

СОГЛОСОВАННО

Ученым Советом

ФГБУ «РНЦРР» Минздрава России

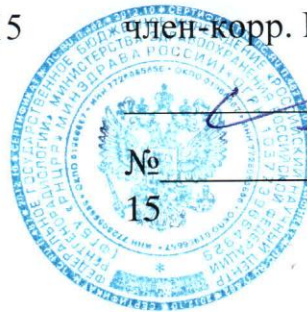
Протокол № 5 от 30.07.2015

УТВЕРЖДЕНО

Приказом директора

ФГБУ «РНЦРР» Минздрава России

член-корр. РАН, профессор



В.А. Солодкий

от _____ 20

Методическая рекомендация.

Методика виртуальной бронхоскопии многосрезовой компьютерной томографии.

Москва 2015

СОКРАЩЕНИЯ В ТЕКСТЕ

ПГБ – правый главный бронх

ПВДБ – правый верхнедолевой бронх

ВДЛ - верхняя доля легкого

ВДБ - верхнедолевой бронх

АННОТАЦИЯ Виртуальная бронхоскопия (ВБ) является ретроспективным исследованием на основании данных мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) 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. При нативной КТ оценка трахеобронхиальной системы (ТБС) возможна по отдельным сканам в различных проекциях, что не дает целостного восприятия системы. ВБ дает возможность визуальной оценки внутренней макроструктуры всех отделов ТБС, ее проходимости вплоть до субсегментарных бронхов (виртуальная прямая визуализация). В доступной литературе имеется небольшое количество работ с описанием отдельных клинических случаев, где ВБ анализируется в отрыве методик постпроцессингового анализа, данных нативной МСКТ. Представлены методические рекомендации по обследованию трахеобронхиального дерева с помощью мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и последующей ретроспективной компьютерной обработкой полученных данных.

Сущность предлагаемой методики заключается в создании компьютерной виртуальной трехмерной модели трахеобронхиального дерева в постпроцессинговой обработке данных сканированной области из массива информации, полученной в результате МСКТ- исследования органов грудной клетки. Данные позволяют получить объемное представление о макроструктуре трахеобронхиального дерева, его внутренней и наружной стенок вплоть до бронхов диаметром 2мм.

Технология предназначена для врачей - рентгенологов работающих на многосрезовых КТ.

Технология может быть использована в больницах, диспансерах, амбулаторно-поликлинических учреждениях, где присутствуют МСКТ и рабочая станция 3D обработки изображения.

Авторы:

Котляров Петр Михайлович – д.м.н., профессор, заведующий научно – исследовательским отделом новых технологий и семиотики лучевой диагностики заболеваний органов и систем ФГБУ «Российский научный центр Рентгенорадиологии» МЗ РФ

Егорова Екатерина Владимировна - канд. мед. наук, ст. научн. сотр. научно – исследовательского отдела новых технологий и семиотики лучевой диагностики заболеваний органов и систем ФГБУ «Российский научный центр Рентгенорадиологии» МЗ РФ

Черниченко Наталья Васильевна - докт.мед.наук, вед.научн. сотр. научно – исследовательского отдела хирургии и хирургических технологий ФГБУ «Российский научный центр Рентгенорадиологии» МЗ РФ

Сергеев Николай Иванович – канд. мед. наук, вед научн. сотр. научно – исследовательского отдела новых технологий и семиотики лучевой диагностики заболеваний органов и систем ФГБУ «Российский научный центр Рентгенорадиологии» МЗ РФ

Татарникова Ольга Валерьевна - мл. научн. сотр. научно – исследовательского отдела новых технологий и семиотики лучевой диагностики заболеваний органов и систем ФГБУ «Российский научный центр Рентгенорадиологии» МЗ РФ

Ребрикова Вера Александровна - мл. научн. сотр. научно – исследовательским отделом новых технологий и семиотики лучевой диагностики заболеваний органов и систем ФГБУ «Российский научный центр Рентгенорадиологии» МЗ РФ

