

Цитирование: Михайлов АН, Хоружик СА, Ковалев ВА. Современные подходы к оценке опухолевой регрессии при лучевой терапии рака легкого // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук. – 2005. – № 3. – С. 111–117.

УДК 616.24-006.6-073.75:615.849(476)

А. Н. МИХАЙЛОВ¹, С. А. ХОРУЖИК^{1,2}, В. А. КОВАЛЕВ³

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОПУХОЛЕВОЙ РЕГРЕССИИ ПРИ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ РАКА ЛЕГКОГО

¹*Белорусская медицинская академия последипломного образования,*

²*Научно-исследовательский институт онкологии и
медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова, Минск, Беларусь*

³*Центр обработки видеосигналов, речи и изображений, Университет Сюррей,
Гилфорд, Великобритания*

По данным Белорусского канцеррегистра заболеваемость злокачественными новообразованиями легкого в РБ составила 44.4 на 100000 жителей в 2003 г., без снижения за последние 10 лет. В структуре онкологической заболеваемости всего населения рак легкого составил 12.2% (4182 случая), у мужчин – 22.4%, занимая первое место. В общей структуре смертности от злокачественных новообразований в РБ рак легкого имеет наибольший по частоте удельный вес (18.3%). Одногодичная летальность также остается самой высокой (58.9%) [1].

Одной из основных проблем рака легкого является позднее выявление. При I и II стадиях заболевания специфичные симптомы могут отсутствовать. Боль является лишь четвертым по частоте симптомом после кашля, одышки и общей слабости. Кашель часто не воспринимается пациентом-курильщиком как что-то особенное. Как результат – около половины пациентов с вновь установленным диагнозом рака легкого не подлежат хирургическому лечению, им проводится химиолучевая терапия.

Современная лучевая терапия (ЛТ) включает этапы планирования, самого лечения и оценки его результатов. Целью ЛТ является максимальное уменьшение объема опухоли, в идеале ее полное исчезновение. Для оценки эффективности ЛТ применяется показатель регрессии опухоли.

Наиболее широко для оценки регрессии рака легкого используется методика ВОЗ [2], при которой на рентгенограммах органов грудной клетки или компьютерных томограммах (КТ) измеряется два максимальных взаимно перпендикулярных размера опухоли до и после лечения и вычисляется их произведение. При исчезновении опухоли говорится о полной регрессии (ПР), при уменьшении произведения двух размеров более, чем на 50% – о частичной регрессии (ЧР), при уменьшении менее, чем на 50% или увеличении до 25% – стабилизации (СЗ), увеличении более 25% – прогрессирующем заболевании (ПЗ).

Вместе с тем, при центральном раке легкого почти у половины больных имеется обтурационный ателектаз, до 35% случаев – обтурационная пневмония, затрудняющие визуализацию и измерение опухоли [3]. У этих пациентов методика ВОЗ может не позволить оценить регрессию.

По методике RECIST [4], выработанной совместно Европейской организацией по изучению и лечению рака и Национальным институтом рака США в 2000 г., для оценки регрессии достаточно одного максимального размера опухоли. Критериями оценки являются: ПР – полное исчезновение, ЧР – уменьшение более 30%, СЗ – уменьшение менее 30% или увеличение до 20%, ПЗ – увеличение более 20%.

Целью данного исследования стало сравнение двух методик оценки регрессии (ВОЗ и RECIST) при ЛТ рака легкого, а также разработка методов улучшения визуализации опухоли на фоне ателектаза.

Материалы и методы. Клинико-рентгенологически изучено 112 больных раком легкого в возрасте от 50 до 79 лет, 106 мужчин и 6 женщины. По гистологическому строению в большинстве случаев имел место плоскоклеточный рак. В 107 случаях опухоль имела центральную, а в 5 – периферическую форму роста.

ЛТ проводилась по методике динамического мультифракционирования дозы с малой сенсибилизирующей дозой и дневным расщеплением (перерыв не менее 6 часов). На первом этапе подводились 28 Гр, разовая очаговая доза составила 4 Гр (0,1 + 1,9 Гр + 0,1 + 1,9 Гр), что изоеквивалентно 40 Гр в режиме традиционного фракционирования. Через 3–4 недели проводился второй этап облучения с разовой очаговой дозой 2 Гр (0,1 + 0,9 Гр + 0,1 + 0,9 Гр), суммарная очаговая доза составила 30 Гр.

Первое КТ-исследование органов грудной клетки осуществлялось до начала лечения. Второе КТ-исследование выполнялась перед началом второго этапа ЛТ. Третье КТ-исследование проводилась в период от 4 до 11 недель после окончания ЛТ. В процессе каждого исследования делалась попытка измерить два наибольших перпендикулярных размера опухоли. Для оценки регрессии использовались критерии ВОЗ и RECIST.

