

Цитирование: Михайлов АН, Хоружик СА. Рентгенологическая визуализация опухоли на фоне ателектаза при раке легкого // Вестн. рентгенологии и радиологии. – 2005. – № 3. – С. 28–37.

Рентгенологическая визуализация опухоли на фоне ателектаза при раке легкого.

Михайлов А.Н., Хоружик С.А.

Белорусская медицинская академия последипломного образования, НИИ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова, Минск.

Резюме.

Методами рентгенографии, компьютерной томографии и компьютернотомографической ангиографии органов грудной клетки обследовано 17 больных раком легкого с ателектазом. Изучены возможности каждого метода для измерения размеров опухоли и нанесения контура опухоли при КТ и КТ-ангиографии. Измерить 1 или 2 максимальных размера опухоли на фоне ателектаза можно было при рентгенографии в 24% случаев, при КТ – в 82%, при КТ-ангиографии – в 100%. Визуализировать контур опухоли на всех сканах можно было при КТ в 41% случаев, при КТА в 88%. Выявлены КТ и КТА-симптомы, помогающие в визуализации опухоли на фоне ателектаза. Сделан вывод, что рентгенография малоинформативна для оценки опухолевой регрессии при химиолучевом лечении рака легкого с ателектазом, для чего необходимо использовать КТ. КТ-ангиография является необходимым методом визуализации для современного планирования лучевой терапии при раке легкого с ателектазом.

Ключевые слова: рентгенография, компьютерная томография, КТ-ангиография, рак легкого, ателектаз, регрессия опухоли, планирование лучевой терапии.

Abstract.

17 lung cancer patients with atelectasis have been examined with chest radiography, CT and computed tomography angiography. We attempted to measure and contour tumor on the background of atelectasis. It was possible to measure 1 or 2 maximal diameters of the tumour in 24% of cases with radiography, in 82% of cases with CT and in 100% of cases with CT-angiography. We have been able to contour tumour on every scan in 41% of cases with CT and in 88% of cases with CT-angiography. CT and CT-angiography symptoms helpful in separating tumour from atelectasis have been found. In conclusion, radiography is not suitable for tumour regression analysis in lung cancer patients with atelectasis treated with chemoradiotherapy in majority of cases for what purpose CT should be used. CT-angiography is required for radiotherapy planning in lung cancer patients with atelectasis.

Index terms: radiography, computed tomography, CT-angiography, lung cancer, atelectasis, tumour regression, radiotherapy planning.

В течение десятилетий рентгенография оставалась единственным методом лучевой диагностики при раке легкого. Визуализация опухоли при этом нередко была затруднена вследствие пространственного наложения структур и двухмерной природы рентгеновского изображения. Наличие ателектаза, обтурационной пневмонии, плеврита еще более усложняли задачу. Появившиеся позднее цифровые томографические методы (КТ, МРТ) решили проблему проекционного наложения и обладают лучшей контрастной разрешающей способностью. Вместе с тем, отмечена значительная вариабельность при измерении опухоли на КТ-сканах и нанесении ее контура для планирования лучевой терапии. Наиболее частой причиной этих трудностей является ателектаз [1, 2].

В данной статье мы рассматриваем проблему ателектаза при раке легкого с двух сторон. Во-первых, нас интересует, в какой степени наличие ателектаза затрудняет объективную оценку регрессии опухоли при химиолучевом лечении. При этом необходимо учитывать различный подход к оценке регрессии в зависимости от применяемой методики. Наиболее широко применяется методика, предложенная ВОЗ в 1979 году [3], при которой необходимо знать два максимальных взаимно перпендикулярных размера опухоли до начала и после окончания лечения. Каких-либо ограничений в отношении метода визуализации не накладывается. Поэтому традиционно для этого используется рентгенография.

По методике RECIST, выработанной совместно Европейской организацией по изучению и лечению рака и Национальным институтом рака США в 2000 году, для оценки регрессии опухоли достаточно одного максимального размера [4]. При измерении опухоли данная методика отдает предпочтение использованию КТ. В отношении опухолей легких четко указано, что рентгенография приемлема только при сочетании следующих условий: опухоль более 2 см в наибольшем измерении, четко визуализируется на рентгенограмме, окружена воздушной легочной тканью. Выполнение этих условий едва ли возможно при центральном раке легкого, тем более при наличии ателектаза.

С другой стороны, ателектаз при раке легкого рассматривается нами как фактор, потенциально усложняющий планирование лучевой терапии. Современные конформные и модулированные по интенсивности методики облучения требуют четкой визуализации контура опухоли на каждом КТ-скане. При ателектазе выделение контура опухоли затруднено. Имеются данные, указывающие, что использование методики внутривенного усиления при КТ может улучшить визуализацию опухоли на фоне ателектаза [5]. Настоящая статья посвящена изучению возможностей рентгенографии

(РГ), нативной компьютерной томографии (КТ) и компьютерной томографии с болюсным внутривенным усилением (КТ-ангиографии, КТА) в определении размеров и визуализации контура опухолевого узла при центральном раке легкого на фоне ателектаза.

Материал и методы.

В период с 2002 по 2004 годы была выполнена 51 КТ-ангиография органов грудной клетки при центральном раке легкого. Ателектаз того или иного отдела легкого имел место в 22 случаях (43%). В исследуемую группу вошли 17 пациентов, у которых имелся полный цифровой архив КТ-изображений, в возрасте от 41 до 73 лет (в среднем 60 лет), 2 женщины и 15 мужчин. Плоскоклеточный рак имел место в 14 случаях, мелкоклеточный – 1, цилиндрома – 1, мезотелиома - 1.

Перед КТА производилась рентгенография в двух проекциях и обычное КТ-исследование (толщина срезов 7 мм). Все КТ и КТА-исследования выполнялись на мультиспиральном компьютерном томографе. При КТА в локтевую вену автоматическим инъектором вводили 100-160 мл неионного контрастного вещества с концентрацией йода 300, 350 или 370 мг/мл со скоростью 2-4 мл/сек. Сканирование осуществляли в артериальной фазе контрастного усиления, для чего использовалась программа автоматического слежения болюса на аорте. Задержка сканирования при этом составляла от 17 до 30 секунд от начала введения контрастного вещества. Толщина срезов была 1,25 мм, сдвиг реконструкции 0,8 мм. Такая высокая разрешающая способность позволяла строить мультипланарные реконструкции одинакового качества в любой плоскости. В 3 случаях дополнительно была получена венозная фаза.

На РГ, КТ и КТА-сканах делалась попытка измерить 2 максимальных взаимно перпендикулярных размера опухоли, а при КТ и КТА также нанести контур опухоли на всех сканах. Для оценки возможности/невозможности нанесения контура на опухоль на фоне ателектаза нами разработана следующая шкала:

- хорошая визуализация контура – четкое отграничение опухоли от ателектаза на всех сканах;
- удовлетворительная – контур опухоли виден на большинстве сканов, выделение контура затруднено недостаточной разницей плотностей опухоли и ателектаза либо наличием артефактов;
- неудовлетворительная – контур опухоли практически не виден вследствие недостаточной разницы плотностей опухоли и ателектаза или других причин.

При этом подразумевается, что хорошая и удовлетворительная визуализация позволяет нанесение контура опухоли для последующего расчета планов лучевой терапии, при оценке «неудовлетворительно» этого сделать нельзя.

При КТА определяли следующие количественные параметры, характеризующие контрастное усиление:

- плотность в единицах Хаунсфилда (ед.Н) опухоли и ателектаза до и после контрастного усиления;
- контрастное усиление (КУ) в опухоли, ателектазе, на аорте, т. е. разницу плотностей после и до контрастирования;
- индекс относительного контрастного усиления (ИОУ) как соотношение КУ в опухоли/ателектазе и на аорте, приведенное к 100%:

$$\text{ИОУ опухоли} = \left(\frac{\text{КУ опухоли}}{\text{КУ аорты}} \right) \times 100\% \quad \cdot \quad \text{ИОУ}$$

показывает степень контрастного усиления в опухоли и ателектазе по отношению к усилению на аорте и таким образом характеризует васкуляризацию.