Нуднов Николай Васильевич - д.м.н., профессор, заместитель директора по науке ФГБУ «Российский научный центр Рентгенорадиологии» МЗ РФ

Солодкий Владимир Алексеевич - член-корреспондент РАН, профессор, директор ФГБУ «Российский научный центр Рентгенорадиологии» МЗ РФ
Учреждение разработчик: ФГБУ «Российский научный центр Рентгенорадиологии» МЗ РФ

Введение

Появление МСКТ, с возможностью на одной задержке дыхания просканировать тонкими резами (1-2мм) грудную клетку, позволило проводить с помощью рабочей станции высококачественную объемную реконструкцию трахеи и бронхов. Это в свою очередь позволяет последовательно исследовать внутренней поверхности трахеобронхиального дерева (ТБД), карины, мест деления бронхов. Наружная стенка ТБД исследуется, как по данным МСКТ, так и объемными построениями по специальной программе. Таким образом, МСКТ значительно расширило возможности КТ в изучении структур ТБД.

Данная усовершенствованная медицинская технология отличается от уже существующих в оценке трахеобронхиального дерева получением дополнительных клинически значимых данных.

Описание методики виртуальной бронхоскопии

1. Показания и противопоказания.

Показания определяются анализом нативных данных МСКТ и при необходимости уточнить причину:

- сужения и (или) деформации ТБД в любом отделе вплоть до субсегментарных бронхов;
- оценка состояния ТБД за область стеноза;
- невозможность проведения фибробронхоскопии(ФБС) по состоянию пациента;
- затруднения в оценке трахеобронхиального дерева с помощью нативной КТ;

- определение распространенности опухоли по протяженности ТБД;
- причина внешнего сдавления ТБД;
- выбор места пункции БД при ФБС;
- связь полостных образований легких с бронхами.

Противопоказания у данного метода отсутствуют.

2. Материально-техническое обеспечение

Нами был использован компьютерный томограф с возможностью постпроцессинговой обработки полученных данных с экстраполяцией их в ВБ:

Мультиспиральный компьютерный томограф не менее 16 срезов и рабочая станция с программой обработки нативных данных для получения изображения полых органов, постпроцессинговой обработки данных МСКТ легких

3. Описание метода

МСКТ проводилась на компьютерных томографах Toshiba Aquilion 16 (16-срезовый) и Aquilion ONE (320-срезовый). Технические параметры: 120 кВ и 135 мАс; коллимация - 16*0,5мм, 64*0,5мм, 320*0,5мм; время оборота трубки 0,35с и 0,5с. Данные МСКТ обрабатывались на рабочей станции Vitrea 2, с использованием программного обеспечения для виртуальной бронхоскопии с одновременным использованием постпроцессинговой обработкой нативных изображений в режимах минимальной (MinIP), максимальной (MIP) интенсивности изображений, 3D реконструкций. При этом из тонких нативных срезов (1-2мм) строится «слэб» толщиной до 10-15мм, позволяя получить высококачественное отображение либо воздуходержащих структур (MinIP), либо сосудисто- мелкоочаговых (MIP) или объема. Для оценки центрального бронхиального дерева использовалось пороговое значение -400 и -600 HU, для дистальных отделов бронхиального дерева -750 HU (единиц Хаунсфилда).

ВБ есть производная МСКТ грудной клетки высокого разрешения. Исследование проводилось на 320-декторном МСКТ Aquilion ONE (320-срезовой) фирмы Toshiba с использованием протокола сканирования легких с высоким разрешением, без внутривенного контрастирования.

Подготовка к исследованию не требуется. Положение пациента на спине с поднятыми руками. Сканирование производится на фазе окончательного вдоха. Диапазон сканирования с полным захватом легких от верхней апертуры до задних реберно-диафрагмальных синусов.

Технические параметры сканирования: напряжение на трубке 120кV, сила тока ирменяемая программой Sure Exposure 3D от 100 до 450mA, коллимация 0,5x64, скорость вращения 0,5сек., питч 0,828, D-FOV Large. Лучевая нагрузка при выполнении данного исследования составляла в среднем около 5мЗв.