17 пациентам с ателектазом того или иного отдела легкого, затруднявшим измерение опухоли при обычном КТ-исследовании, выполнена КТ-ангиография (КТА). Методика КТА заключалась в следующем. В локтевую вену автоматическим иньектором вводили 100-160 мл неионного контрастного вещества с концентрацией йода 300, 350 или 370 мг/мл со скоростью 2–4 мл/с. Сканирование начинали при достижении пика контрастного усиления на аорте, для чего использовалась программа автоматического слежения болюса. 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. При КТА определяли следующие параметры контрастного усиления: плотность опухоли и ателектаза до и после контрастирования в единицах Хаунсфилда (ед. Н); контрастное усиление в опухоли, ателектазе, на аорте, т. е. разницу плотностей после и до контрастирования; индекс относительного контрастного усиления (ИОКУ) как соотношение контрастного усиления (КУ) в опухоли или ателектазе и на аорте, приведенное к 100%.

$$\text{ИОКУ}_{\text{опухоли}} = \left(\frac{\text{КУ}_{\text{опухоли}}}{\text{КУ}_{\text{аорты}}} \right) \cdot 100.$$

КТ-изображения 8 пациентов с центральным раком легкого и ателектазом подвергнуты математическому анализу с целью выявления невидимых на глаз различий между участками ателектаза и опухоли. Участки ателектаза и опухоли выделяли на каждом КТ-изображении каждого пациента путем ручного сегментирования в «печеночном окне»: ширина окна 150 ед. Н, центр 10 ед. Н [5]. Различия плотностных характеристик опухоли и ателектаза сравнивали с помощью трех различных методов классификации вокселей изображений: иерархическая кластеризация, метод опорных векторов и метод случайного леса. Методика сравнения заключалась в формировании двух выборок одинакового размера, состоящих из случайно взятых вокселей ателектаза и опухоли, и последующей оценки степени различия плотностей в зависимости от размера выборки.

Результаты и их обсуждение. ЛТ проведена 87 пациентам. Нарушение вентиляции того или иного отдела легкого до начала лечения было у 46 из них (53%). 44 пациентам выполнена компьютерная томография органов грудной клетки до начала ЛТ и перед ее вторым этапом (первая группа), 40 пациентам – до начала и после окончания полного курса ЛТ (вторая группа). В первой группе опухоль нельзя было измерить на КТ-сканах по причине ателектаза в 17 случаях, еще в 3 она не визуализировалась вследствие

эндобронхиального роста. Во второй группе опухоль была неизмерима в 8 и 2 случаях соответственно. Следовательно, опухоль можно было измерить у 24 пациентов первой и 30 пациентов второй группы. У них была оценена регрессия с использованием критериев ВОЗ и RECIST. Результаты представлены в табл. 1.

В первой группе результаты оценки регрессии по методике ВОЗ и RECIST разошлись лишь в 1 случае, во второй группе – в 3 случаях: в одном по методике ВОЗ имела место стабилизация, а по методике RECIST – частичная регрессия, в 2 случаях по методике ВОЗ – частичная регрессия, а по методике RECIST – стабилизация.

Таким образом, критерии ВОЗ и RECIST практически равноценны для оценки регрессии при лучевой терапии рака легкого. Основной причиной, затрудняющей оценку регрессии опухоли, является ателектаз.

У 17 пациентов нами изучены возможности компьютерной томографии с болюсным внутривенным усилением (КТ-ангиографии) для улучшения визуализации контура опухоли на фоне ателектаза. Денситометрия КТ-изображений показала, что до контрастирования плотность опухоли составила 37.6 ± 7.99 ед. Н и достоверно не отличалась от плотности ателектаза 36.7 ± 7.03 ед. Н (рис. 1 а). После болюсного внутривенного усиления плотность опухоли повышалась до 56.65 ± 13.48 ед. Н, плотность ателектаза до 77.76 ± 27.29 ед. Н и становилась достоверно выше плотности опухоли ($P < 0,01$). Контрастное усиление опухоли составило 2–40 ед. Н, в среднем 19 ± 11.52 ед. Н, контрастное усиление ателектаза было 10–107 ед. Н, в среднем 40.47 ± 26.93 ед. Н ($P < 0,01$).

