

УДК 616.24-006-079.4-073.756.8

DOI 10.20538/1682-0363-2016-5-39-55

Для цитирования: Колмогоров В.Г., Коновалов В.К., Леонов С.Л., Лобанов М.Н. Роль прицельных 3D-реконструкций при анализе качественных характеристик поверхности шаровидных образований легких. *Бюллетень сибирской медицины*. 2016; 15 (5): 39–55

Роль прицельных 3D-реконструкций при анализе качественных характеристик поверхности шаровидных образований легких

Колмогоров В.Г.¹, Коновалов В.К.², Леонов С.Л.³, Лобанов М.Н.⁴

¹ *Диагностический центр Алтайского края
Россия, 656038, г. Барнаул, Комсомольский пр., 75а*

² *Алтайский государственный медицинский университет
Россия, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 40*

³ *Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
Россия, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46*

⁴ *Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования
Россия, 656045, г. Барнаул, ул. Ляпидевского, 1/3*

РЕЗЮМЕ

Цель. Повышение точности лучевой диагностики шаровидных образований легких (ШОЛ) путем разработки компьютерно-томографической семиотики качественных характеристик их поверхности и состояния окружающих бронхов с применением прицельных 3D-реконструкций.

Материал и методы. Обследовано 560 пациентов с ШОЛ в возрасте 3–89 лет. Прицельная 3D-реконструкция осуществлялась с использованием опции программы 3D Fly Through (Toshiba Medical Systems, Япония), при которой исключали ткани, окружающие ШОЛ на расстоянии 5–10 мм от наружных границ. ШОЛ вписывали в объем куба. При первичном центральном и периферическом раке легкого определялось преобладание количества больных с выражено шероховатой поверхностью ШОЛ над слабо шероховатой поверхностью. При инфильтративном туберкулезе, пневмонии, эхинококке, ретенционных кистах определялось преобладание количества больных со слабо шероховатой поверхностью ШОЛ над выражено шероховатой поверхностью. При единичных метастазах рака, единичных и множественных туберкуломах определялось преобладание количества больных с неравномерно гладкой поверхностью ШОЛ над равномерно гладкой поверхностью. При множественных метастазах рака, очаговом туберкулезе, цистицеркозе определялось преобладание количества больных с равномерно гладкой поверхностью ШОЛ над неравномерно гладкой поверхностью. При доброкачественных опухолях, эозинофильном инфильтрате, гамартохондроме, аспергилломе, хроническом абсцессе, внутрилегочной гематоме не определялось различий между количеством больных с равномерно гладкой поверхностью ШОЛ и неравномерно гладкой поверхностью. При первичном раке легкого, единичных и множественных туберкуломах, эхинококке, цистицеркозе определялось преобладание количества больных с выражено деформированными бронхами, окружающими ШОЛ, над умеренно деформированными бронхами. При инфильтративном и очаговом туберкулезе определялось преобладание количества больных с умеренно деформированными бронхами, окружающими ШОЛ, над выражено деформированными бронхами.

Результаты. При пневмонии, доброкачественных опухолях, ретенционных кистах, гамартохондромах, аспергилломах, хронических абсцессах, внутрилегочной гематоме не определялось различий между

✉ Колмогоров Владимир Геннадьевич, e-mail: vkolmogorov@dca.ru

количеством больных с выражено деформированными бронхами, окружающими ШОЛ, и умеренно деформированными бронхами. У больных с единичными и множественными метастазами, эозинофильным инфильтратом бронхи, окружающие ШОЛ, не были изменены. Необходима разработка программного обеспечения, позволяющего количественно характеризовать поверхность ШОЛ и степень деформации окружающих бронхов.

Ключевые слова: шаровидные образования легких, мультиспиральная компьютерная томография, 3D-реконструкция, поверхность шаровидных образований легких.

ВВЕДЕНИЕ

При визуальной интерпретации дескрипторов шаровидных образований легких (ШОЛ) при мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) используются традиционные подходы, безусловно оправдавшие себя при аналоговых методах исследования. В частности характеризуются контуры ШОЛ, свойственные суммационной теневой картине классических медицинских изображений. Они оцениваются с чисто описательной позиции – четкие, нечеткие, недостаточно четкие, бугристые, волнистые, полициклические, лучистые, фестончатые, ландшафтообразные и т.п.

Эти описания неоднозначны, неточны, зависят от личностных зрительных впечатлений врача-рентгенолога, что приводит к поливариантной трактовке заключений и, как следствие, к неверной диагностике [1]. Кроме того при таком подходе не представляется возможным получить целостное представление об изучаемом объекте.

Вычислительные методы и современное программное обеспечение компьютерных томографов открывают новые возможности, позволяющие рассматривать поверхность ШОЛ на всем ее протяжении со всех сторон полипозиционно [2–4]. Характерно, что во время дополнительной обработки МСКТ-изображений применяют развитое и сложное программное обеспечение, разрабатываемое на основе исследований тканезквивалентных фантомов [5–7] с последующим использованием полученных результатов в клинике [8, 9]. При этом используется терминология, заимствованная из программных продуктов, разработанных для профессиональных программных сред с целью создания и редактирования 3D-графики и анимации: отображение затененной поверхности, проекции минимальной и максимальной интенсивности, рендеринг и т.д.

