолевой инфильтрации ТБД [13], главных правого (ПГБ) и левого (ЛГБ), долевого (ДБ) бронхов.

В результате проведенного исследования по данным ВБ нами выделено три варианта опухолевого

поражения бронхов и трахеи при раке легкого — преимущественно перибронхиальное, преимущественно внутрибронхиальная и смешанная форма раковой инфильтрации. Сравнительный анализ ценности различных методик ВБ в определении поражения ТБД показал необходимость использования их в комплексе для полноценной характеристики, как внутрипросветной части бронха, мест их разветвлений, так и наружной стенки на изображениях минимальной интенсивности. 3D-реконструкции дополняли данные обеих методик как по наличию изменений, так и в отношении границ инфильтративных изменений (рис. 1, а-д).



**Рис 1.** Рак верхней доли правого легкого, МСКТ: а — рак верхней доли правого легкого с распадом, ателектаз ВДЛ, высокая вероятность инфильтрации ВД,ПГ бронхов, трахеи; б — 3D реконструкция — стенка ВД бронха утолщена; в — ВБ, область карины трахеи без признаков инфильтрации; з — ПГБ — внутренняя поверхность сглажена, хрящевые кольца отсутствуют — признак инфильтрации опухолью; д — ФБС — опухолевая инфильтрация.

При первом варианте — перибронхиальной инфильтрации — ведущей методикой являлся анализ изображений минимальной интенсивности, позволивший уточнить данные первичной МСКТ.

но наряду с утолщением стенки бронха, сужение его просвета по протяженности зоны инфильтрации

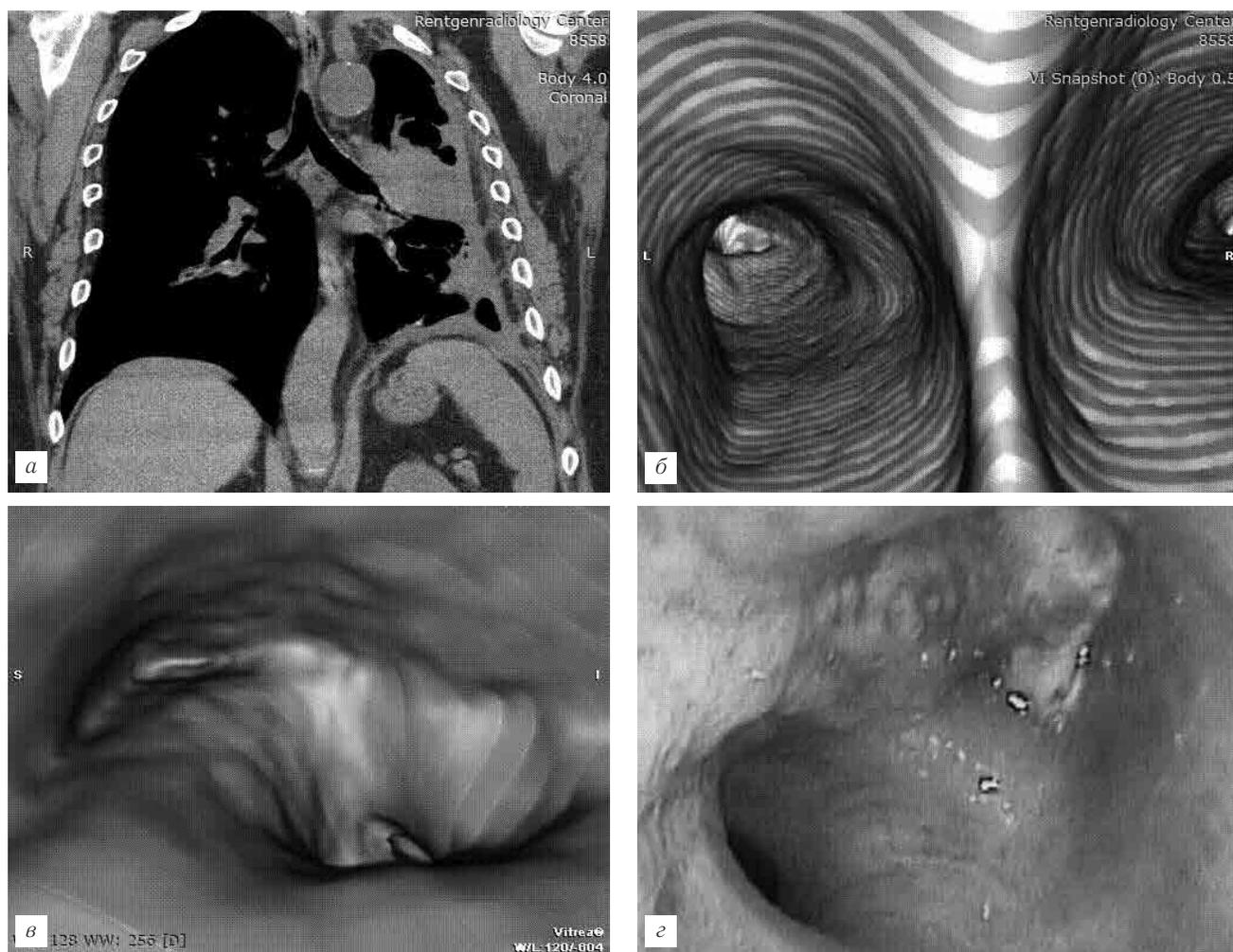
Методика ВБ, как правило, не выявляла у данной группы пациентов изменения макроструктуры внут-