Рассчитаны индексы относительного контрастного усиления опухоли и ателектаза для каждого пациента (рис. 2). ИОКУ опухоли варьировал от 1 до 25% (в среднем 10%), ателектаза от 5 до 46% (в среднем 20%). У большинства пациентов ИОКУ ателектаза был больше, чем опухоли, что соответствует большей степени васкуляризации ателектаза. При этом опухоль оказывалась гиподенсивной по отношению к ателектазу (рис. 1 б). Лишь в 3 случаях ИОКУ опухоли был выше, чем ателектаза (опухоль гиперденсивна по отношению к ателектазу). В обоих случаях повышалась разность плотностей опухоли и ателектаза, что позволило измерить один или два размера опухоли у всех пациентов, причем два размера – в 16 (94%) случаях из 17. Необходимо отметить, что на КТ-сканах до контрастного усиления два размера опухоли можно было измерить только у 10 из 17 пациентов (58%), один размер у 4 (24%) и ни одного у 3 (18%). Возможности измерения опухоли при КТ до и после болюсного внутривенного усиления показаны в табл. 2.

Помимо изучения плотностных, или количественных, характеристик КТА-изображения были подвергнуты качественному анализу, при котором выявлены специфические симптомы, помогающие в визуализации опухоли на фоне ателектаза: симптом прямой визуализации опухолевого узла, симптом жидкостной бронхограммы, симптом ангиограммы, симптом воздушной бронхограммы.

Симптом прямой визуализации опухолевого узла обусловлен различием контрастного усиления в опухоли и ателектазе. Данный симптом оценивался нами по трехуровневой шкале:

— хорошая визуализация опухоли – четкое ограничение опухоли от ателектаза на всех сканах;

— удовлетворительная – опухоль видна на большинстве сканов, визуализация затруднена недостаточной разницей плотностей опухоли и ателектаза либо наличием артефактов;

— неудовлетворительная – опухоль практически не видна вследствие недостаточной разницы плотностей опухоли и ателектаза или других причин.

Хорошая визуализация была достигнута в 7 случаях, удовлетворительная в 8, неудовлетворительная в 2. Среди причин, ухудшающих визуализацию, были артефакты (11 случаев) и недостаточная разница плотностей опухоли и ателектаза (2 случая). Чаще

всего встречались артефакт высокой концентрации контрастного вещества в верхней полой вене и камерах сердца (8 случаев) и артефакт сердечной пульсации (7 случаев).

Симптом КТ-ангиограммы, означающий визуализацию нормальных легочных сосудов на фоне ателектаза, выявлен у 14 из 17 пациентов (82%). В 14 случаях в ателектазе были видны ветви легочной артерии, в 6 – легочных вен. Опухолевые сосуды на КТА-сканах не визуализировались. Важное диагностическое значение имеет резкий обрыв легочных сосудов на границе опухоли и ателектаза, что помогает визуализировать контур опухоли даже при недостаточной разнице плотностей между ней и ателектазом.

Симптом жидкостной бронхограммы, т. е. визуализация на фоне ателектаза заполненных жидкостью просветов бронхов, выявлен у 14 пациентов (82%). В 11 случаях симптомы ангиограммы и жидкостной бронхограммы определялись одновременно (рис. 3) и лишь в одном случае – ни одного из них.

Симптом воздушной бронхограммы встретился в нашем исследовании в 4 случаях (29%). По нашему мнению он менее информативен, поскольку воздух перемещается в просветах бронхов в зависимости от положения тела пациента. В результате не наблюдается обрыва бронхов на границе опухоли и ателектаза. Все выявленные при КТА симптомы представлены в табл. 3.

Таким образом, внутривенное контрастное усиление по описанной методике в большинстве случаев решает проблему визуализации и измерения опухоли на фоне ателектаза легкого и, как следствие, делает возможным оценку ее регрессии после лучевой терапии. Вместе с тем, КТ-ангиография является специальным исследованием, поскольку требует наличия современного спирального КТ-сканера, автоматического инъектора и внутривенного введения контрастного вещества в объеме не менее 80–100 мл. Стоимость только расходных материалов составляет 120–150 долларов США из расчета на одно исследование. Кроме этого, существует риск развития побочных реакций на внутривенное введение йодсодержащего препарата. Развитие методов анализа нативных, т. е. полученных без использования контрастного усиления, КТ-изображений в этом смысле является крайне необходимым.

Нами изучены возможности математических методов анализа нативных КТ-изображений для разделения участков ателектаза и опухоли у 8 пациентов. Размер вокселя изображения составлял около 0.68 мм в аксиальной плоскости при толщине среза 7 мм. Результаты, представленные на рис. 4, демонстрируют точность классификации в зависимости от размера выборки вокселей и от пациента. В частности, при выборке 900 (30x30) вокселей точность каждого из трех методов приближается к 100%. Учитывая, что аксиальный размер вокселя равен 0.68 мм и точность сегментации не может превышать половины размера «скользящего окна», минимальная ошибка разделения опухоли и ателектаза составит $30 \times 0.68 / 2 = 1$ см, что слишком много для решения клинических задач. При 90% точности распознавания в случае использования классификатора случайного леса минимально необходимый размер окна изображения будет равен 64 (8x8) вокселям (кроме пациента 7), в то время как для методов иерархической кластеризации и опорных векторов заданная точность достигается только при 400 и 225 вокселях соответственно. Следовательно, использование метода случайного леса представляется наиболее перспективным, размер «скользящего окна» при этом составит всего 2.72 мм.