Цель исследования – повышение точности лучевой диагностики ШОЛ путем разработки компьютерно-томографической семиотики качественных характеристик их поверхности и состояния окружающих бронхов с применением прицельных 3D-реконструкций.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведена МСКТ у 560 пациентов с ШОЛ в возрасте 3–89 лет на компьютерных томографах Aquillion 64 и Asteion 4 (Toshiba Medical Systems, Япония) в фазе максимального вдоха. Перед сканированием проводилась тренировка задержки дыхания, позволявшая увеличить время задержки вдоха. Шаг сканирования – 1,0 мм, напряжение на трубке 120 kV у взрослых (у детей – 80 kV). Осуществлялась реконструкция срезов толщиной 1 мм, матрица 512 × 512 элементов. С целью детального изучения полученных изображений, их сравнения у разных пациентов сканы записывали в формате DICOM на оптические компакт-диски. Апостериорный анализ сканов проводили при помощи программы Vitrea 2 (Toshiba Medical Systems) [10]. Обследовано 359 (64,1%) мужчин и 201 женщина (35,9%). У всех пациентов диагнозы были верифицированы морфологическими, бактериологическими и клиническими методами (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Распределение больных по формам заболеваний (n = 560)			
Форма заболевания	Абс. кол-во	Отн. кол-во, M ± m, %	
Первичный рак:			
центральный	78	13,9	1,5
периферический	45	8,0	1,1
Метастазы рака:			
единичные	61	10,9	1,3
множественные	32	5,7	1,0
Инфильтративный туберкулез	91	16,2	1,6
Туберкуломы:			
единичные	67	12,0	1,4
множественные	18	3,2	0,7
Очаговый туберкулез	39	7,0	1,1
Пневмония	64	11,4	1,3
Эхиококк	12	2,1	0,6
Доброкачественные опухоли	10	1,8	0,6
Ретенционные кисты	9	1,6	0,5
Цистицеркоз	7	1,2	0,5
Эозинофильный инфильтрат	6	1,1	0,4
Гамартохондрома	6	1,1	0,4
Аспергиллома	5	0,9	0,4
Хронический абсцесс	5	0,9	0,4
Внутрилегочная гематома	5	0,9	0,4

Прицельная 3D-реконструкция осуществлялась с использованием опции программы 3D Fly Through (Toshiba Medical Systems, Япония), при которой исключали ткани, окружающие ШОЛ на расстоянии 5–10 мм от наружных границ, ШОЛ вписывали в объем куба. При диссеминации множественных ШОЛ небольших размеров (2–5 мм) в объем куба включали их группу. Рассматривали поверхность ШОЛ в шести плоскостях соответственно граням вырезанного куба (рис. 1).

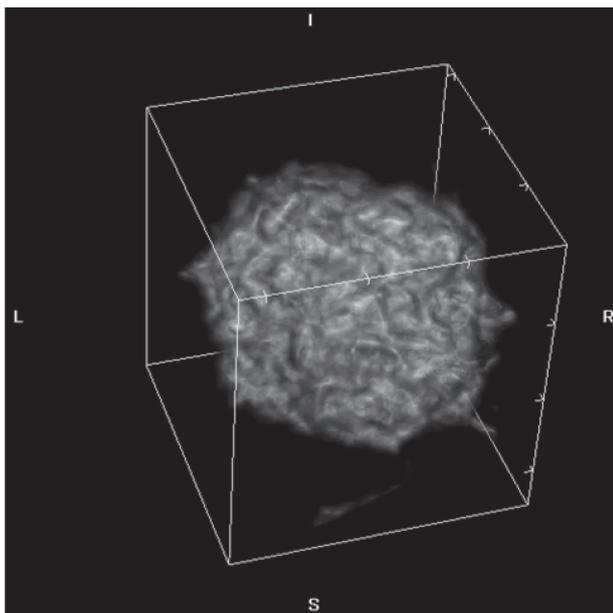


Рис. 1. Прицельная 3D-реконструкция поверхности ШОЛ больного, 63 года: периферический рак в переднем сегменте верхней доли правого легкого

Необходимо отметить, что поверхность – традиционное определение для двумерного многообразия в пространстве [11]. Используется отличающаяся терминология в описании ее характеристик в различных областях знаний. Так, применяется термин «шероховатость» – совокупность микронеровностей поверхности, описываемая набором параметров, характеризующих

среднюю и максимальную высоту неровностей и их ширину, средние расстояния между ними и т.д. [12]. Возможно использовать этот термин и при изучении медицинских изображений ШОЛ. Так как этому определению можно дать аналитическое выражение, впоследствии возможна и количественная характеристика поверхности ШОЛ. Статистический анализ полученных результатов проведен с использованием критерия Стьюдента с вероятностью безошибочного прогноза 95% ($p < 0,05$) (А.М. Мерков, Л.Е. Поляков. Санитарная статистика. Л.: Медицина. 1974). Средние значения представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее значение, m – стандартное отклонение.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из преимуществ прицельного 3D-моделирования явилась возможность рассмотреть поверхность ШОЛ в разных проекциях и с разных сторон полипозиционно.

При этом за выражено шероховатую поверхность ШОЛ (в противоположность слабо шероховатой поверхности) принималась такая поверхность, когда количество ее неровностей было заметно больше во всех шести рассматриваемых плоскостях. За гладкую равномерную поверхность ШОЛ принималась такая поверхность, когда не отмечалось неровностей во всех шести рассматриваемых плоскостях. За гладкую неравномерную поверхность ШОЛ принималась такая, когда хотя бы в одной из рассматриваемых плоскостях отмечались выступы (рис. 2).

При локализации ШОЛ в непосредственной близости от средостения, ребер, купола диафрагмы у 37 (6,6%) больных невозможно было визуализировать поверхность, прилежащую к этим анатомическим образованиям. У обследованных больных поверхность ШОЛ была шероховатой и гладкой, окружающие бронхи деформированы и не изменены (рис. 3–18).