Для статистической обработки информации использовались методы описательной статистики и корреляционного анализа.

Результаты.

У 3 пациентов имелся ателектаз всего легкого, ателектаз двух долей – у 2, одной доли – у 10, сегмента легкого – у 2. Данные о результатах измерения опухоли представлены в таблице 1. У 13 из 17 пациентов (76%) при РГ невозможно было измерить ни одного размера опухоли. Причем мешало не только отсутствие отграничения опухоли от тени ателектаза, но и слияние со структурами средостения. В случае полного ателектаза легкого опухоль на рентгенограммах не визуализировалась и, соответственно, невозможно было измерить ни одного размера (рис. 1). При ателектазе 2 долей (в обоих случаях средняя и нижняя доли справа) корень был смещен книзу, неструктурен, купол диафрагмы не прослеживался, опухоль в корне не выявлялась, что также означало невозможно измерить ни одного размера.

При долевым ателектазах лишь в 4 из 10 случаев можно было измерить 1 или 2 размера опухоли. В первом случае имелась особая форма рака – мукоэпидеомоидный рак, или цилиндрома, характеризующаяся четкостью контуров опухолевого узла (рис. 2). Во втором случае имелась полостная форма периферического рака с централизацией, что улучшало визуализацию опухолевого узла и позволило его измерить. В оставшихся 2 случаях опухоль не выявлялась на прямых рентгенограммах

и была частично измерима на боковых снимках. Нет уверенности, что измеренный при этом размер был максимальным.

При ателектазе средней доли (4 пациента) ни в одном случае на прямой рентгенограмме органов грудной клетки не удалось измерить опухоль, что объясняется направлением спадания доли непосредственно к корню легкого, прикрывая опухолевый узел (рис. 3). При ателектазе 6-го сегмента легкого был виден лишь верхнелатеральный полюс опухоли (рис. 4). При ателектазе 3-го сегмента опухоль имела небольшие размеры и вообще не визуализировалась. В обоих случаях невозможно было измерить ни одного размера опухоли.

Таким образом, у большинства пациентов по данным РГ при ателектазе оценить регрессию опухоли не удастся ни с помощью критериев ВОЗ (необходимо 2 взаимно перпендикулярных размера) ни по критериям RECIST (необходим один максимальный размер опухоли).

При КТ 1 или 2 размера опухоли можно было измерить у 14 из 17 пациентов (82%), что отражает явный прогресс по сравнению с рентгенографией. Критерии оценки регрессии опухоли ВОЗ были применимы у 10 (58%) пациентов, у которых можно было определить 2 размера. В 3 случаях (18%) на КТ-сканах нельзя было измерить ни одного размера опухоли, что означает невозможность оценить регрессию при ателектазе у части пациентов.

Визуализация контура опухоли при КТ была хорошей в 2 случаях, удовлетворительной в 5 и неудовлетворительной в 10 (таблица 2). Причиной, затрудняющей выделение контура при удовлетворительной визуализации, был ателектаз в 4 случаях и слияние опухоли с камерами сердца в 1, при неудовлетворительной - ателектаз в 9, неотделимость от камер сердца в 6 случаях.

Денситометрия КТ-изображений показала, что до контрастного усиления плотность опухоли составила $37,6 \pm 7,99$ ед.Н и достоверно не отличалась от плотности ателектаза $36,7 \pm 7,03$ ед.Н. Вследствие этого выделение контура опухоли на фоне ателектаза было затруднено (рис. 3б, 4б). Вместе с тем нельзя сказать, что плотностная информация абсолютно бесполезна для разделения опухоли и ателектаза на КТ-сканах. В частности, использование рекомендуемого в литературе «печеночного» окна (ширина окна 150 ед.Н, центр окна 10 ед.Н) [2] как альтернативы стандартному мягкотканому окну (350/40 ед.Н) в 5 случаях улучшило визуализацию опухоли на фоне ателектаза (рис. 5а). Однако визуализация контура опухоли улучшалась не на всех сканах. В 4 случаях отграничению способствовало изучение структуры опухоли: выявлялись равномерный кальциноз с гиподенсивным ободком (рис. 1б), крупные кальцинаты и

гиперденсивный ободок (рис. 5а), полостная форма опухоли, очаги кальцинации и четко отграниченные кистозные участки. Последний случай представляет особый интерес в силу гистологической природы опухоли, обуславливающей особенности скиалогической картины - цилиндрома, или мукоэпидермоидный рак (рис. 2). Опухоль имела четкий контур, в структуре определялись четко отграниченные очаги неинтенсивной кальцинации и кистозные структуры, предположительно заполненные жидкостью просветы бронхов, чего не встречалось при плоскоклеточном и мелкоклеточном раке.

Визуализировать опухолевый узел на КТ-сканах также помогали ряд скиалогических симптомов. Наиболее важные из них - симптомы выбухания контура (14 случаев) и контакта с пневматизированной легочной тканью (11 случаев). Симптом выбухания контура опухоли чаще выявляется при перибронхиальной узловой форме роста и отсутствует при небольших опухолях, растущих в просвет бронха. В отличие от опухоли, характеризующейся экспансивным ростом, ателектаз напротив нередко имеет прямолинейный контур, что обусловлено отграничением междолевой плеврой (рис. 3б). Наличие контакта опухоли с пневматизированной легочной тканью делает возможным ее измерение вследствие существенной разницы их денситометрических параметров (рис. 3в), хотя полученные размеры не всегда являются максимальными.

У всех 3 пациентов с ателектазом всего легкого определен симптом выбухания контура опухоли на фоне ателектаза. Такой результат несколько неожидан, т. к. при рентгенографии ателектаз легкого означает абсолютную невозможность измерить опухоль, что подтверждается нашими данными. В одном случае на КТ-сканах опухоль можно было измерить на фоне ателектаза легкого за счет преимущественного расположения в средостении и сохранения тонких жировых прослоек с окружающими крупными сосудами (аортой и легочной артерией). Во втором случае в опухоли имелись крупные кальцинаты и гиперденсивный ободок (рис. 5). Наконец в третьем случае определялся равномерный кальциноз с гиподенсивным ободком вокруг верхнего полюса опухоли (рис. 1б). Измеренный на этом уровне размен, однако, не был максимальным.

В двух случаях имел место ложно положительный симптом выбухания контура опухоли, что стало ясно после изучения КТА-сканов на том же уровне. За опухоль были приняты увеличившиеся в объеме, с выбуханием контура, участки постобтурационных нарушений (рис. 6).

После болюсного внутривенного усиления плотность опухоли повышалась до $56,65 \pm 13,48$ ед.Н, плотность ателектаза до $77,76 \pm 27,29$ ед.Н и становилась достоверно

выше плотности опухоли ($p=0,007$). Повышение плотности опухоли составило 2-40 ед.Н, в среднем $19 \pm 11,52$ ед.Н, ателектаза 10-107 ед.Н, в среднем $40,47 \pm 26,93$ ед.Н ($p=0,005$). Следовательно, контрастное усиление ателектаза было примерно в 2 раза выше, чем опухоли. В итоге у всех пациентов при КТА можно было измерить 1 или 2 размера опухоли, прием 2 размера - в 16 (94%) случаях из 17.

Рассчитаны индексы относительного контрастного усиления опухоли и ателектаза для каждого пациента. ИОУ опухоли варьировал от 1 до 25% (в среднем 10%), ателектаза от 5 до 46% (в среднем 20%). Как показано на рис. 7, у большинства пациентов ИОУ ателектаза был больше, чем опухоли, что соответствует большей степени васкуляризации ателектаза. При этом опухоль оказывалась гиподенсивной по отношению к ателектазу (рис. 2, 3, 5, 6). Лишь в 3 случаях ИОУ опухоли был выше, чем ателектаза. Тогда опухоль становилась гиперденсивной по отношению к ателектазу (рис. 4).