Параметры реконструкции: использовался «volume» с толщиной слоя 1мм и интервалом срезов 0,8, с окном визуализации W/L 400/40(средостение), кернел FC13, фильтр QDS+. Реконструкция и сканирование более толстыми срезами ведет к искажению изображения и снижению детализации.

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 изображения виртуальной бронхоскопии использовалась техника объемного моделирования (ТОМ), 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. Методика предоставляет информацию о внутренней структуре трахеобронхиальной стенки и её сужении, позволяет увидеть поперечное сечение трахеи и бронхов диаметром до 2 мм. Такой вариант предоставления информации моделирует взгляд эндоскописта на внутреннюю поверхность дыхательных путей. В этом режиме интересующие полости отображаются с помощью объемного представления в перспективе, что дает ощущение «полета» через отображаемую область. ВБ применяется в диагностике стенозов трахеи и бронхов вплоть до субсегментарных, а также в постановке стентов и оценки результатов пластических операций.

Несмотря на ряд преимуществ, ВБ очень чувствительна к частичному объемному эффекту и артефактам, связанными с движением, также эндоскопические изображения непригодны для измерений вследствие искажений, связанных с их перспективой. Кроме того, она не способна выявить причины обструкции бронха, умеренный стеноз, подслизистую инфильтрацию и поверхностно распространяющуюся опухоль, поэтому ВБ дополнялась данными постпроцессинговой обработки изображения в MinIP, реже MIP режимах, объемной реконструкцией легкого и его структур с целью получения наружной поверхности легкого (изображение оттененных поверхностей - SSD) или полупрозрачного, где на фоне наружных контуров возможно многопроекционное изучение трахеобронхиального дерева (техника объемного преобразования -VTR).

Как показал анализ данных, собственно метод ВБ позволял исследовать внутреннюю поверхность трахеи, карины, главных, сегментарных и субсегментарных (минимально диаметром 1-2см) бронхов в кранио–каудальном направлении и обратно. При бронхоэктазах определялась деформация просвета БС – сужения, расширения. При этом возможно определить вариант дилатации - линейная, мешотчатая, овальная; оценить состояние шпоры, внутренней поверхности бронха. Как правило, на фоне

четкообразной деформации бронха наблюдалось сглаживание, исчезновение визуализации хрящевых структур, шпоры выглядели отечными, закругленными. Комочки слизи отображались пристеночно расположенными структурами с неровными краями. В случае перекрытия просвета слизью симулировалась обструкция бронха. С целью дифференциальной диагностики от внутрибронхиальных опухолей нами разработана методика “кашлевой пробы”. При обнаружении внутри просвета бронхов структур подозрительных на слизь, пациенту предлагалась откашляться, после чего исследование повторялось – для слизистого содержимого бронхов было характерно изменение местоположения “пробки”, или ее исчезновение из просвета бронхов первого исследования. Дополнительно изучались нативные сканы КТ. Как правило, на слизь указывало локализация на ограниченном протяжении бронха, утолщение стенки бронха. У части больных дистальная часть бронха сообщалась с различной по размеру полостью, внутри которой прослеживались бугристые напластования (фиброз, слизисто-гнойное содержимое). Следует отметить, что при ВБ в отличие от ФБС сужение, неопухолевый стеноз бронха не являлся препятствием для осмотра бронха в дистальном направлении (за стенозом). Уровень визуализации внутренней поверхности бронха зависел от распространенности бронхоэктатической деформации и мог достигать субсегментарных бронхов 5 -6 порядка.

Анализ изображений минимальной интенсивности (MinIP) в различных плоскостях при бронхоэктазах позволяли получить в “толстом” плоскостном срезе суммарное представление как о бронхоэктазах, так и окружающей легочной ткани. Визуализировались сегментарные и субсегментарные бронхи, их разветвления, определялась степень стеноза, дилатации, наличие содержимого, обструкции просвета по протяженности ТБС. Оценивалась степень перибронхиального фиброза, поражения окружающей легочной ткани, наличие полостей не связанных с бронхами, нарушение легочной вентиляции зоны интереса.