ренней поверхности бронха, однако у 5 больных имело место сглаживание или исчезновение визуализации хрящей — поверхность сегментарного долевого, главного бронха принимал вид гладкой трубчатой структуры. Данный симптом наблюдался нами впервые и дополнял результаты MinIP анализа опухолевого поражения бронха.

При преимущественно внутрибронхиальном росте опухоли ведущей методикой определения макроструктуры и границы поражения была ВБ. У 34 (74%) больных, в основном при центральном раке и периферическом с централизацией, определялись бугристые, полипообразные массы, выступавшие в просвет бронха, который суживали вплоть до полной обструкции. Хрящевые структуры зоны поражения не визуализировались. При распространении

Для смешанного варианта инфильтрации ТБД было характерно сочетание симптомов 1 и 2 вариантов ВБ.

3D-реконструкции в режиме полупрозрачных или оттененных поверхностей носили вспомогательный характер, давая объемное представление о протяженности изменений, дополняли данные обеих методик как по наличию изменений, так и в отношении границ инфильтративных изменений. Построение 3D-реконструкций позволяло получить объемное изображение зоны патологии и окружающих тканей, в том числе сосудов, сопоставив их с массивом опухоли, что позволяет осуществить виртуальную реконструкцию зоны оперативного вмешательства для оптимального выбора хирургической тактики (рис. 2, а-г).



**Рис. 2.** Рак верхней доли левого легкого, МСКТ: а — ателектаз ВДПЛ, обструкция опухолью ВДБ, подозрение на инфильтрацию НД бронха; б — ВБ — карина трахеи не поражена; в — ВБ — верхнедолевой бронх — обструкция опухолевыми массами, промежуточный бронх инфильтрирован; г — ФБС — опухолевый стеноз ВД бронха, инфильтрация НДБ.

поражения на область разветвления бронхов последняя теряла свой «заостренный» вид, увеличивалась, деформировалась, вплоть до сужения просветов соседних бронхов. Аналогично вела себя карина трахеи при распространении опухоли на ее область — из гладкой и пикообразной она превращалась в покрытую опухолевыми разрастаниями структуру.