Потенциально, пространственная точность сегментации может быть значительно повышена при увеличении разрешения КТ изображений в аксиальной плоскости за счет уменьшения поля сканирования или реконструкции, а также за счет перехода к трехмерному скользящему окну, что возможно при уменьшении толщины среза до величины близкой к аксиальному размеру вокселя.

Регрессия опухоли при лучевой терапии рака легкого является одним из основных критериев эффективности лечения. Исходные (до лечения) размеры опухоли сравнивают с размерами после лечения и вычисляют степень опухолевой регрессии. При этом ошибки измерения могут привести к серьезным расхождениям в оценке ответа. В частности,

использование одной лишь рентгенографии привело к неверной оценке регрессии опухоли у 22.5% пациентов в сравнении с использованием КТ. Наибольшие сложности для измерения опухоли на рентгенограммах были связаны с наличием ателектаза и плеврита [6].

После проведения лучевой терапии визуализация остаточной опухоли может еще более ухудшиться вследствие развития постлучевых изменений в легких – лучевого пневмонита и фиброза. Поэтому преимущество в оценке регрессии отдается компьютерной томографии.

В последние годы роль компьютерной томографии возрастет на всех этапах лучевой терапии. Использование КТ для стадирования рака легкого до начала лечения нашло широкое освещение в литературе [3, 7, 8]. Спиральная компьютерная томография лежит в основе трехмерного планирования конформной и модулированной по интенсивности лучевой терапии [9]. Новая роль КТ для оценки регрессии опухоли нашла отражение в разработанных ведущими международными противораковыми организациями в 2000 г. критериях RECIST. В частности, при раке легкого использование рентгенографии допускается только в том случае, если опухоль четко видна на рентгенограмме и окружена воздушной легочной тканью. Во всех остальных случаях для оценки регрессии должна использоваться КТ [4].

Наибольшие сложности для оценки регрессии рака легкого при КТ вызывает наличие ателектаза, который в нашем исследовании присутствовал в 53% случаев. Он не позволил измерить опухоль у 17 (38%) пациентов первой группы и 8 (20%) пациентов второй группы. По критериям ВОЗ точно оценить регрессию в этих случаях невозможно, так как необходимо знать два максимальных взаимно перпендикулярных размера опухоли.

По критериям RECIST для оценки регрессии достаточно одного максимального размера. В группе 17 пациентов с ателектазом два размера опухоли можно было измерить на КТ-сканах у 10 человек (58%), а один размер у 14 (82%). Таким образом, использование критериев RECIST позволяет оценить регрессию у несколько большего (на 24%) числа пациентов, чем критерии ВОЗ. Вместе с тем, на фоне ателектаза границы опухоли четко не видны, поэтому нет гарантии, что измеренный размер является максимальным. Следовательно, желательно четко видеть контур опухоли на всех сканах.

По данным [6], измеримость опухоли при ателектазе повышается до 83% при использовании КТ с внутривенным усилением. В нашем исследовании применена методика КТ-ангиографии, которая позволила определить два размера опухоли на фоне ателектаза в 94% случаев, один размер – у всех пациентов. Полученный нами лучший результат объясняется усовершенствованной методикой исследования: болюсное (со скоростью 2–3 мл/с) введения препарата (в работе [6] 1 мл/с), что позволяет достигнуть лучшего пика контрастного усиления в ателектазе, и сканирование тонкими (1.25 мм) срезами, что улучшает пространственную разрешающую способность.

Редкой причиной, затрудняющей измерение опухоли, была ее плохая визуализация из-за эндобронхиального роста, когда ни одни, ни вторые критерии регрессии применить нельзя. В этом случае необходимы другие критерии и методы визуализации с большей разрешающей способностью.

Сравнение критериев ВОЗ и RECIST показало совпадение оценки регрессии опухоли в большинстве случаев. Полная регрессия и прогрессирование обеими методиками оцениваются одинаково. Небольшие расхождения (не более 10% случаев) возникают только при оценке стабилизации и частичной регрессии. Поскольку критерии ВОЗ используют для оценки регрессии два размера, а критерии RECIST только один, расхождения можно объяснить следующим образом. Под влиянием лучевой терапии опухоль уменьшается неравномерно. Например, если максимальный размер опухоли уменьшится меньше, чем перпендикулярный ему меньший размер, то критерии RECIST могут показать стабилизацию, в то время как критерии ВОЗ частичную регрессию.