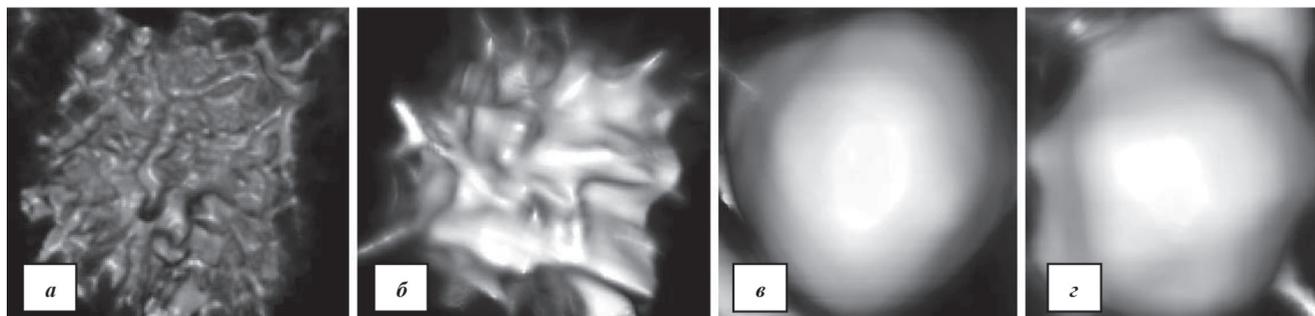


Рис. 2. Виды состояния поверхности ШОЛ: *a* – выражено шероховатая поверхность; *б* – слабо шероховатая поверхность; *в* – равномерно гладкая поверхность; *г* – неравномерно гладкая поверхность

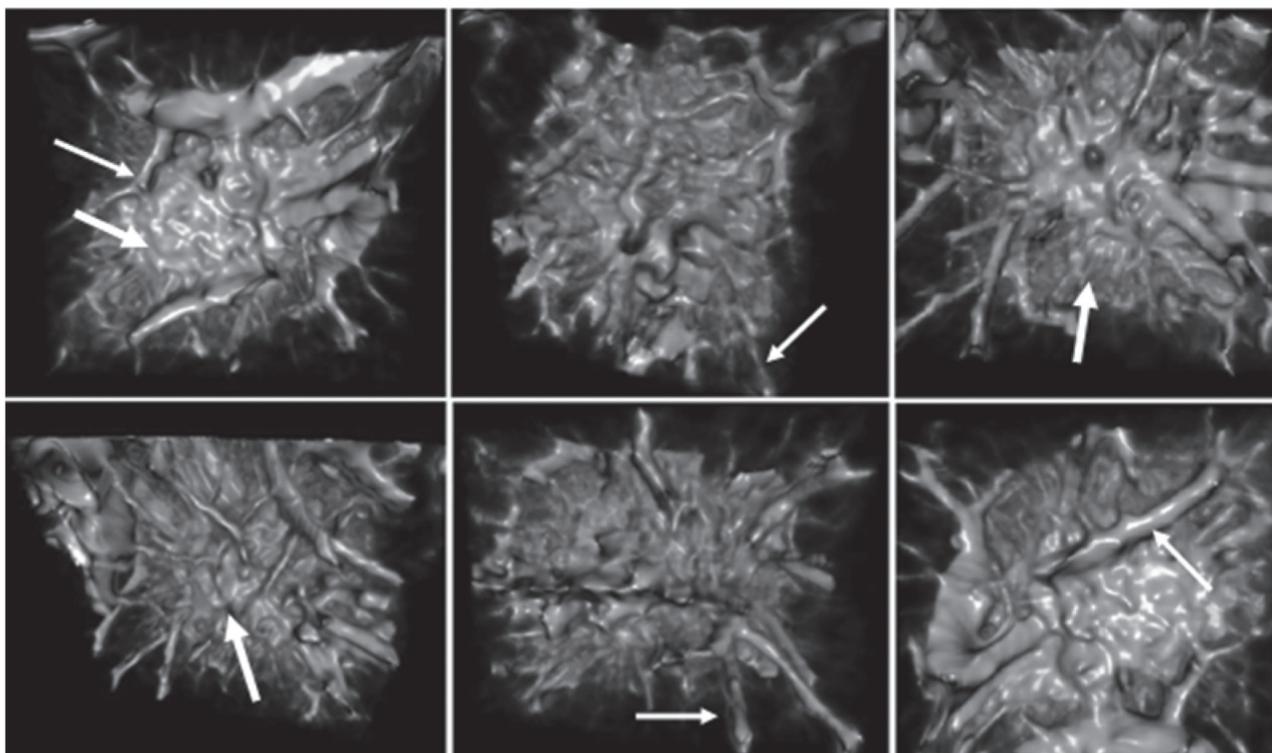


Рис. 3. Поверхность ШОЛ больного, 63 года: центральный рак в заднем базальном сегменте нижней доли левого легкого. Широкие стрелки – выражено шероховатая поверхность ШОЛ; узкие стрелки – выражено деформированные бронхи