3D реконструкция в режиме полупрозрачных поверхностей создавали виртуальную модель объема зоны интереса с визуализацией распространенности бронхоэктазов, проекцией области изменений на наружную грудную стенку, соотношение с рядом расположенными органами, плеврой. Данная модель реконструкции представляла интерес в плане оценки тяжести заболевания, планирования лечебных мероприятий.

Таким образом, как показал анализ, дополнение ВБ MinIP изображениями позволяют создать целостное изображение зоны поражения, оценить состояние наружной стенки бронхов, и состояние окружающей легочной ткани. Режим 3D давал возможность виртуального моделирования пораженной доли, сегмента, суммарно оценить степень изменений БС зоны интереса. По нашему мнению, только комплексный анализ вышеназванных методик дает оптимальную информацию о макроструктуре ТБС, в том числе при бронхоэктазах. Данная методика оценки ТБС названа нами “МСКТ виртуальная бронхоскопия” (МСКТБ) в отличие от описываемой в литературе виртуальной бронхоскопии когда оценивается только внутренние структуры ТБС.

Возможные осложнения при использовании ВБ

Осложнения при использовании предлагаемой медицинской технологии не наблюдалось.

Эффективность использования метода.

Данная медицинская технология продемонстрировала, что использование ВБ позволяет повысить информативность диагностики при патологических изменениях трахеобронхиальной системы, определить степень распространенности процесса.

В основу настоящей работы положены результаты комплексного исследования 159 человек (76 мужчин и 83 женщин) в возрасте от 23 до 82 лет (средний возраст 56 ± 11 лет) с изменениями трахеобронхиального дерева, проходившие обследование в Российском Научном Центре

Рентгенорадиологии. В это число вошло 116 пациентов с образованиями сдавливающими просвет трахеобронхиального дерева причинами исходящими из легкого (центральный рак легкого- 84, периферический рак легкого – 32, аденома – 7, липома-1), 34 пациента с образованиями сдавливающими просвет трахеобронхиального дерева исходящими из средостения, 9 пациентов со стенозам трахеи. ВБ была проведена 12 пациентам у которых было невозможно проведение бронхоскопии вследствие противопоказаний.

Эффективность применения виртуальной бронхоскопии иллюстрирована следующими наблюдениями:

Пример №1. Больной В, 63лет. Выполнена правосторонняя лобэктомия по поводу центрального рака правого легкого, исходившего из промежуточного бронха с распространением на правый главный бронх. При контрольной КТ через 13 месяцев после операции определялась культя правого главного бронха, правосторонний фиброторакс(рис 1а). Постпроцессинговая обработка в режиме MinIP, оттененных поверхностей выявила неровность поверхности области культи(рис. 1б,в). ВБ выявила наличие в области культи бугристых разрастаний(рис 1г), которые при ФБС и морфологической верификации были расценены как рецидив рака легкого в культе.