Отсюда можно предположить, что вычисление истинного трехмерного объема опухоли до и после лечения может дать более адекватную оценку уменьшения опухолевой массы, чем используемые в настоящее время двухмерные измерения.

Таким образом, мы предлагаем следующий комплексный подход к оценке регрессии опухоли при раке легкого: если можно измерить на КТ-сканах два максимальных взаимно перпендикулярных размера опухоли, используется методика ВОЗ; если удастся измерить только один размер, тогда применяется методика RECIST; если нельзя измерить ни одного размера опухоли из-за ателектаза, следует применить методику КТ-ангиографии. Перспективным на наш взгляд является развитие методов математического анализа КТ-изображений. При стандартной методике КТ-сканирования, заключающейся в получении срезов 7 мм толщины без использования внутривенного контрастирования, погрешность разделения участков опухоли и ателектаза при использовании наиболее современных методов классификации может составить 2.72 мм.

А. Н. МИХАЙЛОВ¹, С. А. ХОРУЖИК^{1,2}, В. А. КОВАЛЕВ³

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОПУХОЛЕВОЙ РЕГРЕССИИ ПРИ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ РАКА ЛЕГКОГО

¹*Белорусская медицинская академия последипломного образования,*

²*Научно-исследовательский институт онкологии и*

медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова, Минск, Беларусь

³*Центр обработки видеосигналов, речи и изображений, Университет Суррей,*

Гилфорд, Великобритания

Резюме

Клинико-рентгенологически изучено 112 больных раком легкого, которым выполнялись повторные КТ-исследования органов грудной клетки. Изучены возможности двух методик оценки регрессии опухоли после лучевой терапии. В 20-38% случаев оценка была затруднена вследствие наличия ателектаза. КТ-ангиография позволила оценить регрессию у всех пациентов. Предложен комплексный подход к оценке регрессии опухоли на основе использования обеих методик, а при ателектазе – КТ-ангиографии. Показана перспективность развития методов математического анализа КТ-изображений для разделения участков опухоли и ателектаза.

A. N. MIKHAILOV¹, S. A. KHORUZHNIK^{1,2}, V. A. KOVALEV³.

MODERN APPROACHES TO ESTIMATION OF TUMOUR REGRESSION IN LUNG CANCER TREATED WITH RADIOTHERAPY

¹*Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education, Minsk, Belarus*

²*N. N. Alexandrov Research Institute of Oncology and Medical Radiology, Minsk,
Belarus*

³*Centre for Vision Speech, and Signal Processing, University of Surrey,
Guildford, United Kingdom*

Summary

Serial chest CT examinations were done in 112 patients with lung cancer. Possibilities of two techniques to estimate the tumour regression after radiotherapy were studied. In 20-38% of cases evaluation was hampered by atelectasis. CT-angiography allowed estimating tumour regression in all the patients. A new approach for tumour regression estimation is suggested which combines both techniques and CT-angiography in case of atelectasis. Perceptiveness for development of CT images mathematical analysis techniques for separating tumour and atelectasis is drawn.

Литература

1. П о л я к о в С. М., М о щ и к К. В., Л е в и н Л. Ф. Злокачественные новообразования в Беларуси 1994–2003. / Под ред. А. А. Граковича, И. В. Залуцкого. Мн., 2004.
2. WHO Handbook for Reporting Results of Cancer Treatment. Geneva, 1979.
3. W e b W. R., H i g g i n s C. B. Thoracic Imaging: Pulmonary and Cardiovascular Radiology. Lippincott Williams and Wilkins. 2005.
4. T h e r a s s e P., A r b u c k S. G., E i s e n h a u e r E. A. // J. Natl. Cancer Inst. 2000. Vol. 92, N 3. P. 205–216.
5. B o w d e n P., F i s h e r R., M a c M a n u s M. // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 2002. Vol. 53, N 3. P. 566–573.
6. P u j o l J. L., D e m o l y P., D a u r e s J. P. // Am. Rev. Respir. Dis. 1992. Vol. 145, N 5. P. 1149–1154.
7. T r u o n g M. T., M u n d e n R. F., M o v s a s B. // J. Am. Coll. Radiol. 2004. Vol. 1, N 12. P. 957–964.
8. Т ю р и н И. Е. Компьютерная томография органов грудной клетки. СПб., 2003.
9. The modern technology of radiation oncology. A compendium for medical physicists and radiation oncologists. / Eds. Jacob Van Dvk. Madison, Wisconsin, 1999.