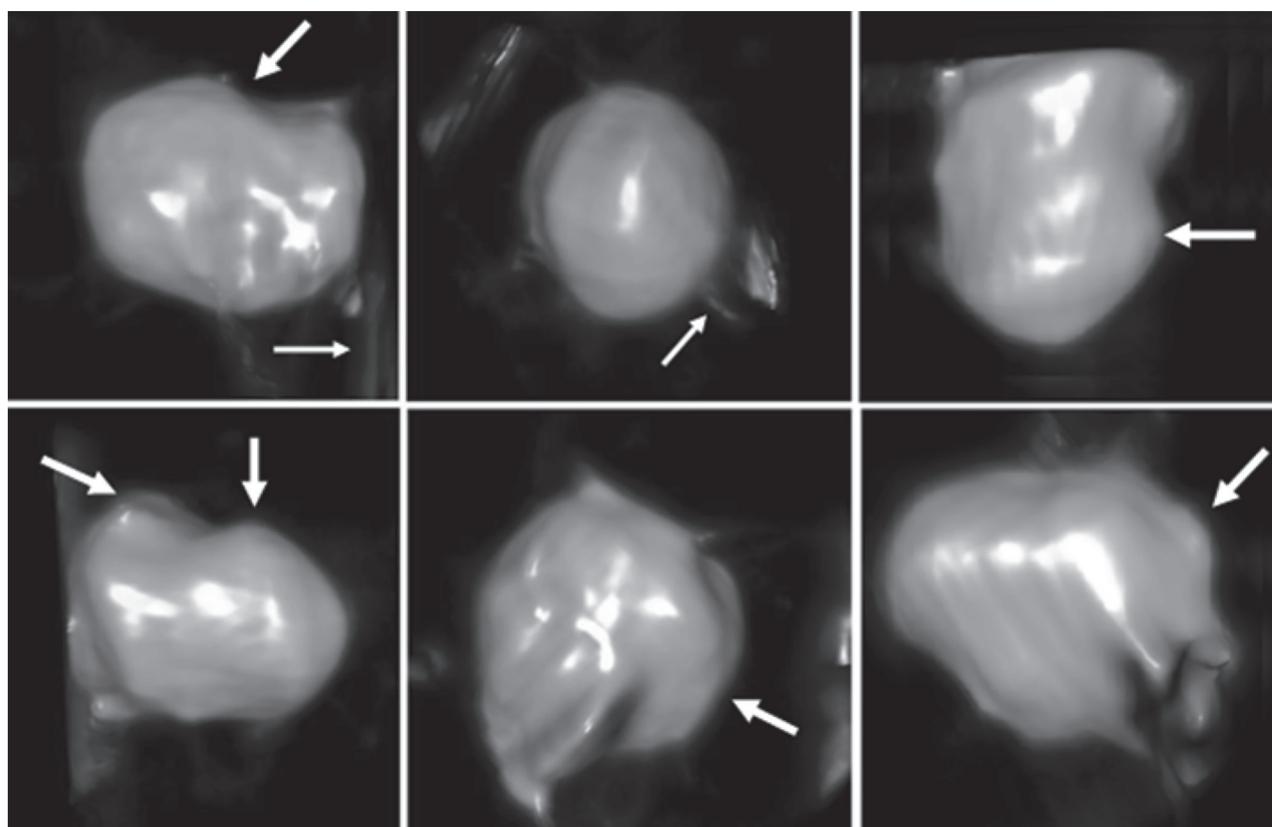


Рис. 4. Поверхность ШОЛ больной, 71 год: единичный метастаз рака щитовидной железы в медиальном сегменте средней доли правого легкого. Широкие стрелки – гладкая неравномерная поверхность ШОЛ; узкие стрелки – неизменные бронхи

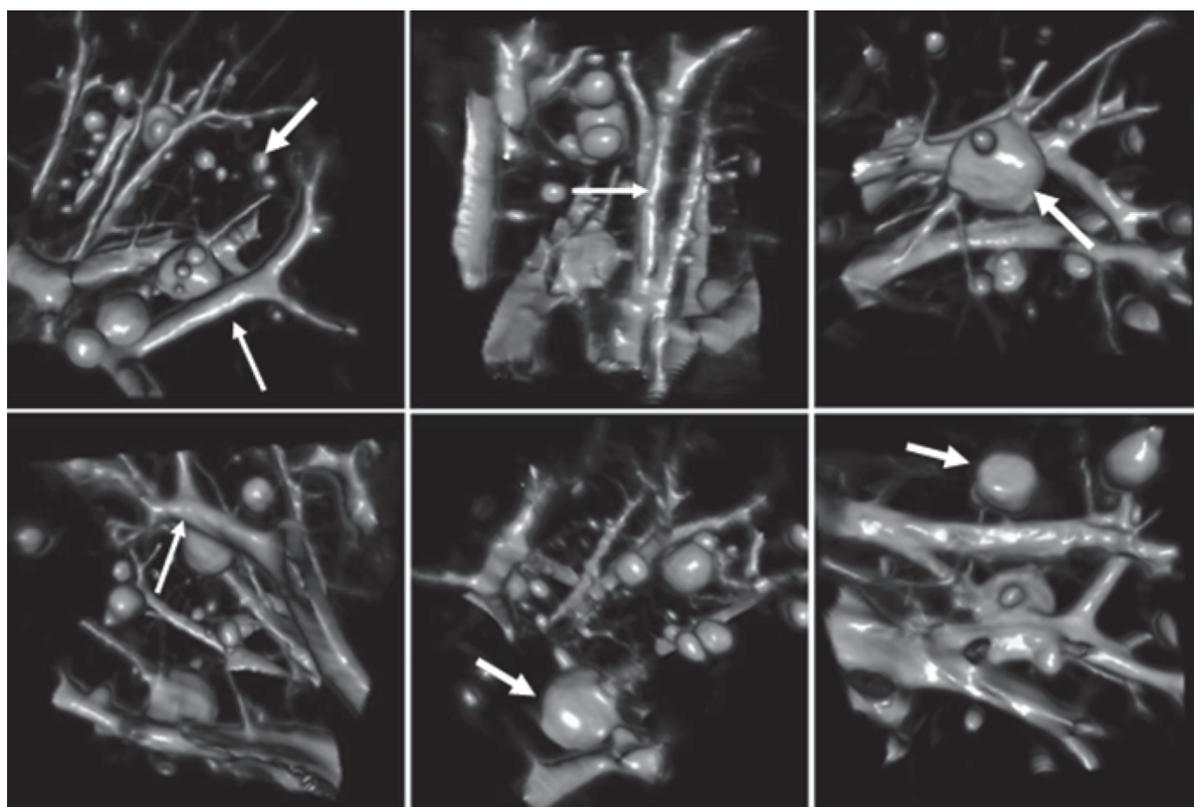


Рис. 5. Поверхность ШОЛ больной, 28 лет: множественные метастазы рака молочной железы в нижней доле левого легкого. Широкие стрелки – гладкая равномерная поверхность ШОЛ; узкие стрелки – неизмененные бронхи