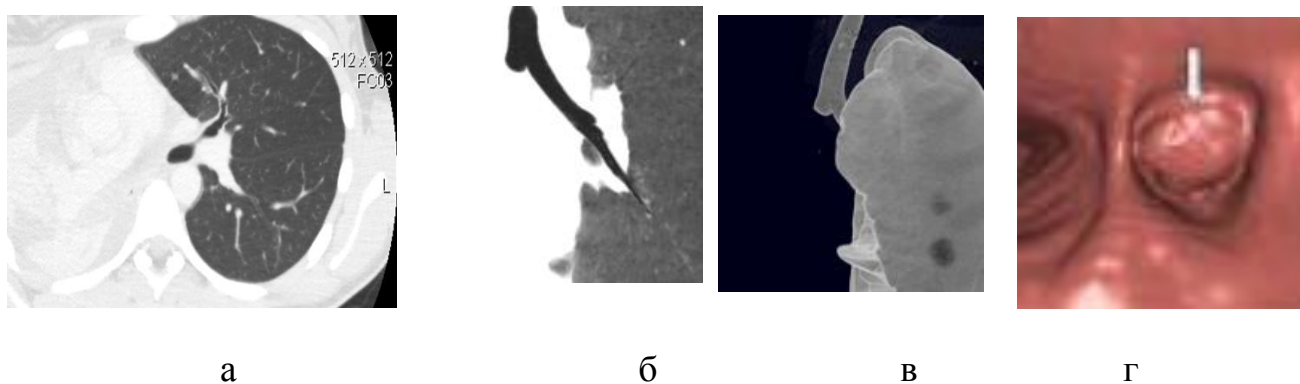


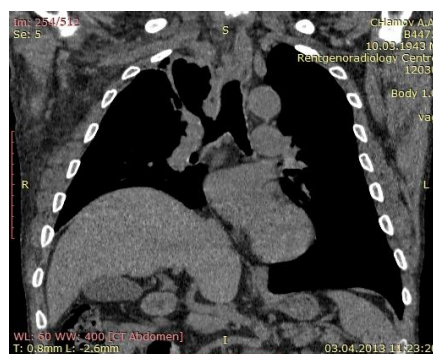
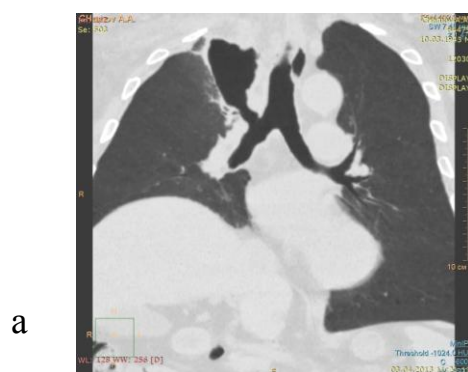
Рис 1. Состояние после правосторонней лобэктомии по поводу рака легкого а)МСКТ через 13 мес после операции – правосторонний фиброторакс б,в) MinIP, 3DVRT реконструкции нативных изображение – неровность

культы главного бронха г)ВБ - бугристые разрастания в культе главного бронха(\Rightarrow)

Данные наблюдения демонстрирует расширение возможностей МСКТ при комплексном анализе данных нативного исследования и методик ВБ в определении макроструктуры бронха после оперативного вмешательства

Пример №2. Больной Л, 53лет. При МСКТ выявлен рак верхней доли правого легкого с распадом, ателектаз верхней доли правого легкого(рис 2а), имелась высокая вероятность инфильтрации верхнедолевого, правого главного бронха, распространение процесса на трахею - однако по данным нативного исследования судить о распространении опухоли затруднительно.

При 3D реконструкциях в режимах SSD и VTR(рис 2б) - стенка ВДБ утолщена б) ВБ - область карины трахеи без признаков инфильтрации, в) ВБ – внутренняя поверхность ПГБ сглажена, хрящевые кольца отсутствуют – признак инфильтрации опухолью г)ПВДБ - аналогичная картина поверхности