При КТА минимальное количество введенного йода составило 30 грамм (100 мл контрастного вещества с концентрацией йода 300 мг/мл), максимальное 55,5 грамма (150 мл контрастного вещества с концентрацией йода 370 мг/мл). При этом количество введенного йода варьировало от 0,38 до 1,23 гр/кг. Коэффициент корреляции между степенью контрастного усиления опухоли и количеством введенного йода составил 0,0527, что указывает на отсутствие связи признаков. При сравнении накопления контрастного вещества в ателектазе с количеством введенного йода коэффициент корреляции составил 0,24, что указывает на наличие слабой корреляционной связи. Таким образом, увеличение количества введенного йода (увеличение объема или концентрации контрастного препарата) практически не приводит к увеличению накопления в опухоли, но улучшает контрастное усиление в ателектазе.

Помимо изучения плотностных, или количественных, характеристик контрастного усиления, КТА-изображения были подвергнуты качественному анализу. Выявленные при анализе КТ-сканов симптомы неоднородности структуры опухоли, выбухания контура, контакта с пневматизированной легочной тканью определялись и при КТА, однако имели второстепенное значение из-за наличия высокоинформативных симптомов, характерных только для КТА. Нами были выявлены КТА-симптомы прямой визуализации опухолевого узла, симптом жидкостной бронхограммы, симптом ангиограммы.

Симptom прямой визуализации опухолевого узла на фоне ателектаза при КТА обусловлен различием контрастного накопления в опухоли и ателектазе. Хорошая

визуализация контура опухоли была достигнута в 7 случаях из 17, удовлетворительная в 8, неудовлетворительная в 2 (таблица 2).

Анализ причин, ухудшающих визуализацию контура опухоли на фоне ателектаза при КТА, показал, что недостаточная разница плотностей опухоли и ателектаза после контрастного усиления имела место лишь в 2 случаях. Тем не менее, в обоих случаях визуализация контура опухоли была удовлетворительной. Артефакты затрудняли выделение контура опухоли в 11 случаях. В группе пациентов с хорошей визуализацией контура артефакты имелись лишь в 2 случаях из 7. При удовлетворительной визуализации артефакты присутствовали в 6 случаях из 8: артефакт высокой концентрации контрастного вещества в верхней полой вене и камерах сердца – 4, артефакт сердечной пульсации – 4, дыхательный артефакт, артефакт от обызвествленных створок сердечных клапанов и обызвествленных стенок бронхов – по 1 разу каждый. При неудовлетворительной визуализации в обоих случаях присутствовали артефакты, обусловленные сердечной пульсацией, распадом в опухоли, в 1 случае - высокой концентрации контрастного вещества.

Наиболее часто встречался артефакт, обусловленный высокой концентрацией контрастного вещества в верхней полой вене и/или камерах сердца (рис. 8). Количество вводимого йода при наличии данного артефакта было в среднем $336 \pm 11,00$ мг/мл, при отсутствии артефакта - $313 \pm 8,97$ мг/мл. Использование контрастного вещества с концентрацией йода 370 и 350 мг/мл приводило к возникновению артефакта в большинстве случаев, в то время как 300 мг/мл - ни в одном.

Для решения проблемы артефакта сердечной пульсации нами в ряде случаев применялась программа синхронизации по ЭКГ-сигналу, однако небольшое количество наблюдений пока не позволяет сделать какой-либо вывод.

В 3 случаях кроме артериальной фазы контрастного усиления, была получена венозная фаза. В 1 из этих наблюдений в венозной фазе визуализация контура опухоли значительно улучшилась: неудовлетворительная визуализация в артериальной фазе изменилась на хорошую в венозной (рис. 8).

Симптом КТ-ангиограммы подразумевает визуализацию нормальных легочных сосудов на фоне уплотненной легочной ткани после внутривенного усиления. Первоначально данный симптом был описан как специфичный для бронхиолоальвеолярного рака, когда усиленные легочные сосуды визуализируются на фоне пораженных участков сниженной плотности. В дальнейшем симптом был также выявлен при пневмонии, лимфоме, отеке легких, метастазах карциноида, обтурационной пневмонии и ателектазе [6]. В нашем исследовании симптом КТ-

ангиограммы определялся у 14 из 17 пациентов (82%). На фоне ателектаза были видны легочные сосуды – ветви легочной артерии (14 случаев) и легочных вен (6 случаев, рис. 2г), идущие от корня к периферии и от периферии ателектаза к левому предсердию соответственно. Более редкая выявляемость легочных вен объясняется тем, что вены легче спадаются и прорасщиваются опухолью. Нередко имелся обрыв легочных сосудов на границе ателектаза и опухоли, что существенно помогало визуализировать контур опухоли (рис. 4в, 5в). В некоторых случаях отмечалось расширение диаметра легочных сосудов в ателектазе (рис. 9).

Симптом жидкостной бронхограммы, т. е. визуализация на фоне ателектаза заполненных жидкостью, нередко расширенных, просветов бронхов [7], выявлялся у 14 (82%) пациентов (рис. 6б, 9). Важно заметить, что данный симптом на фоне опухоли не встречался (кроме случая цилиндромы), имелся обрыв заполненных жидкостью бронхов на границе ателектаза и опухоли, что позволяло улучшить их взаимное отграничение. В 11 случаях имелись оба симптома ангиограммы и жидкостной бронхограммы и лишь в одном случае – ни одного из них.

Симптом воздушной бронхограммы встретился в нашем исследовании в 4 случаях (29%). По нашему мнению он малоинформативен для выделения контура опухоли на фоне ателектаза. Связано это не столько с его относительной редкостью, сколько с перемещением воздуха в просветах бронхов в зависимости от положения тела пациента. В результате не наблюдается обрыва бронхов на границе опухоли и ателектаза. Все выявленные при КТ и КТА симптомы представлены в таблице 3.

Обсуждение.

При центральном раке легкого обтурационный ателектаз встречается почти в 50% случаев [8, 9]. После передавливания бронха опухолью обычно в течение 24 часов происходит резорбцией воздуха из альвеол, соответствующий отдел легкого становится безвоздушным, уменьшенным в объеме. При наличии коллатерального воздухообмена время спадания легочной ткани может удлиняться. Накопление в просвете бронха муцина, жидкости, присоединение инфекции приводят к тому, что ателектазированный участок легкого может не только не уменьшаться, но даже увеличиваться в объеме. Обтурационная пневмония развивается почти в 35% случаев [8]. Денситометрические показатели опухоли, ателектаза и обтурационной пневмонии близки, что часто не позволяет отделить их друг от друга на КТ-сканах.

Оценка размеров опухоли является одной из важнейших задач лучевой диагностики рака легкого. Согласно TNM классификации злокачественных опухолей [10], по критерию местной распространенности опухоли до 3 см в наибольшем

измерении относятся к категории T1, более 3 см - к T2. В настоящей классификации при превышении 3 см критерий размера не учитывается. В тоже время имеются данные, указывающие на ухудшение прогноза при дальнейшем увеличении размера. Так, в работе [11] 5-летняя выживаемость при опухолях более 5 см составила 31,4%, что было достоверно меньше, чем при опухолях до 3 см (45,9%).

При химиолучевой терапии рака легкого исходные (до лечения) размеры опухоли сравниваются с размерами после лечения, и таким образом оценивается степень опухолевой регрессии. При этом ошибки измерения могут привести к серьезным расхождениям в оценке ответа опухоли на лечение. В частности, использование одной лишь рентгенографии привело к неверной оценке регрессии опухоли у 22,5% пациентов в сравнении с использованием КТ [12]. С другой стороны, современные конформные и модулированные по интенсивности техники облучения при раке легкого строятся на точном подведении дозы к опухоли с максимальным ограничением облучения окружающих здоровых тканей. Для планирования облучения используются данные спиральной компьютерной томографии органов грудной клетки, при которой на каждом скане необходимо четко визуализировать контур опухоли.