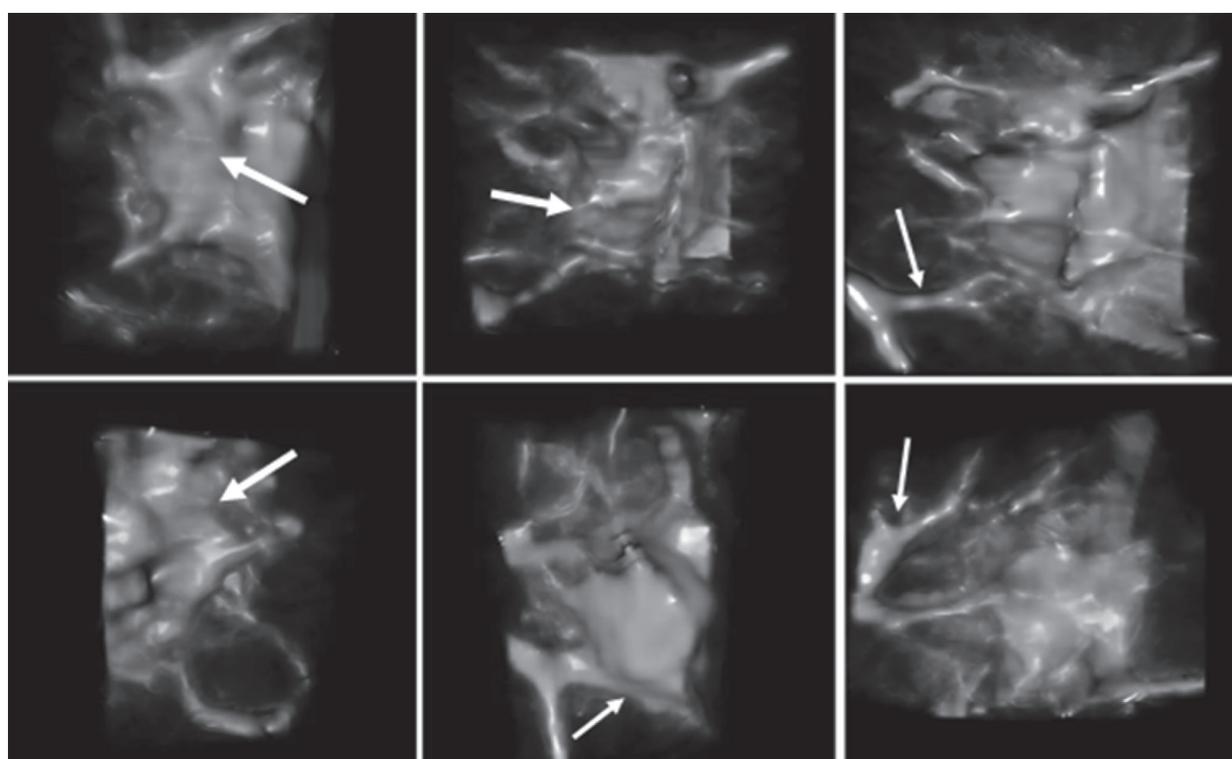


Рис. 6. Поверхность ШОЛ больной, 14 лет: инфильтративный туберкулез в верхушечном и заднем сегментах верхней доли правого легкого. Широкие стрелки – слабо шероховатая поверхность ШОЛ; узкие стрелки – умеренно деформированные бронхи