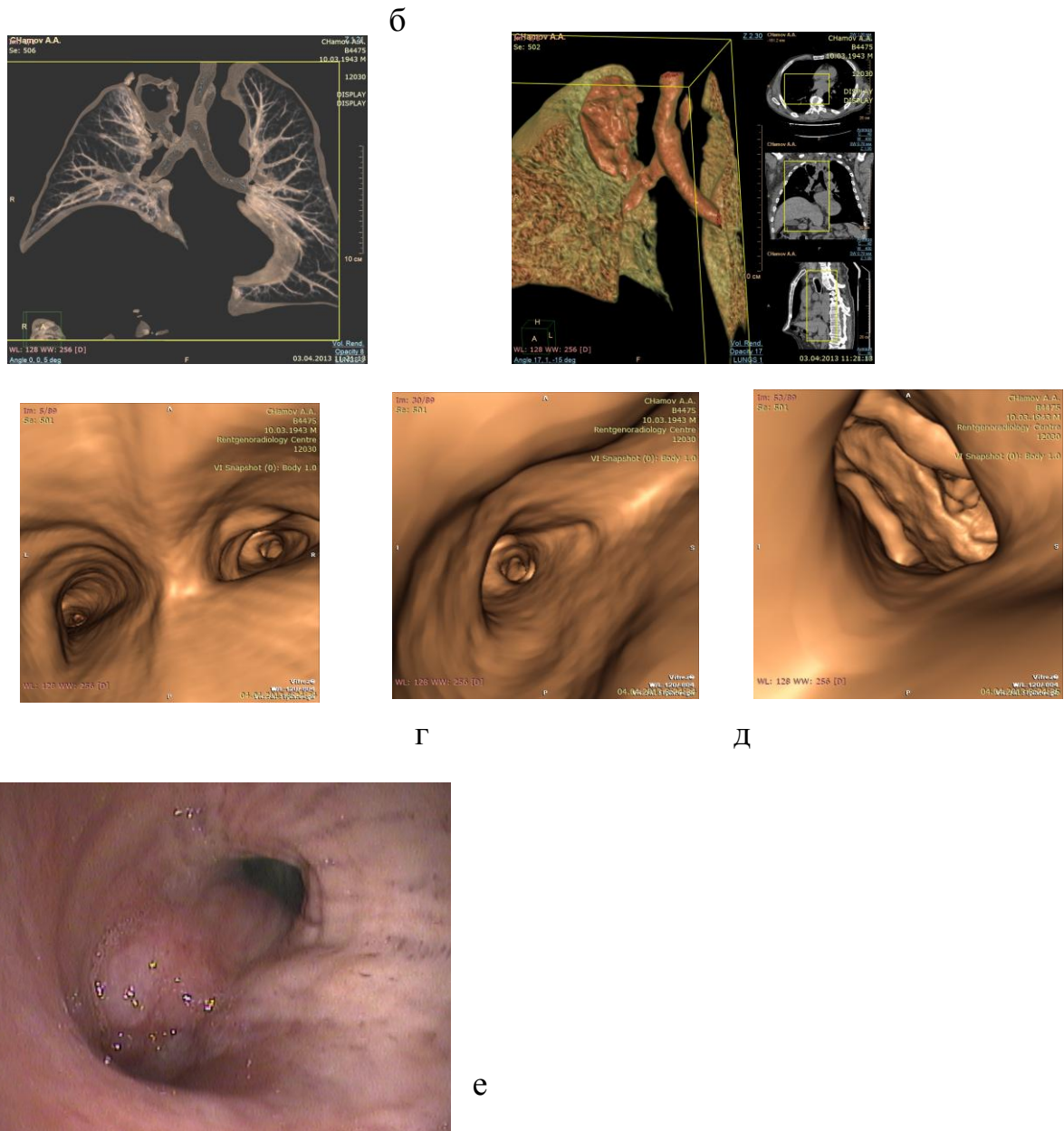
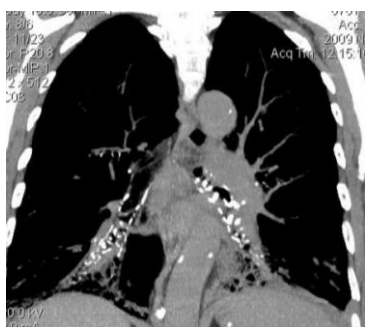
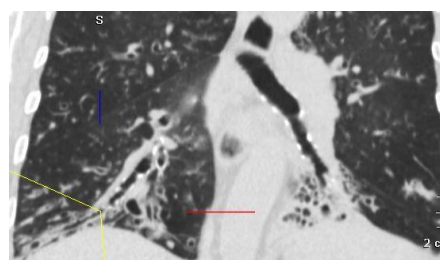


Рис 2. Рак верхней доли правого легкого, МСКТ а)рак верхней доли правого легкого с распадом, ателектаз ВДЛ, высокая вероятность инфильтрации ВДБ, ПГБ, трахеи б)3D реконструкции - стенка ВД бронха утолщена в) ВБ, область карины трахеи без признаков инфильтрации г)ВБ– внутренняя поверхность ПГБ сглажена, хрящевые кольца отсутствуют – признак инфильтрации опухолью д) ПВДБ - аналогичная картина поверхности е)ФБС – опухолевый стеноз ПВДБ