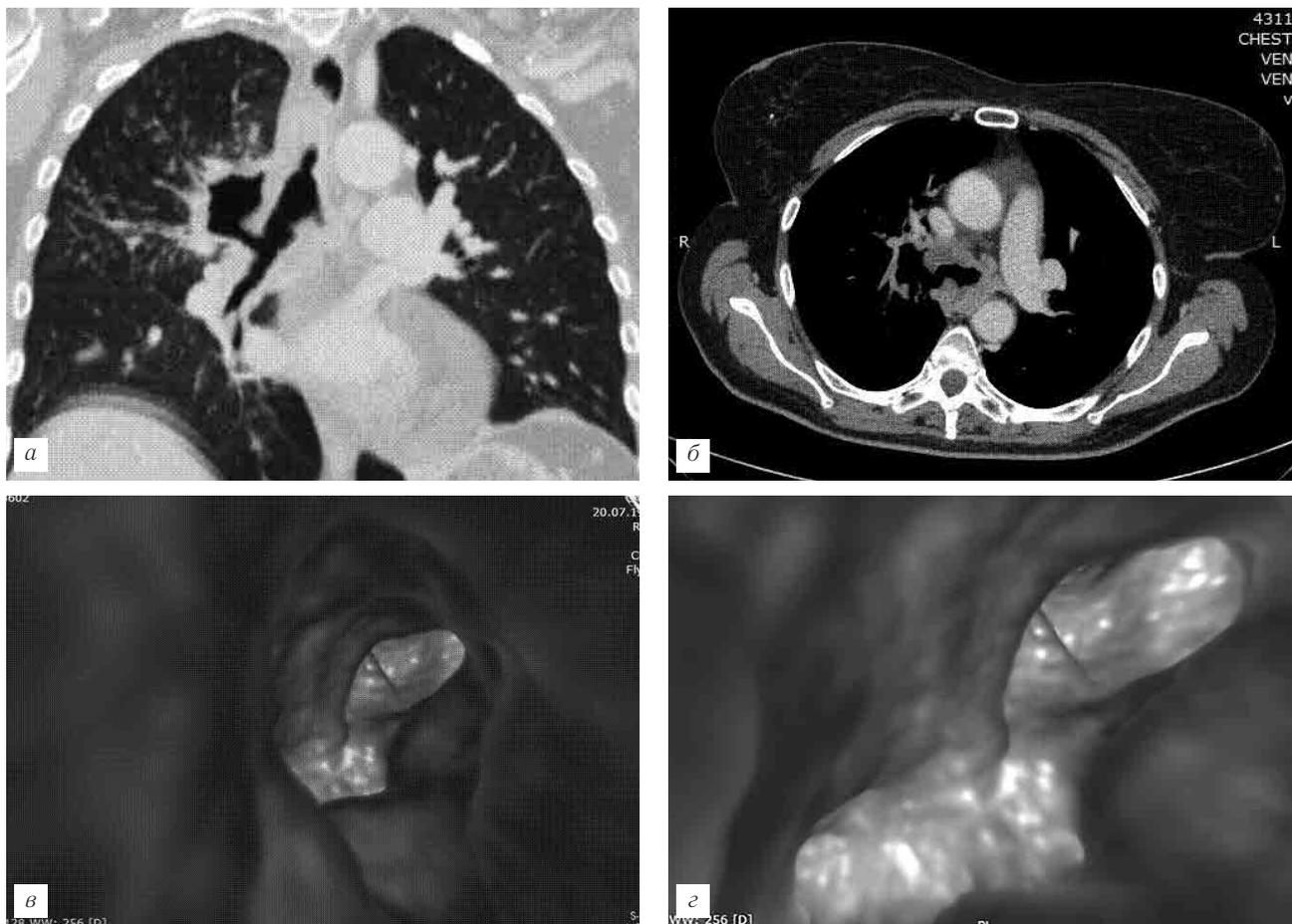
У 4 пациентов центральным раком легкого МСКТ выявляла сужение, неровность контура одного из крупных бронхов с признаками утолщения его стенок. Данных о нарушении вентиляции легкого, доли или сегмента не получено. Постпроцессинговая обработка с помощью методик ВБ отчетливо визуализировала суженный сегмент бронха с перибронхи-

альным компонентом. Как показал анализ макро-структуры внутреннего просвета пораженного сегмента бронха, во всех случаях определялось различной степени локальное его сужение, вплоть до щелевидного. Обращали на себя внимание исчезновение изображений хрящей бронха, превращение его просвета в гладкую трубчатую структуру или инфильтрация опухолевыми массами в виде образований бугристой формы бронхов, карины трахеи (рис. 3, *a-v*).