Авторы.

Михайлов А. Н.

Академик Национальной академии наук Беларуси, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ГВУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования», 220714 Минск-13, ул. П. Бровки, 3. Тел./факс: (017) 202 16 56.

Хоружик С. А.

(а) ГУ «НИИ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова», П/о Лесной-2, 223040 Минск. Тел.: (017) 22 42 02, моб. т. 765 00 48. e-mail: skhoruzhik@nld.by

(б) Кафедра лучевой диагностики, ГВУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования», 220714 Минск-13, ул. П. Бровки, 3.

Ковалев В. А.

Centre for Vision Speech, and Signal Processing, University of Surrey, Guildford, Surrey GU2 7XH, United Kingdom. Tel: +44 1483 68 6033, FAX: +44 1483 68 6031, e-mail: v.kovalev@surrey.ac.uk

Таблица 1. Сравнение параметров регрессии опухоли, полученных с помощью критериев ВОЗ и RECIST

Группы пациентов	Критерии оценки регрессии	ПР	ЧР	СЗ	ПЗ
После 1-го этапа ЛТ (24 пациента)	ВОЗ	3	6	15	0
	RECIST	3	5	16	0
После двух этапов ЛТ (30 пациентов)	ВОЗ	6	10	14	0
	RECIST	6	9	15	0

Таблица 2. Количество размеров опухоли, которые можно было измерить при КТ и КТА (17 пациентов)

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

* В скобках указаны проценты.

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

Симптом	Частота выявления
Прямая визуализация опухолевого узла (хорошая и удовлетворительная)	15 (89)*
Симптом ангиограммы	14 (82)
Симптом жидкостной бронхограммы	14 (82)
Симптом воздушной бронхограммы	4 (29)

* В скобках указаны проценты.

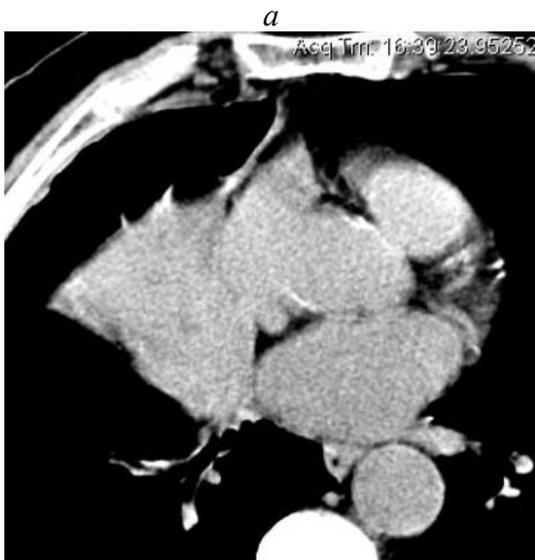


Рис. 1. Рак среднедолевого бронха с ателектазом средней доли. *a*. На КТ-скане опухолевый узел на фоне ателектаза не виден. *б*. После болюсного внутривенного усиления выявляется гиподенсивная опухоль на фоне более яркого ателектаза. ИОКУ опухоли 6%, ателектаза – 18%