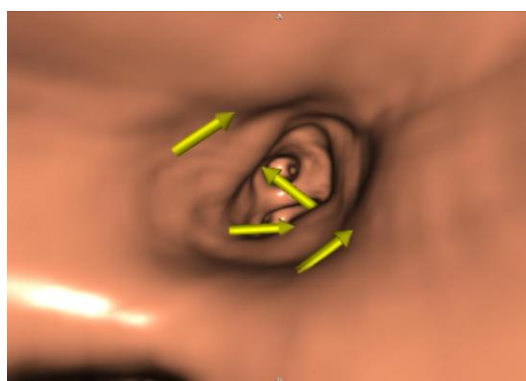
Пример №3. Пациентка М. 63 лет, поступила на МСКТ грудной клетки с диагнозом “обострение хронического бронхита”. На серии КТ и мультипланарных реконструкциях, методиках виртуальной бронхоскопии в трахее, главных, сегментарных и субсегментарных бронхах выраженное костно-хрящевое образование; четкообразная, цилиндрическая деформация просвета ТБД вплоть до субсегментарных по типу бронхоэктазов; перибронхиальный фиброз, пневмофиброз, уменьшение в объеме нижних долей легкого (рис 3а). Легочный рисунок усилен, деформирован, с обширной инфильтрацией легочной ткани, заполнением слизи бронхов (рис 3б). По периферии, субплеврально КТ признаки бронхиолита (симптом “дерева в почках”). По данным ВБ, MinIP режиме - просвет бронхиального дерева деформирован – зоны сужения чередуются с зонами расширения, в которых выявляется содержимое (слизь) (рис. 3а,б; в). По данным исследования сделано заключение: распространённая остеохондропластическая трахеобронхопатия(ОХП), осложнённая бронхоэктатической болезнью, абсцедирующей пневмонией нижней доли левого легкого. Мелкоочаговая пневмония вторичного происхождения, инфекционный бронхиолит.



а



б



в

Описанное наблюдение является классическим проявлением ОХП с развившимися на её фоне осложнениями. Необычность наблюдения заключается в распространённости зон косте- и хрящобразования вплоть до субсегментарных бронхов, что привело к развитию деформации бронхов по типу бронхоэктазов, развитию гнойного бронхита, перибронхита, пневмонии, инфекционному бронхиолиту.

Данные анализа данных МСКТ и МСКТ с методиками виртуальной бронхоскопии в оценке ТБС при раке легкого представлены в таблице. Как видно из таблицы комплексный анализ данных нативной МСКТ, режимах MinIP, MIP, 3D реконструкциях в режимах SSD и VTR существенно повышал выявляемость патологии ТБД при раке легкого(Таблица). Как показал проведенный анализ данных МСКТ оценка макроструктуры ТБД по результатам нативного исследования составила: чувствительность 85%, специфичность 67%. Дополнение данных МСКТ анализом ТБД по данным ВБ повышало чувствительность до 95%, специфичность до 76%.

Таким образом, рекомендованная методика МСКТ ВБ позволяет в результате применения методик постпроцессинговой обработки данных нативной МСКТ, направленных прицельно на изучение макроструктуры трахео – бронхиального дерева, позволяет получить дополнительные данные о состоянии как внутренней поверхности, просвета бронха, так и ее наружных стенок, взаимоотношения с окружающей легочной тканью. Ведущими являлись методики MinIP и виртуальной бронхоскопии, данные которых анализировались в комплексе с результатами нативных срезов.

Таблица. Сравнительная оценка данных нативной МСКТ и сочетанного анализа МСКТ и ВБ при раке легкого

Признак	Нативные данные	MinIP, ВБ, VTR	Макропрепарат
	N(%)		100%
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(1ЛП)	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

Как видно из представленных результатов, комплексное использование ВБ на основе МСКТ значительно повышает информативность данного метода в диагностике изменений трахеобронхиального дерева.