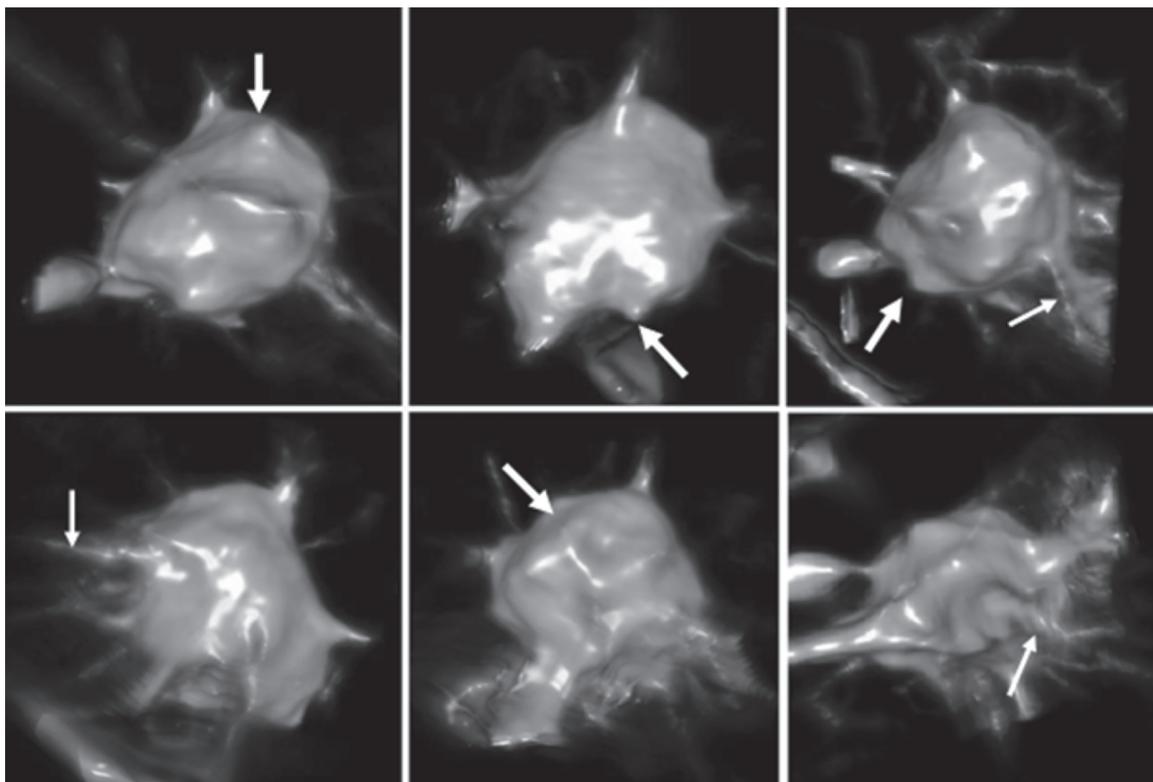


Рис. 7. Поверхность ШОЛ больного, 61 год: единичная туберкулома в заднем сегменте верхней доли правого легкого. Широкие стрелки – гладкая неравномерная поверхность ШОЛ; узкие стрелки – выражено деформированные бронхи

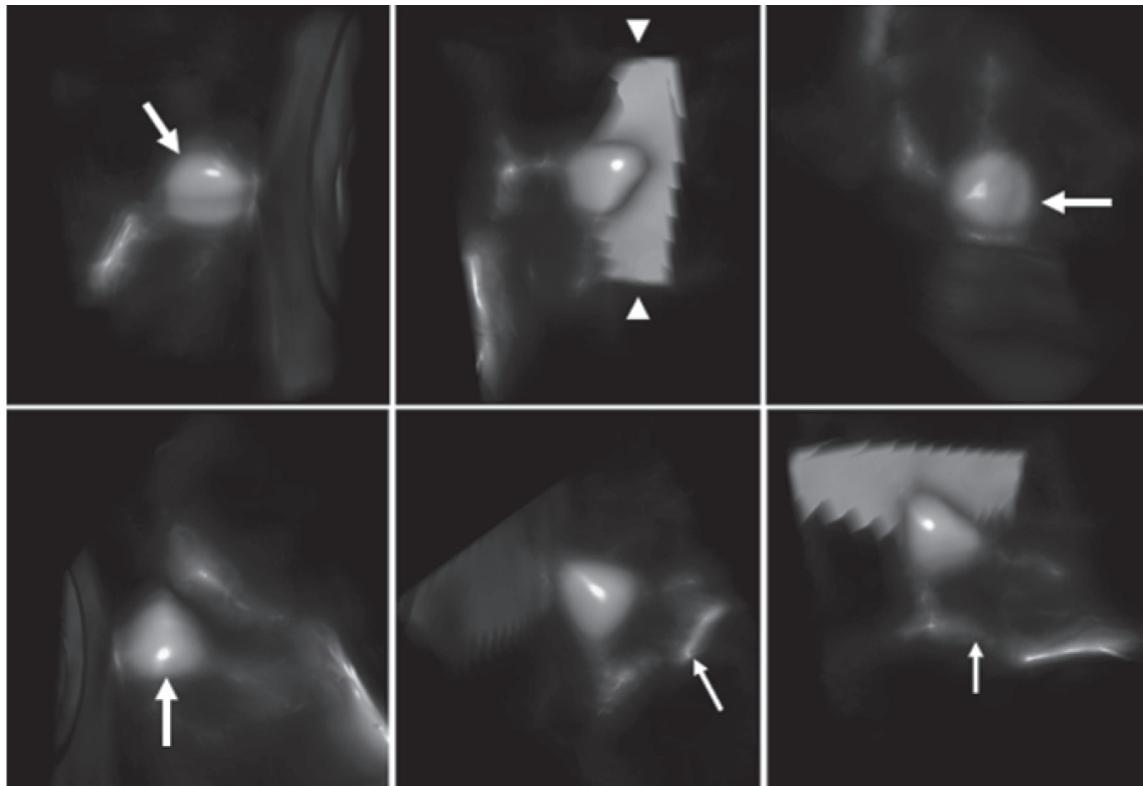


Рис. 8. Поверхность ШОЛ больной, 7 лет: очаговый туберкулез в латеральном сегменте средней доли справа. Широкие стрелки – гладкая равномерная поверхность ШОЛ; узкие стрелки – умеренно деформированные бронхи; головки стрелок – междолевая плевра