Фибробронхоскопия с забором материала для морфологического исследования у всех пациентов выявила рак легкого с перибронхиальной формой его роста.

бронхов и оценки их соотношения с узловыми образованиями. Обструкция бронха, его сужение выявлялись в 68% случаев при просмотре в MinIP режиме. Возможность визуализации вовлечения просвета бронха при наличии периферического образования позволяет дифференцировать в большинстве случаев доброкачественный или злокачественный характер образования.

При использовании MinIP режима в зависимости от размера узлового образования просвет бронха визуализировался в 100% узлов размерами более 3 см, в узлах размерами 2–3 см — в 87%, при раз-



**Рис. 3.** Рак верхней доли правого легкого, МСКТ; *a* — рак с распадом, полость сообщается с ВДБ; *b* — то же в мягкотканном режиме; *v* — ВБ — вид из трахеи — опухоль инфильтрирует область карины и ВДБ; *z* — ВБ — инфильтрация опухолью карины и ВДБ (крупный план).

Следует полагать, что наличие утолщения стенки бронха на ограниченном участке, сужение просвета с исчезновением изображений хрящей, вероятно, является симптомокомплексом, указывающим на злокачественное поражение (симптом «трубы»).

Диагностика периферического рака легкого обычно базируется на визуальной оценке макро-структуры узлового образования, характере накопления контрастного вещества при болюсном усилении и крайне редко на симптоме обструкции субсегментарных бронхов. С внедрением в клиническую практику МСКТ с возможностью постпроцессинговой обработки изображений в режимах ВБ появилась возможность визуализации субсегментарных

мере узла меньше 2 см — в 37% наблюдений. Следует отметить, что стандартное исследование определяет бронх в узлах размерами более 3 см в 94% случаев, в узлах размерами 2–3 см — в 82%, при размере узла менее 2 см — в 25% наблюдений.

В половине наблюдений периферического рака чаще всего определяется обрыв бронха на фоне опухоли, что являлось признаком злокачественности образования. Практически одинаково часто в нашем исследовании определялась краевая и циркулярная деформация просветов бронхов, что, в свою очередь, ориентировало на злокачественный характер изменений. В одном наблюдении периферическое узлообразование не захватывало бронх, имел место

малый периферический рак, размерами 6 мм, расположенный в субплевральных кортикальных отделах легкого, менее 2 см от костальной плевры, где визуализация просветов бронхов затруднена из-за их малого калибра.