С точки зрения прогнозирования результатов лучевой терапии, меньший первоначальный размер опухоли связан с лучшим локальным контролем и выживаемостью. В исследованиях с повышением суммарной очаговой дозы, подводимой к опухоли, было показано, что частота излеченности повышается при меньшем исходном размере опухоли [13]. Таким образом, точное измерение размеров опухоли важно для стадирования, определения прогноза и оценки эффективности химиолучевого лечения при раке легкого.

Наше исследование подтвердило, что традиционная рентгенодиагностика имеет значительные трудности в визуализации опухоли на фоне ателектаза: лишь в 4 случаях из 17 можно было измерить опухоль, причем 2 размера определялись лишь в 2 случаях (12%). Это согласуется с данными других авторов. В частности, Rujol J.L. с соавт. [12] смогли измерить 2 размера опухоли на РГ при ателектазе только в 7% случаев. Степень поражения легкого ателектазом в нашем исследовании не играла существенной роли. Так, при ателектазе сегмента легкого рентгенологически невозможно было измерить ни одного размера в 2 из 2 случаев.

На КТ-сканах 1 или 2 размера опухоли можно было определить в 82% случаев. Выявленные симптомы выбухания контура, неоднородности структуры опухоли, использование специальных параметров окна для просмотра изображений позволили визуализировать опухоль без контрастного усиления даже на фоне ателектаза всего

легкого. В двух наблюдениях имел место ложноположительный симптом выбухания контура, обусловленный тем, что в ряде случаев после obturации просвета в бронхах накапливаются десквамационный материал, слизь и соответствующий участок легкого практически не уменьшается в объеме. Нередко (до 35%) при раке легкого присутствует obturационная пневмония, которая характеризуется инфильтрацией паренхимы богатыми липидами макрофагами, воспалительными клетками с обязательным наличием инфекции, в случае чего ателектазированный участок может даже увеличиться в объеме [8]. На быструю активизацию условно патогенной флоры в ателектазе также указывали Гогин Е.Е. с соавт. [14], предложив даже термин «ателектаз-пневмония». Следовательно, симптом выбухания контура, выявляемый при КТ и характерный для опухолевого узла, необходимо интерпретировать с осторожностью. Все описанные симптомы следует интерпретировать в комплексе, поскольку каждый из них в отдельности обладает достаточно ограниченными диагностическими возможностями.

В 18% случаев измерить опухоль на КТ-сканах не удавалось и у этих пациентов для точной оценки регрессии опухоли следовало прибегнуть к КТА. При последней определить 2 размера опухоли можно было в 94% случаев (1 или 2 размера в 100%). Это согласуется с данными других авторов, в работе которых медленное (1 мл/сек) внутривенное введение контрастного вещества повышало измеримость опухоли на фоне ателектаза до 83% [12]. Нами получен лучший результат, поскольку использовалась методика болюсного (2-3 мл/сек) введения препарата, позволяющая достигнуть лучшего пика контрастного усиления в ателектазе.

Весьма показательным является анализ возможности нанесения контура опухоли на КТ и КТА-сканах. Неудовлетворительная визуализация контура была получена в 59% случаев при КТ и только в 12% при КТА. Наиболее частой помехой при КТ был ателектаз, поскольку плотность опухоли и ателектаза практически не отличается ($37,6 \pm 7,99$ ед.Н и $36,7 \pm 7,03$ ед.Н соответственно). На втором по частоте месте оказалось слияние опухоли с камерами сердца. Обе проблемы разрешалась при болюсном внутривенном контрастировании. При КТА ателектаз усиливался в два раза лучше, чем опухоль, что количественно характеризовалось индексом относительного усиления. Связано это с тем, что в ателектазе имеются крупные легочные сосуды, которые к тому же оказываются сближенными после спадания легочной ткани. Нам удалось показать, что описанный в литературе симптом ангиограммы в ателектазе обусловлен не только ветвями легочной артерии, но и легочными венами. В некоторых случаях обращало внимание избыточное расширение диаметра легочных сосудов. На

усиленное кровенаполнение ателектаза указывает в частности Гогин Е.Е. с соавт. [14]. Опухоль напротив кровоснабжается преимущественно из бронхиальных артерий относительно небольшого диаметра. Увеличение количества введенного йода за счет большего объема или концентрации контрастного препарата не повышало накопление в опухоли, но улучшало контрастное усиление в ателектазе. В 3 наблюдениях ИОУ опухоли все же были больше, чем ателектаза. В этом случае опухоль лучше накапливала контрастное вещество и оказывалась гиперденсивной по отношению к ателектазу. Большую роль в выявлении контура опухоли играет симптом жидкостной бронхограммы, особенно с учетом резкого начала расширенных и заполненных жидкостью бронхов на границе опухоли и ателектаза. Симптомы ангиограммы и жидкостной бронхограммы выявлялись в ателектазе с одинаковой частотой (82%) и являются высокоинформативными для выделения границы опухоли на фоне ателектаза.

В двух наблюдениях КТА не позволила выделить контур опухоли. В этих ситуациях необходимо использовать другие методы лучевой диагностики (МРТ, радиоизотопная диагностика) [15]. Если при КТ главной помехой для визуализации контура опухоли на фоне ателектаза было отсутствие существенного перепада плотности, то при КТА таким отрицательным фактором являются артефакты, которые имелись в 11 случаях из 17. Наиболее часто встречался артефакт высокой концентрации контрастного вещества, для преодоления которого можно порекомендовать использование контрастного вещества с концентрацией йода не более 300 мг/мл.

Выводы.

1. РГ имеет значительные трудности при визуализации опухоли на фоне ателектаза, ввиду чего не может быть использована для оценки опухолевой регрессии.
2. Использование КТ в большинстве случаев (82%) позволяет измерить 1 или 2 размера опухоли, что достаточно для оценки регрессии при химиолучевом лечении. Эффективность КТ для планирования лучевой терапии при раке легкого с ателектазом низкая, визуализация контура опухоли достигается менее чем в половине случаев.
3. КТА показала высокую эффективность (88%) при определении контура опухоли на фоне ателектаза и является необходимым методом визуализации для современного планирования лучевой терапии при раке легкого.

Таблица 1. Количество размеров опухоли, которые можно было измерить при каждом из трех методов визуализации (17 пациентов).

Метод визуализации	Количество размеров		
	0	1	2
РГ	13 (76)*	2 (12)	2 (12)
КТ	3 (18)	4 (24)	10 (58)
КТА	- (0)	1 (6)	16 (94)

* В скобках указаны проценты.

Таблица 2. Визуализация контура опухоли при КТ и КТА (17 пациентов).

Метод визуализации	Визуализация контура		
	Хорошая	Удовлетворительная	Неудовлетворительная
КТ	2 (12)	5 (29)	10 (59)
КТА	7 (41)	8 (47)	2 (12)

Таблица 3. КТ и КТА-симптомы, помогающие в визуализации контура опухоли на фоне ателектаза (17 пациентов).

Симптом	Частота выявления
КТ	
Прямая визуализация опухолевого узла	7 (41)
Использование «печеночного» окна	5 (29)
Неоднородность структуры опухоли	4 (24)
Выбухание контура, в том числе:	14
- истинный симптом	12 (71)
- ложноположительный	2
Контакт с пневматизированной легочной тканью	11 (65)
КТА	
Прямая визуализация опухолевого узла	15 (89)
Симптом ангиограммы, в том числе:	14 (82)
- артериограмма	14
- венограмма	6
Симптом жидкостной бронхограммы	14 (82)
Симптом воздушной бронхограммы	4 (29)

Литература.