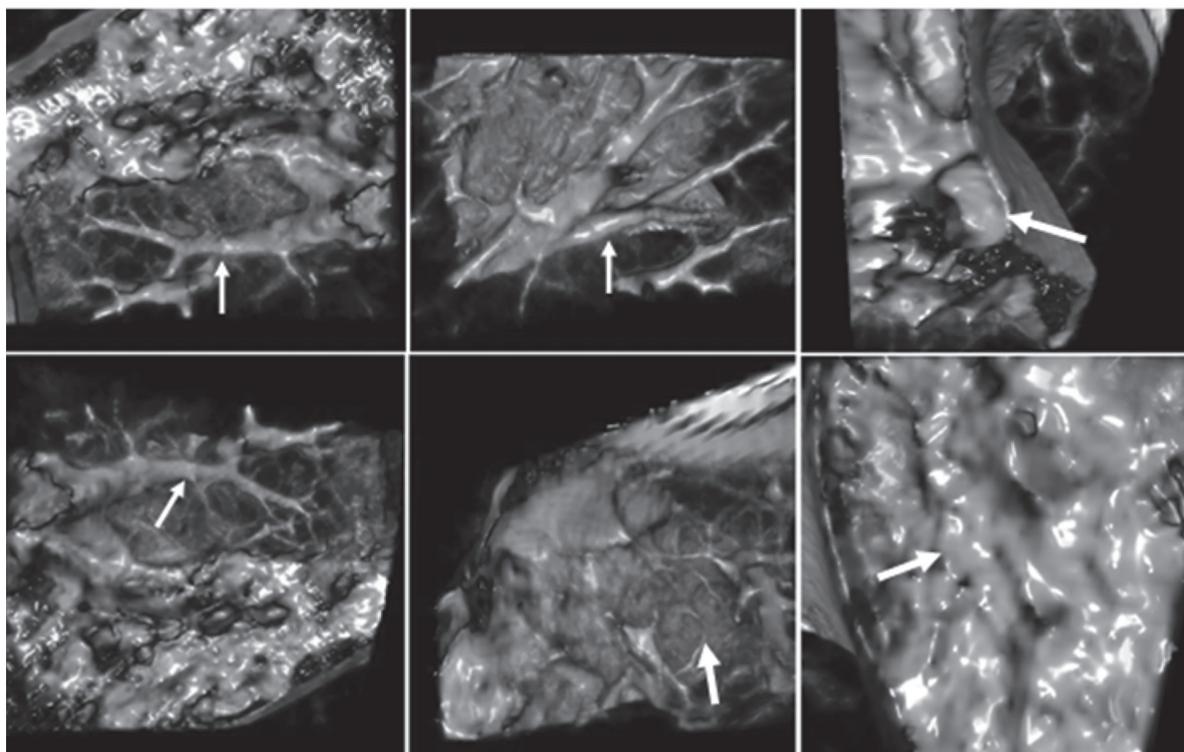


Рис. 9. Поверхность ШОЛ больного, 61 год; сегментарная пневмония в переднем базальном сегменте нижней доли левого легкого. Широкие стрелки – слабо шероховатая поверхность ШОЛ; узкие стрелки – умеренно деформированы бронхи

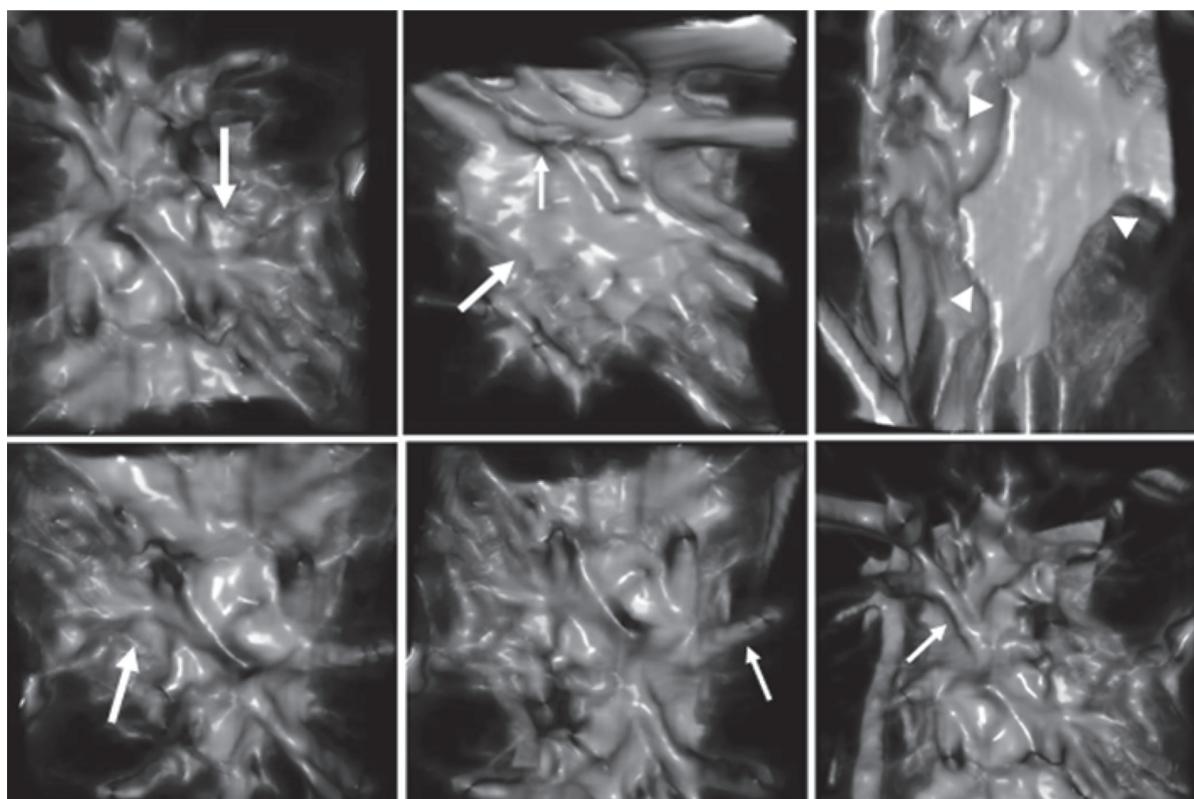


Рис. 10. Поверхность ШОЛ больной, 50 лет; эхинокк в верхушечном сегменте нижней доли левого легкого. Широкие стрелки – слабо шероховатая поверхность ШОЛ; узкие стрелки – выражено деформированные бронхи; головки стрелок – междолевая плевра