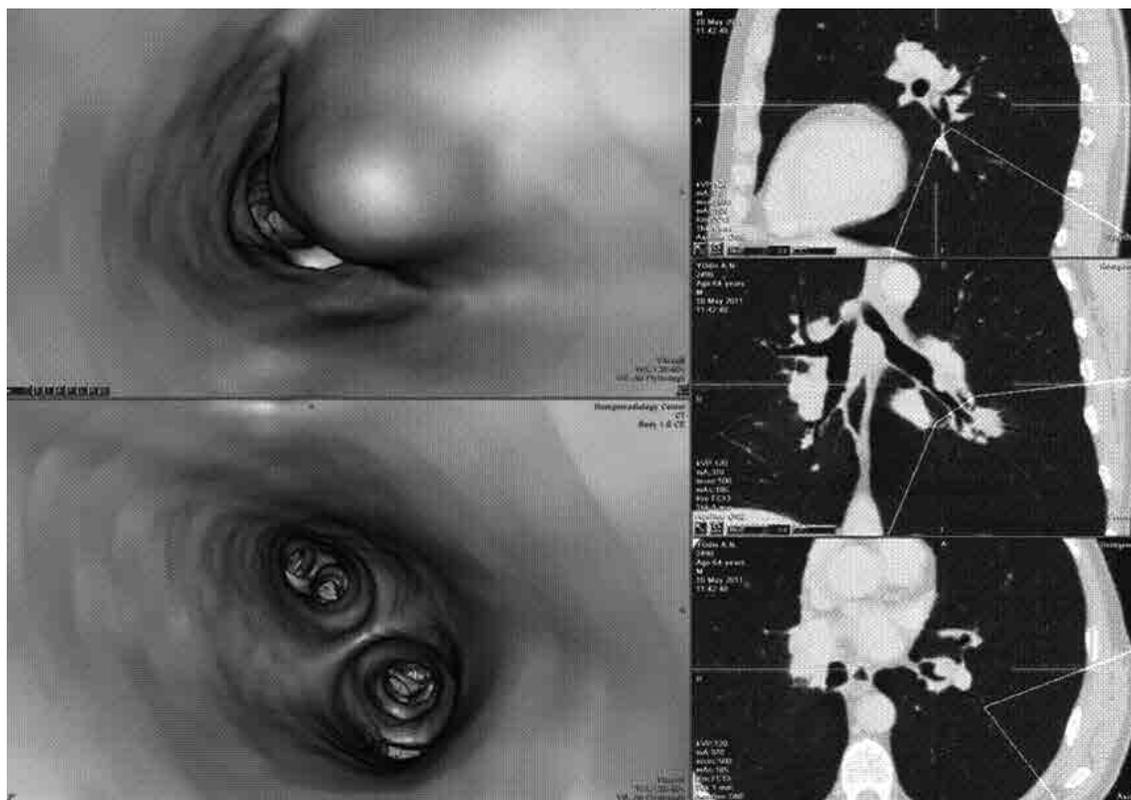
При оценке распространенности процесса в режиме MinIP у 6 из 12 пациентов с периферическим раком отмечалось помимо обструкции бронха в узле, инфильтрация субсегментарного бронха, подходящего к периферической опухоли.

При периферическом раке легкого нативные данные МСКТ крайне редко дают возможность визуализировать субсегментарный бронх зоны опухолевого поражения — в наших наблюдениях у 3 из 12 (25%) случаев. В то же время анализ изображения в режиме минимальной интенсивности позволил выявить подходящий к опухоли и обтурированный опухолевыми массами сегментарный бронх у 9 из 12 (75%) пациентов.

Таким образом, проведенное исследование показало, что ВБ существенно повышает предсказатель-

Проанализированы данные МСКТ и методик ВБ 36 из 46 больных раком легкого в сроки от 6 мес до 3 лет после операции. При контрольной КТ у 7 (19,4%) из них определялось появление в оставшейся доле или контралатеральном легком по ходу сегментарного, долевого бронха мягкотканых образований размером 15–25 мм. При исследовании с контрастным усилением отмечалось повышение плотности на 10–24 HU относительно нативных данных, что заставляло предполагать появление метастаза основной опухоли, метастатического лимфатического узла или нового очага опухолевого роста. При постпроцессинговой обработке зоны интереса определялись связь очагового изменения со стенкой бронха, деформация его внутреннего просвета в области прилегания к стенке, без деструкции хрящей бронха (рис. 4).

Таким образом, комплексный анализ данных МСКТ и ВБ позволял определить, что деформация, сужение просвета бронха связана с наличием внешнего давления или предположить возможность



**Рис. 4.** Состояние после верхней лобэктомии по поводу рака левого легкого, контрольная МСКТ через 7 мес. — в дистальном отделе нижнедолевого бронха определяется прилежащая к верхней части стенки мягкотканная структура, деформирующая просвет бронха без деструкции его хрящей. При заборе исследовании морфологического материала при ФБС — метастатический лимфоузел.

ную ценность данных нативной КТ в диагностике рака легкого, особенно периферической формы. Методика ВБ существенно дополнила данные нативной МСКТ как об опухолевом характере поражения, так и о степени распространения опухоли по бронхам и на трахею, позволила получить достоверные признаки распространения рака легкого по бронхам, определить их границы.