1. Тюрин И.Е. Компьютерная томография органов грудной клетки – СПб.: Элбис-СПб, 2003. – С. 278-279.
2. Bowden P., Fisher R., Mac Manus M., et. all. Measurement of lung tumor volumes using three-dimensional computer planning software // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* – 2002. – Vol. 53, N3. – P. 566–573.
3. WHO Handbook for Reporting Results of Cancer Treatment. WHO Offset Publication No. 48 – Geneva, 1979.
4. Therasse P., Arbusk S.G., Eisenhauer E.A, et. all. New Guidelines to Evaluate the Response to Treatment in Solid Tumors // *J. Nat. Cancer Inst.* – 2000. - Vol. 92, N3. – P. 205-216.
5. Onitsuka H, Tsukuda M, Araki A, et.all. Differentiation of central lung tumor from postobstructive lobar collapse by rapid sequence computed tomography // *J. Thorac. Imaging.* – 1991. - Vol. 6, N2. – P. 28-31.
6. Shah RM, Friedman AC. CT angiogram sign: incidence and significance in lobar consolidations evaluated by contrast-enhanced CT // *Am. J. Roentgenol.* – 1998. – Vol. 170, N3. – P. 719-721.
7. Shin MS, Ho KJ. CT fluid bronchogram: observation in postobstructive pulmonary consolidation // *Clin. Imaging.* – 1992. – Vol. 16, N2. – P. 109-113.
8. Web W.R., Higgins C.B. Thoracic Imaging: Pulmonary and Cardiovascular Radiology. Lippincott Williams and Wilkins, 2005.
9. Khoruzhik SA, Ovchinnikov VA, Dovnar OS. Early radiological changes in squamous cell lung carcinoma patients treated with split course radiotherapy as revealed by CT // *Lung Cancer.* – 2000. – Vol. 29 (Suppl 1). – P. 249.
10. TNM Classification of malignant tumours. Sobin LH, Wittekind C. 6 Edition, 2002.
11. Cangir AK, Kutlay H, Akal M, et. al. Prognostic value of tumor size in non-small cell lung cancer larger than five centimeters in diameter // *Lung Cancer.* – 2004. – Vol. 46, N3. – P. 325-331.
12. Pujol JL, Demoly P, Daures JP, et. all. Chest tumor response measurement during lung cancer chemotherapy. Comparison between computed tomography and standard roentgenography // *Am. Rev. Respir. Dis.* – 1992. – Vol. 145, N5. – P. 1149-54.
13. Abratt RP. Modeling tumor and treated lung volume influences in the irradiation of non-small-cell lung cancer patients // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* – 2001. – Vol. 1, N2. – P. 481-485.

14. Гогин Е.Е. Бестужев А.А. К вопросу о причинах и механизмах развития легочных ателектазов, их диагностика и лечение // Терапевтический архив. 1979. - Т. 51, № 4. – С. 22-25.

15. Kurohara A, Fukomoto M, Akagi N , et. all. Diagnosis of Lung Cancer Using Two-Phase Tl-201 SPECT and Modified Retention Image to View Tumor in the Collapsed Lung: Comparison with Bolus CT // Clin. Nucl. Med.1998 Oct; 23(10): 657-63.

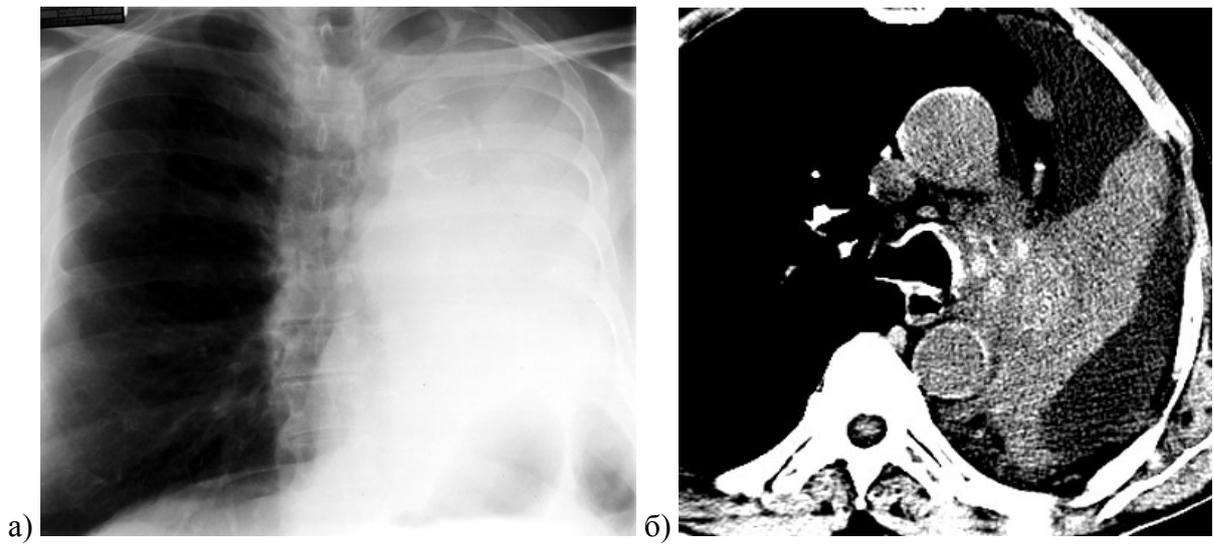


Рис. 1. Рак левого главного бронха с ателектазом легкого. (а) На РГ в прямой проекции ателектаз левого легкого, выраженное отклонение трахеи влево. Опухоль не визуализируется. (б) При КТ в окне аорты определяется опухоль с плотными включениями и гиподенсивным ободком, что позволяет отделить ее от ателектаза.