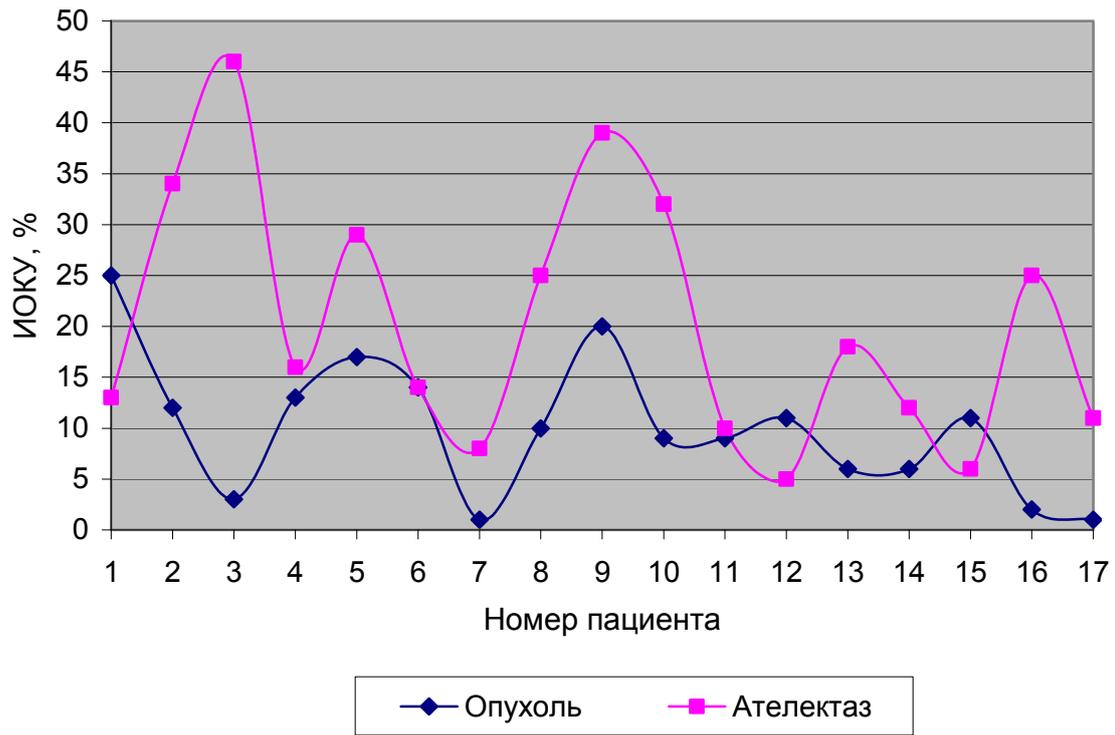


Рис. 2. Индекс относительного контрастного усиления опухоли и ателектаза

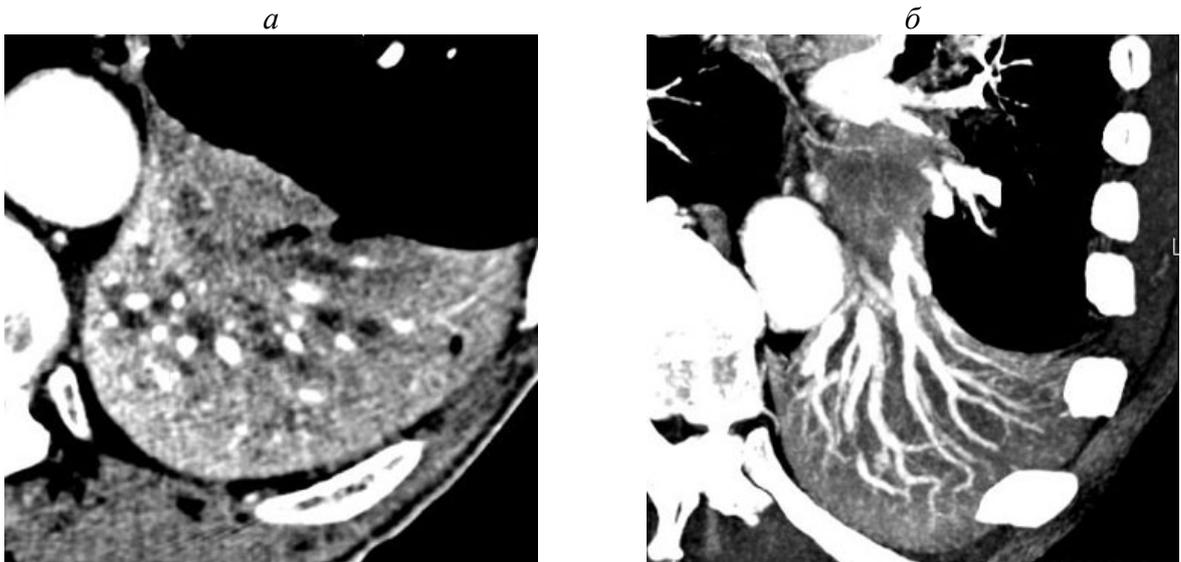


Рис. 3. Рак левого главного бронха с ателектазом нижней доли. *а*. На аксиальном КТА-скане в ателектазе видны поперечные сечения легочных сосудов (симптом ангиограммы) и заполненные жидкостью просветы бронхов (симптом бронхограммы). *б*. На реконструкции в ателектазе определяются легочные сосуды в продольном сечении