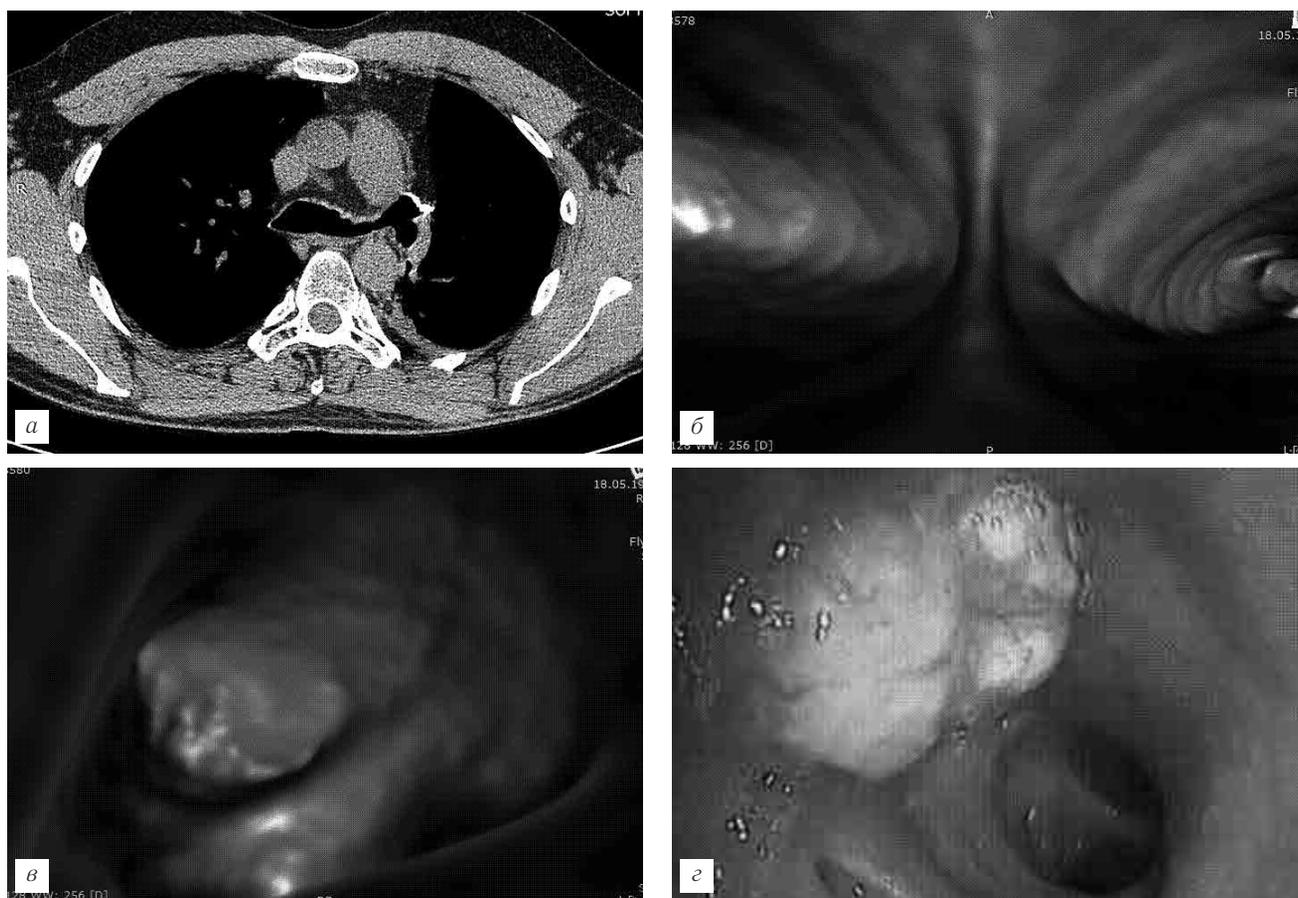
нового очага роста с перибронхиальным компонентом. Наличие визуальной информации давало возможность разработать «дорожную карту» в процессе выполнения ФБС с целью: 1) определить оптимальное место забора материала для цитологического исследования; 2) рассчитать глубину пункции стенки пораженной части бронха. Как показал анализ, из 3 больных морфологическое исследование

выявило наличие метастатического лимфатического узла, у одного — воспалительные изменения в узле, вероятно обусловленных перенесенной операцией.