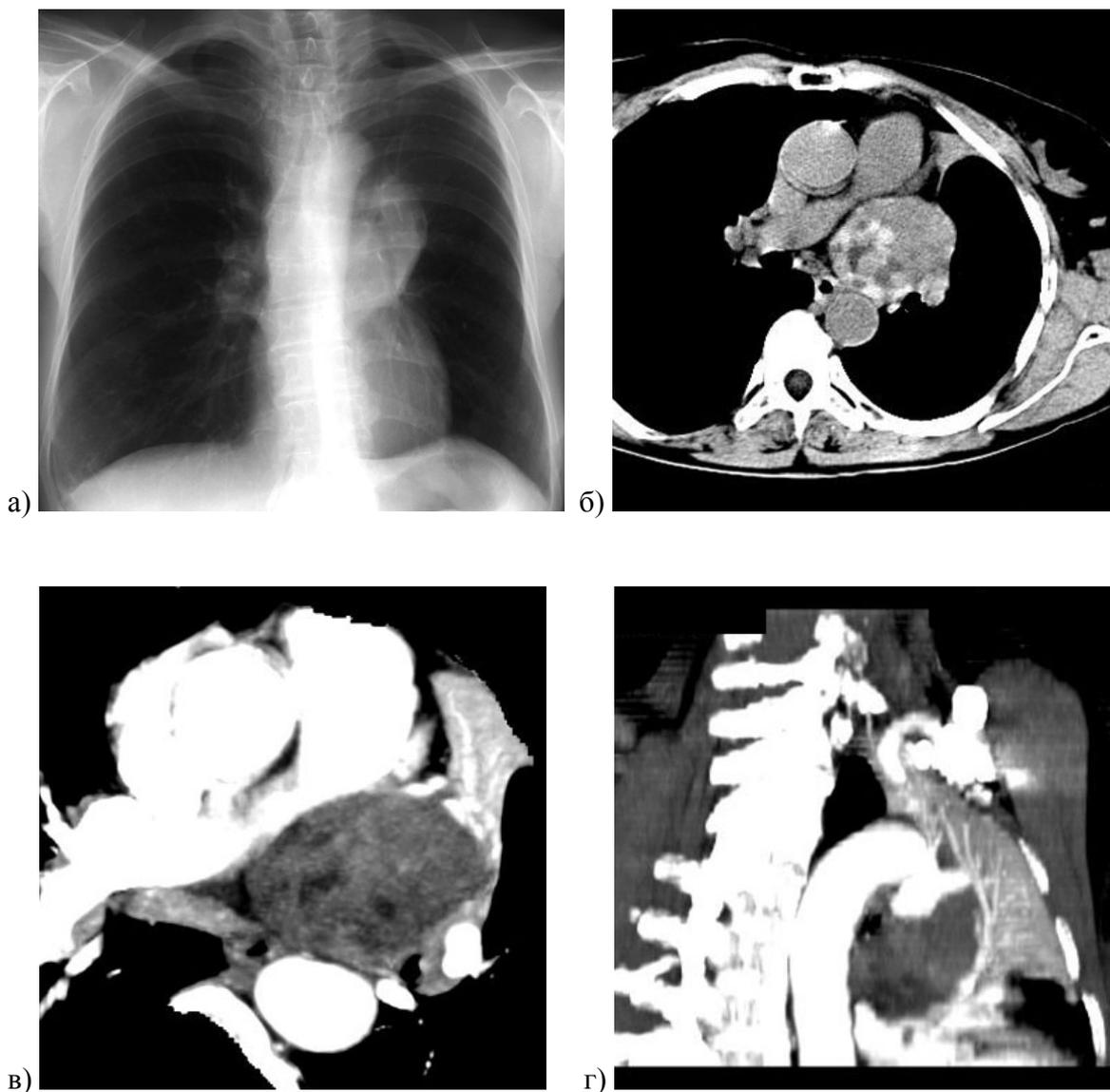


Рис. 2. Цилиндрома с ателектазом верхней доли левого легкого. (а) На РГ в прямой проекции опухоль имеет четкий выбухающий контур, можно измерить верхнее-нижний фронтальный размер опухоли. (б) КТ позволяет лучше изучить внутреннюю структуру опухолевого узла, видны очаги кальцинации и жидкостные участки. (в) При КТА опухоль слабо накапливает контрастное вещество, с гиподенсивными очагами в структуре. Ателектаз более ярко усилился, имеется симптом ангиограммы. (г) На МIP-реконструкции виден венозный компонент симптома ангиограммы: ветви верхней легочной вены по латеральному контуру опухоли нисходят к левому предсердию.

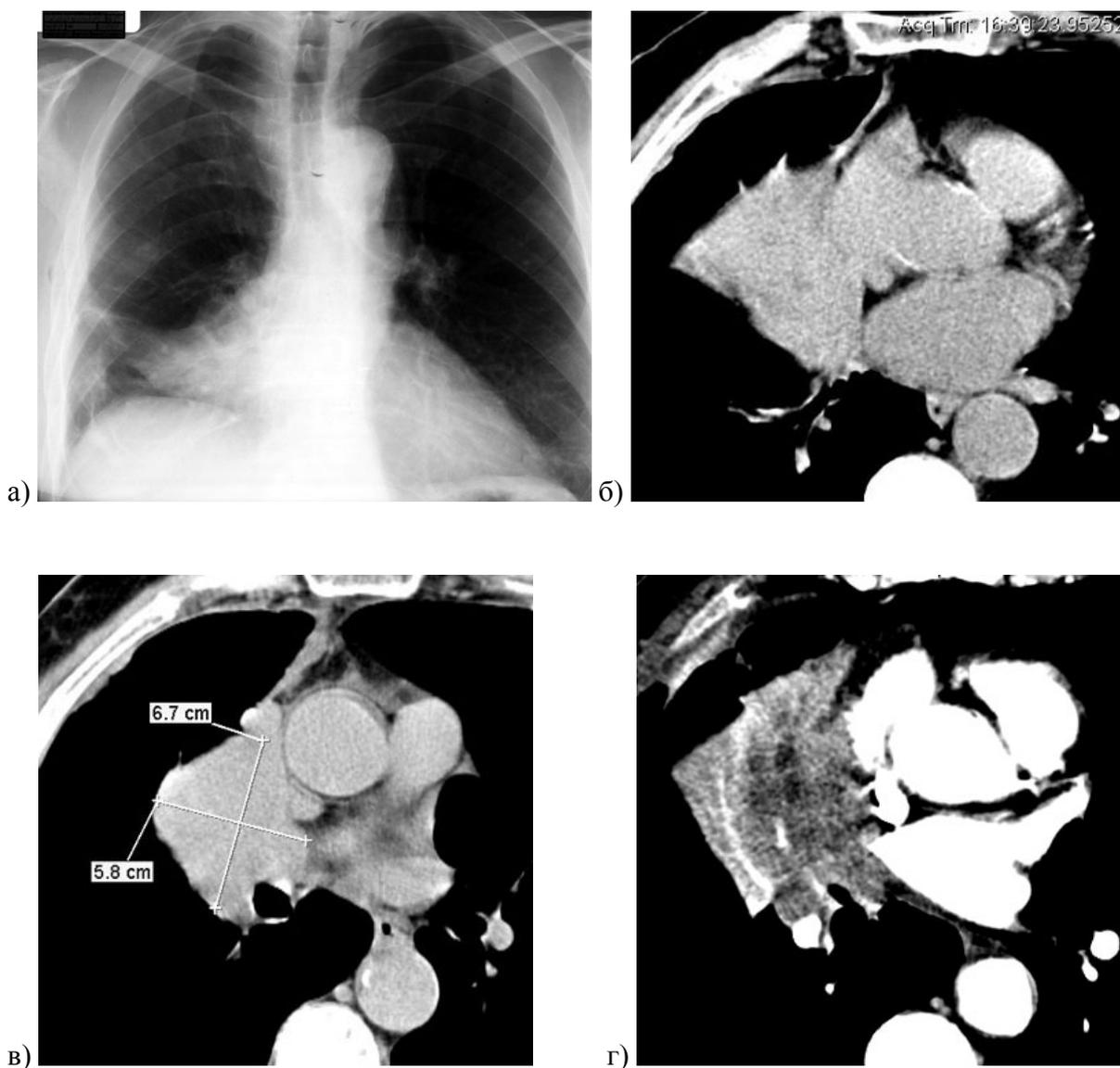


Рис. 3. Рак среднедолевого бронха с ателектазом средней доли. (а) На РГ в прямой проекции определяется ателектаз средней доли без визуализации на его фоне опухолевого узла. (б) На КТ-скане опухолевый узел на фоне ателектаза не виден. (в) КТ-скан на более краниальном уровне. Удаётся измерить 2 размера опухоли, т. к. по латеральному контуру она граничит с пневматизированной легочной тканью. (г) КТА-скан на том же уровне, что и (б). После болюсного внутривенного усиления (100 мл Ультрависта-300) выявляется гиподенсивная опухоль на фоне более яркого ателектаза. ИОУ опухоли 6%, ателектаза - 18%.