Список литературы.

1. Котляров П.М. Многосрезовая компьютерная томография легких – новый этап развития лучевой диагностики заболеваний легких Медицинская визуализация .-2011-№4. –С 14-20
2. Котляров П.М., Темирханов З.С., Щербахина Е.В. Мультипланарные реконструкции и виртуальная бронхоскопия в оценке состояния трахео – бронхиальной системы по данным мультисрезовой компьютерной томографии/ Лучевая диагностика и терапия, 2011, №2,(2),50 -55
3. Котляров П.М., Темирханов С.З, Флеров К.Е, Гомболевский В.А, Черниченко Н.В., Нуднов Н.В., Солодкий В.А. Виртуальная бронхоскопия в диагностике рака легкого и его распространенности, мониторинге послеоперационных изменений. Вестник РНЦРР МЗ РФ http://vestnik.rncrr.ru/vestnik/v13/papers/flerov_v13.htm
4. П.М.Котляров, Н.В.Нуднов, Е.В.Егорова Мультиспиральная компьютерно-томографическая в иртуальная бронхоскопия при бронхоэктатической болезни и остеохондропластической бронхопатии. Пульмонология, 2014, №4, С. 68 -72
5. Котляров П.М. Виртуальная бронхоскопия в диагностике рака легкого. Лучевая диагностика и терапия, 2015, №1, С.56-63
6. Adali F, Uysal A, Bayramoglu S et al. Virtual and fiber-optic bronchoscopy in patients with indication for tracheobronchial evaluation. Ann Thorac Med. 2010 Apr;5(2):104-9.
7. Asano F. Virtual bronchoscopic navigation. Clin Chest Med. 2010 Mar;31(1):75-85
8. Asano F. [Virtual bronchoscopy]. Kyobu Geka. 2007 Jul;60(8 Suppl):739-44.
9. Bakir B, Tüzün U, Terzibaşioğlu E, et al. [The diagnostic efficiency of multislice CT virtual bronchoscopy in detecting endobronchial tumors]. Tuberk Toraks. 2008;56(1):43-9.
10. Bauer TL, Steiner KV. Virtual bronchoscopy: clinical applications and

- limitations. *Surg Oncol Clin N Am.* 2007 Apr;16(2):323-8.
11. Cardinale L, Busso M, Cataldi A et al. 64-slice multidetector CT of tracheobronchopatia osteochondroplastica with virtual bronchoscopy view. *JBR-BTR.* 2010 Jan-Feb;93(1):31.
12. Edell E, Krier-Morrow D. Navigational bronchoscopy: overview of technology and practical considerations--new Current Procedural Terminology codes effective 2010. *Chest.* 2010 Feb;137(2):450-4.
13. Grenier PA, Beigelman-Aubry C, Brillet PY. et al. Nonneoplastic tracheal and bronchial stenoses. *Thorac Surg Clin.* 2010 Feb;20(1):47-64.
14. Iwano S, Imaizumi K, Okada T et al. Virtual bronchoscopy-guided transbronchial biopsy for aiding the diagnosis of peripheral lung cancer. *Eur J Radiol.* 2011 Jul;79(1):155-9
15. Horton KM, Horton MR, Fishman EK et al. Advanced visualization of airways with 64-MDCT: 3D mapping and virtual bronchoscopy. *AJR Am J Roentgenol.* 2007 Dec;189(6):1387-96.
16. Okimasa S, Shibata S, Awaya Y. Virtual et al. bronchoscopy aids management of lung cancer. *Respirology.* 2007 Jul;12(4):607-9.
17. Sodhi KS, Aiyappan SK, Saxena AK et al. Utility of multidetector CT and virtual bronchoscopy in tracheobronchial obstruction in children. *Acta Paediatr.* 2010 Jul;99(7):1011-5.
18. Yu KC, Gibbs JD, Graham MW et al. Image-based reporting for bronchoscopy. *J Digit Imaging.* 2010 Feb;23(1):39-50.