У 4 из 26 больных центральным раком легкого, перенесших оперативное вмешательство по поводу рака легкого, при контрольной МСКТ возникло

вторичный характер — обуславливались давлением лимфатического узла на стенку бронха. Данные ВБ и фибробронхоскопии совпали с результатами МСКТ и ВБ о характере изменений в культе бронха.

Значение методик ВБ у 31 прооперированного больного центральным и периферическим с центра-



**Рис. 5.** Состояние после левосторонней лобэктомии по поводу рака легкого: *a* — МСКТ через 13 мес после операции — культа верхнедолевого бронха; *б* — ВБ — неизменная карина трахеи; *в* — ВБ — бугристые разрастания в культе левого верхнедолевого бронха; *г* — ФБС — рецидив опухоли в культе.

Т а б л и ц а

**Возможности виртуальной бронхоскопии в оценке распространенности рака легкого по трахеобронхиальному дереву**

Признак	Нативные данные	MinIP, ВБ, VTR	Макропрепарат
	абс. число (%)		%
Обтурация бронха	21 (70%)	29 (96,66%)	30
Распространение на долевого бронх	13 (54,16%)	22 (91,66%)	24
Перибронхиальный рост	8 (72,72%)	12 (1 ЛП)	11
Внутрибронхиальный рост	21 (77,77%)	26 (96,29%)	27
Смешанный вариант роста	18 (78,26%)	24 (1 ЛП)	23
Распространение на карину, трахею	5 (71,42%)	7 (100%)	7
Распространение на главный бронх	11 (68,75%)	15 (93,75%)	16
Обтурация субсегментарного бронха при периферическом раке	—	6 (75%)	8

подозрение на рецидив опухоли в культе бронха. ВБ уточнила данные исследования — подтвердила наличие внутри просвета бронха опухолевую ткань у 2 пациентов (рис. 5, *a-в*), у одного больного изменения просвета были характерны для фиброзной деформации, у одного пациента изменения носили

лизацией раком легкого в повышении предсказательной точности МСКТ в распространенности рака легкого по ТБС представлено в таблице.

Как видно из таблицы, данные ВБ, других методик оценки макроструктуры ТБД при раке легкого увеличивали возможности нативной МСКТ в определе-

нии распространенности опухоли на долевыми, главные бронхи, трахею, что позволяло планировать радикальное хирургическое лечение заболевания. Чувствительность и специфичность ВБ в определении опухолевой патологии трахеи, внутрибронхиальных изменений составили соответственно 91,5 и 90%, аналогичные данные для нативной МСКТ составили 81 и 91%. При сочетанном анализе ВБ и данных МСКТ чувствительность и специфичность увеличивалась до 95,3% и 96,5%.

**Выводы.** Таким образом, проведенное исследование показало, что использование методик получения макроструктуры ТБД за счет постпроцессинговой обработки изображений и получения виртуальной бронхографии, изображений минимальной интенсивности, 3D-изображений в режиме оттененных и полупрозрачных поверхностей позволяют существенно расширить возможности МСКТ в определении в диагностике злокачественности поражения, распространенности рака легкого на долевыми, глав-

ный бронх, трахею. Виртуальная бронхоскопия дает наглядное представление о характере распространения опухолевого процесса по бронху, его вариантов, позволяет получить информацию о наличии опухолевых масс в культе бронха при рецидиве, продолженном росте после оперативного удаления легкого, его доли. Данные ВБ о внутрибронхиальном компоненте опухолевого процесса полностью совпали с результатами ФБС, анализ данных ВБ специалистами давал возможность выбрать оптимальное место для забора морфологического материала в процессе ФБС, особенно при преимущественно перибронхиальном варианте распространения рака легкого.