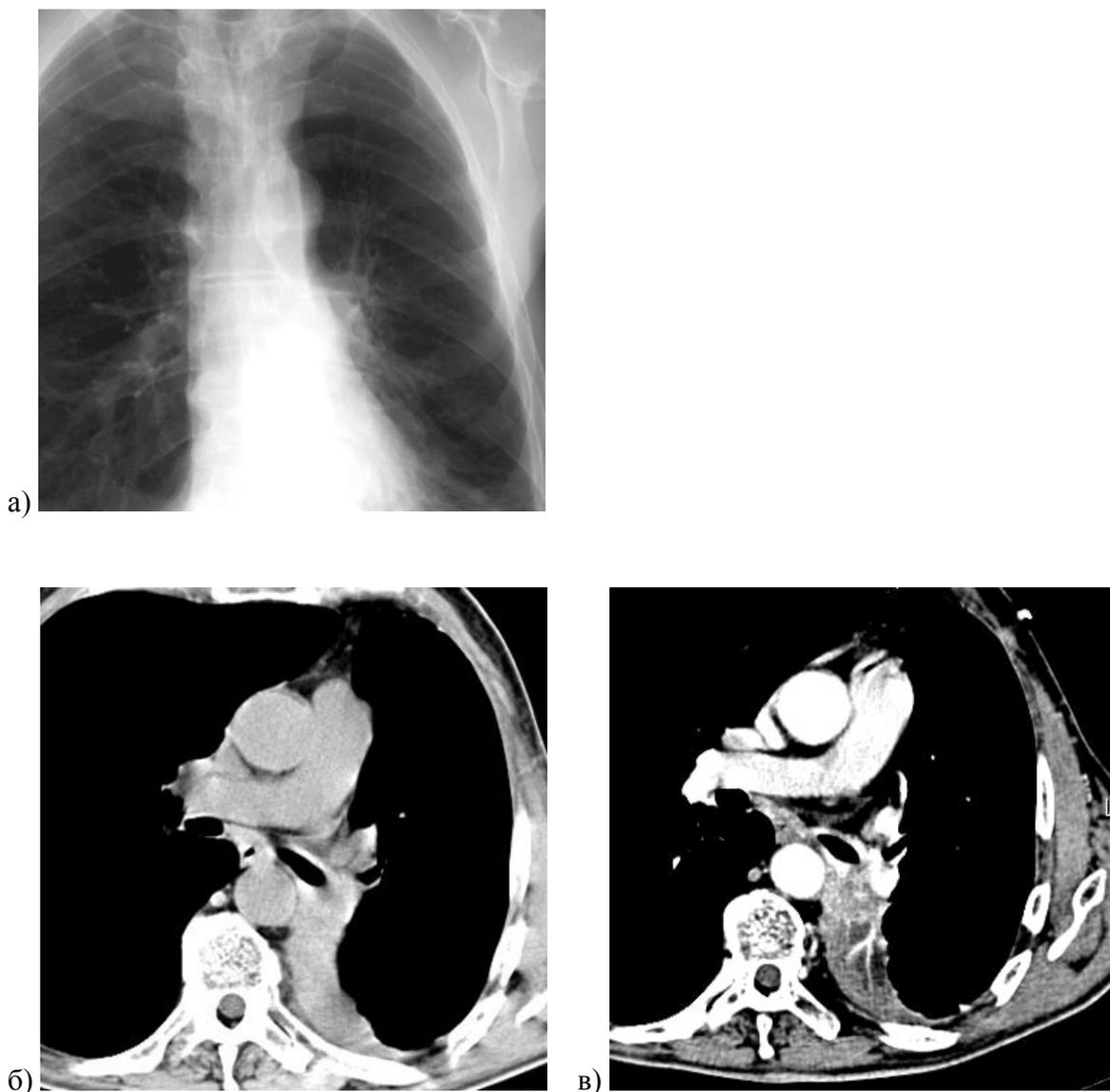


Рис. 4. Рак левого нижнедолевого бронха с ателектазом верхнего сегмента нижней доли. (а) На РГ в прямой проекции виден лишь верхнелатеральный полюс опухоли, измерить ее невозможно. (б) На КТ-скане опухоль от ателектаза не отграничивается. (в) При КТА (введено 100 мл Омнипака-350) видна гиперденсивная опухоль. ИОУ опухоли 25%, ателектаза – 13%. Отделить опухоль от ателектаза также помогают симптомы ангиограммы и жидкостной бронхограммы.

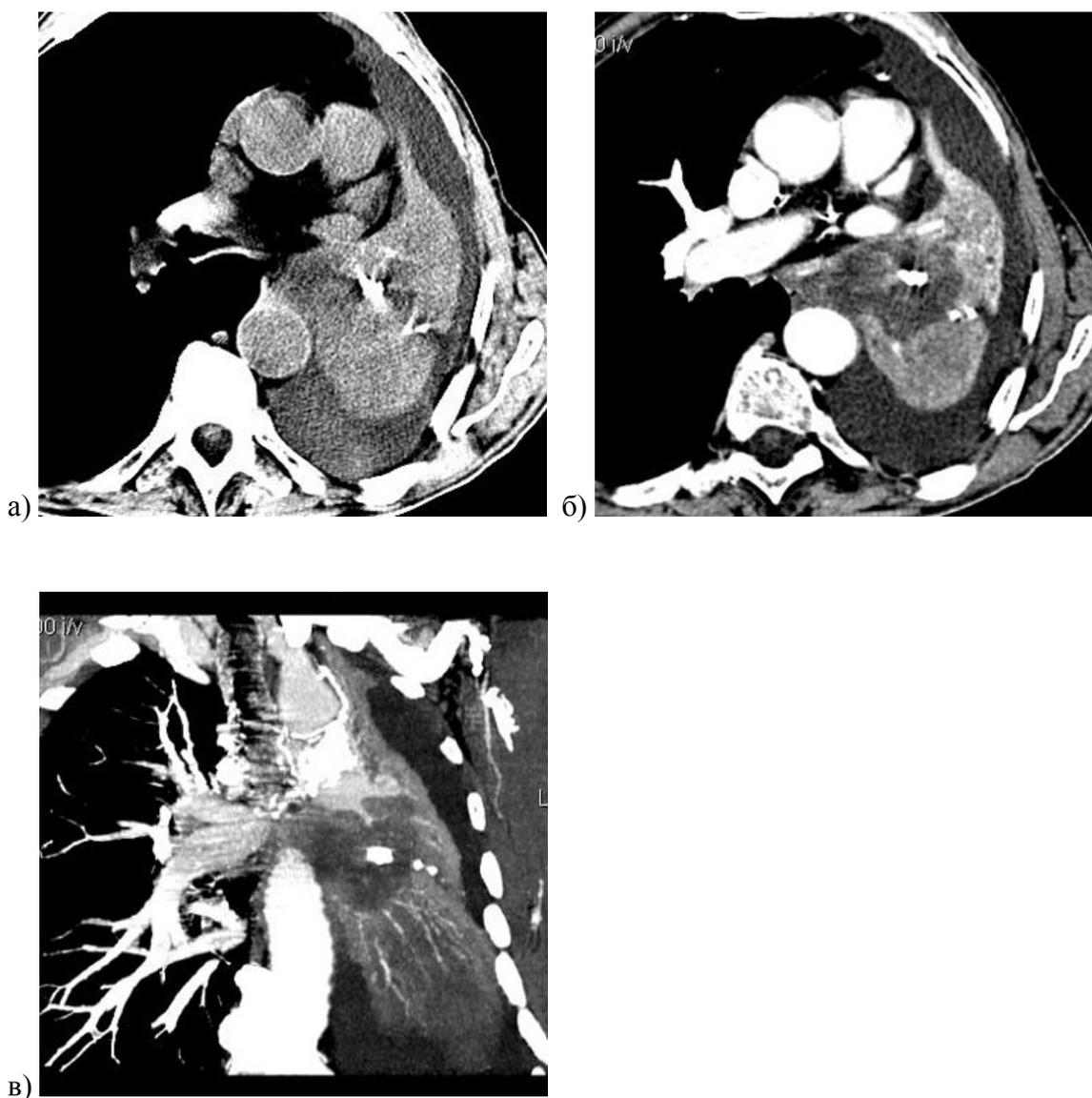


Рис. 5. Рак левого главного бронха с ателектазом легкого. (а) КТ-скан в «печеночном» окне. Визуализация контура опухоли возможна за счет наличия неоднородностей в структуре и более плотного ободка. Имеется симптом выбухания контура опухоли. (б) При КТА визуализация значительно улучшается, виден гиподенсивный узел опухоли. (в) МIP-реконструкция четко демонстрирует симптом ангиограммы в ателектазе с резким обрывом сосудов на границе опухоли и ателектаза.



Рис. 6. Ателектаз средней и нижней долей при раке промежуточного бронха правого легкого. (а) На КТ-скане определяются симптомы выбухания контура и контакта с пневматизированной легочной тканью. Выявляемое узловое образование расценено как опухоль. (б) После контрастного усиления основная часть описанного при КТ образования оказалась ателектазом, в котором видна заполненная жидкостью трубчатая структура - бронх.