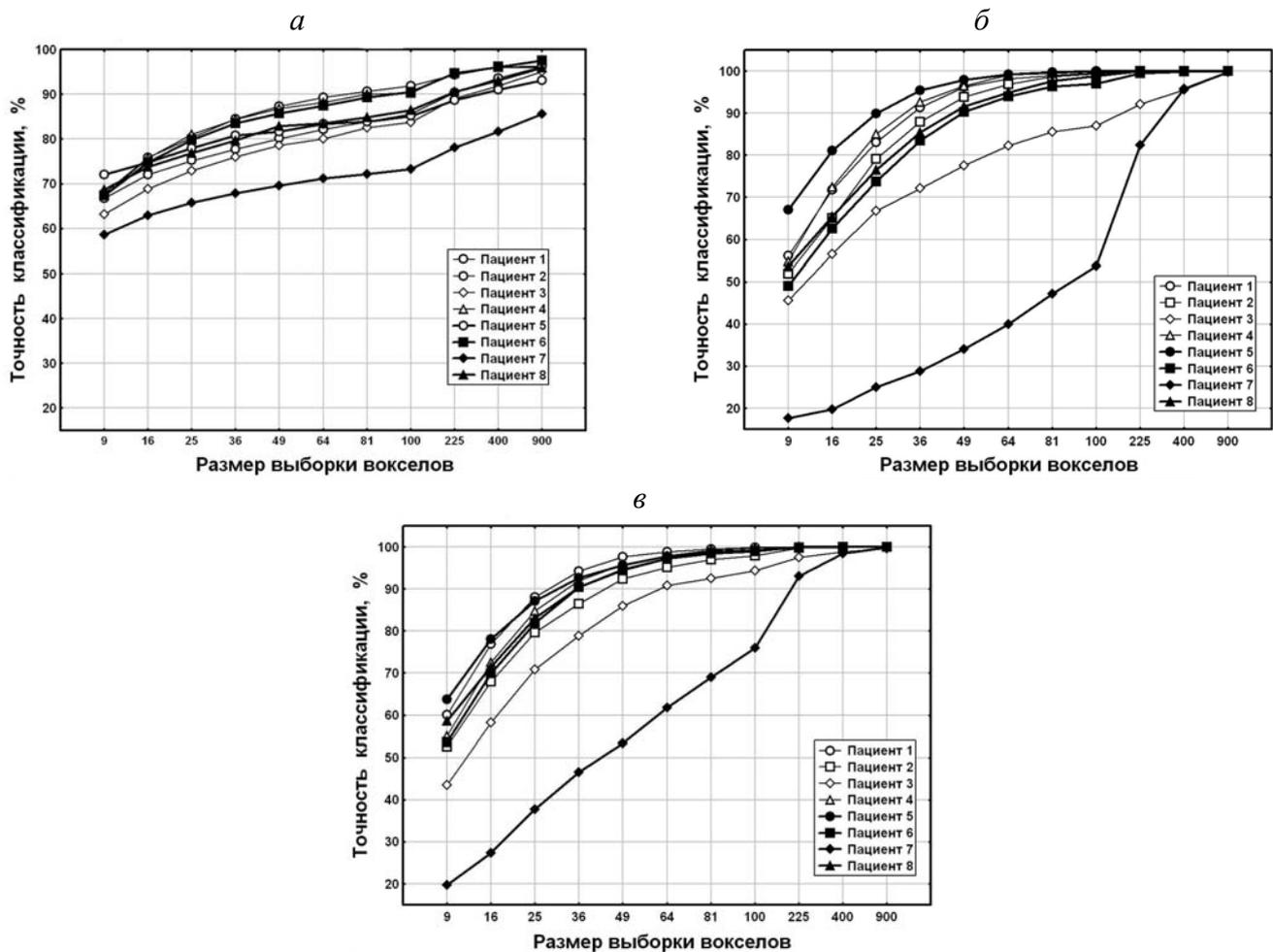


Рис. 4. Точность классификации выборок вокселей, взятых случайным образом с участков ателектаза и опухоли как функция размера выборки при использовании методов иерархической кластеризации (*a*), опорных векторов (*б*) и случайного леса (*в*)

РЕФЕРАТ

УДК 616.24-006.6-073.75:615.849(476)

Михайлов А. Н., Хоружик С. А., Ковалев В. А. Современные подходы к оценке опухолевой регрессии при лучевой терапии рака легкого // Весці НАН Беларусі. Сер. мед. навук. 2005. № 3. С.

Клинико-рентгенологически изучено 112 больных раком легкого, которым выполнялись повторные КТ-исследования органов грудной клетки. Изучены возможности двух методик оценки регрессии опухоли после лучевой терапии. По методике ВОЗ необходимо определить два максимальных взаимно перпендикулярных размера опухоли до и после лечения. При этом в 20–38% случаев оценка регрессии затруднена вследствие наличия ателектаза. По методике RECIST достаточно одного максимального размера опухоли. При ателектазе методика ВОЗ эффективна в 58% случаев, а методика RECIST в 82%. Использование внутривенного болюсного контрастного усиления (КТ-ангиографии) при ателектазе позволяет оценить регрессию у всех пациентов. Предложен комплексный подход к оценке регрессии опухоли с использованием методик ВОЗ и RECIST, а при ателектазе – КТ-ангиографии. Показана перспективность развития методов математического анализа КТ-изображений для разделения участков опухоли и ателектаза.

Табл. 3. Ил. 4. Библиогр. – 9 назв.