Данные ВБ необходимо анализировать в сочетании с результатами МПР и аксиальных срезов МСКТ, что расширяет возможности МСКТ в визуальной оценке состояния трахеобронхиального дерева при опухолевых поражениях, повышает чувствительность и специфичность данных КТ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Котляров П. М. Мультипланарные реконструкции и виртуальная бронхоскопия в оценке состояния трахеобронхиальной системы по данным мультисрезовой компьютерной томографии / П. М. Котляров, З. С. Темирханов, Е. В. Щербихина // Лучевая диагностика и терапия. — 2011. — № 2. (2). — С. 50–55
2. Котляров П. М. Многосрезовая компьютерная томография легких — новый этап развития лучевой диагностики заболеваний легких / П. М. Котляров // Медицинская визуализация. — 2011. — № 4. — С. 14–20.
3. Юдин А. Л. Опыт применения компьютерной томографии высокого разрешения легких в диагностике и оценке результатов лечения внебольничной пневмонии / А. Л. Юдин, А. В. Струтынский, Д. В. Семенов и др. // Пульмонология. — 2011. — № 4. — С. 68–70.
4. Adali F. Virtual and fiber optic bronchoscopy in patients with indication for tracheobronchial evaluation / F. Adali, A. Uysal, S. Bayramoglu et al. // Ann. Thorac. Med. — 2010. — Vol. 5 (2). — P. 104–109.
5. Asano F. Virtual bronchoscopic navigation / F. Asano // Clin. Chest Med. — 2010. — Vol. 31 (1). — P. 75–85.
6. Asano F. Virtual bronchoscopy / F. Asano // Kyobu Geka. — 2007. — Vol. 60 (8 Suppl). — P. 739–44.
7. Bakir B. The diagnostic efficiency of multislice CT virtual bronchoscopy in detecting endobronchial tumors / B. Bakir, U. Tüzün, E. Terzibaşoğlu et al. // Tuberk Toraks. — 2008. — Vol. 56 (1). — P. 43–49.
8. Bauer T. L. Virtual bronchoscopy: clinical applications and limitations / T. L. Bauer, K. V. Steiner // Surg Oncol Clin N Am. — 2007. — Vol. 16 (2). — P. 323–328.
9. Cardinale L. 64 slice multidetector CT of tracheobronchopatia osteochondroplastica with virtual bronchoscopy view / L. Cardinale, M. Busso, A. Cataldi et al. // JBR BTR. — 2010. — Vol. 93 (1). — P. 31.
10. Edell E. Navigational bronchoscopy: overview of technology and practical considerations new Current Procedural Terminology codes effective 2010 / E. Edell, D. Krier Morrow // Chest. — 2010. — Vol. 137 (2). — P. 450–454.
11. Grenier P. A. Nonneoplastic tracheal and bronchial stenoses / P. A. Grenier, C. Beigelman Aubry, P. Y. Brillet et al. // Thorac. Surg. Clin. — 2010. — Vol. 20 (1). — P. 47–64.
12. Iwano S. Virtual bronchoscopy guided transbronchial biopsy for aiding the diagnosis of peripheral lung cancer / S. Iwano, K. Imaizumi, T. Okada et al. // Eur. J. Radiol. — 2011. — Vol. 79 (1). — P. 155–159.
13. Horton K. M. Advanced visualization of airways with 64 MDCT: 3D mapping and virtual bronchoscopy / K. M. Horton, M. R. Horton, E. K. Fishman et al. // Am. J. Roentgenol. — 2007. — Vol. 189 (6). — P. 1387–1396.
14. Okimasa S. Virtual bronchoscopy aids management of lung cancer / S. Okimasa, S. Shibata, Y. Awaya et al. // Respirology. — 2007. — Vol. 12 (4). — P. 607–609.
15. Sodhi K. S. Utility of multidetector CT and virtual bronchoscopy in tracheobronchial obstruction in children / K. S. Sodhi, S. K. Aiyappan, A. K. Saxena et al. // Acta Paediatr. — 2010. — Vol. 99 (7). — P. 1011–1015.
16. Yu K. C. Image based reporting for bronchoscopy / K. C. Yu, J. D. Gibbs, M. W. Graham et al. // J. Digit Imaging. — 2010. — Vol. 23 (1). — P. 39–50.

Поступила в редакцию: 20.08.2013 г.

Контакт: Котляров Пётр Михайлович, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 86, ФГБУ РНЦПР МЗ РФ, отдел рентгеновской и ультразвуковой диагностики