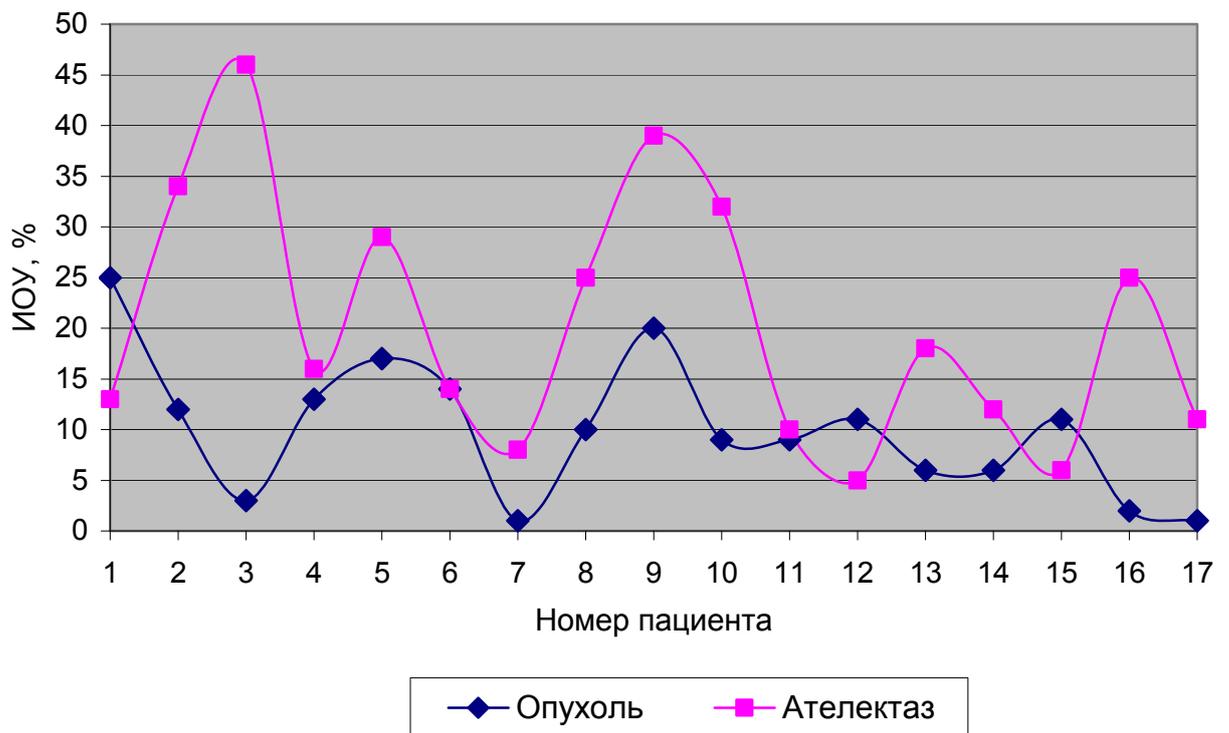


Рис. 7. Индекс относительного усиления опухоли и ателектаза.



Рис. 8. Рак промежуточного бронха с ателектазом средней и нижней долей. (а) При КТА в артериальной фазе имеется выраженный артефакт, обусловленный высокой концентрацией контрастного вещества в верхней полой вене и правом предсердии, разница плотностей опухоли и ателектаза отсутствует. В результате опухоль не визуализируется. (б) В венозной фазе артефакт высокой концентрации контрастного вещества отсутствует, разница плотностей опухоли и ателектаза более 40 ед.Н. Хорошо видна гиподенсивная опухоль.

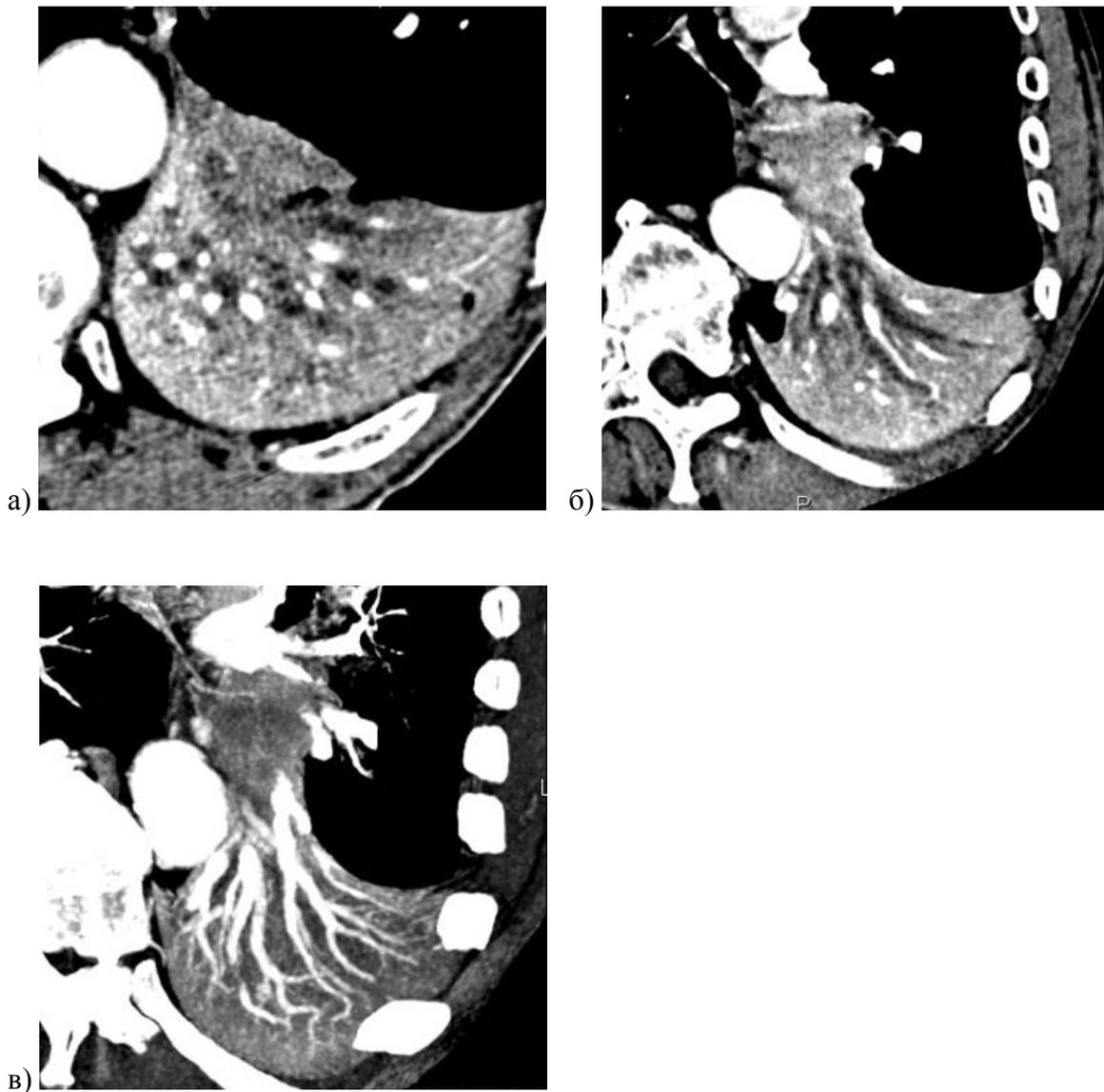


Рис. 9. Рак левого главного бронха с ателектазом нижней доли. (а) На аксиальном КТА-скане видно чередование усиленных легочных сосудов и заполненных жидкостью просветов бронхов. (б) На мультипланарной реконструкции определяются идущие параллельно легочные сосуды и заполненные жидкостью бронхи. В корне имеется опухолевый узел. (в) На MIP-реконструкции хорошо демонстрируется расширение диаметра легочных сосудов.