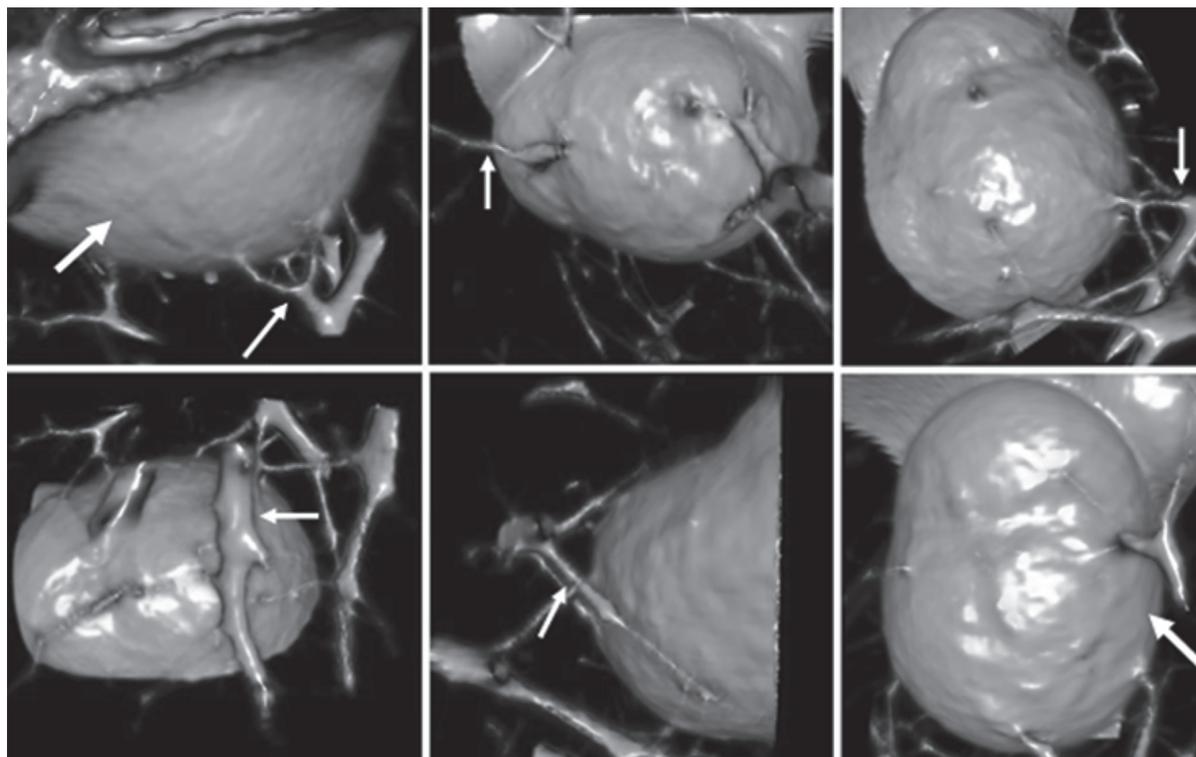


Рис. 11. Поверхность ШОЛ больного, 49 лет: внутрилегочная липома в переднем сегменте верхней доли левого легкого. Широкие стрелки – гладкая равномерная поверхность ШОЛ; узкие стрелки – умеренно деформированные бронхи

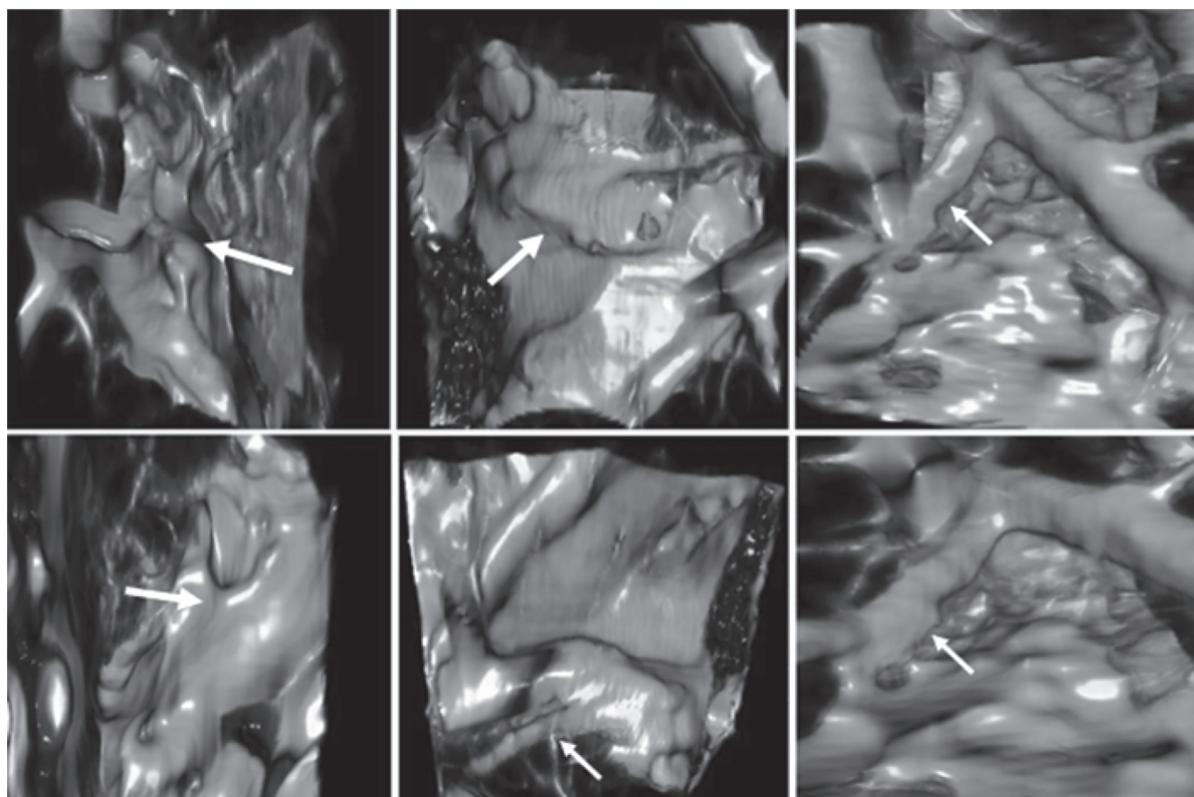


Рис. 12. Поверхность ШОЛ больного, 31 год: ретенционные кисты в заднем базальном сегменте нижней доли правого легкого. Широкие стрелки – слабо шероховатая поверхность ШОЛ; узкие стрелки – выражено деформированные бронхи

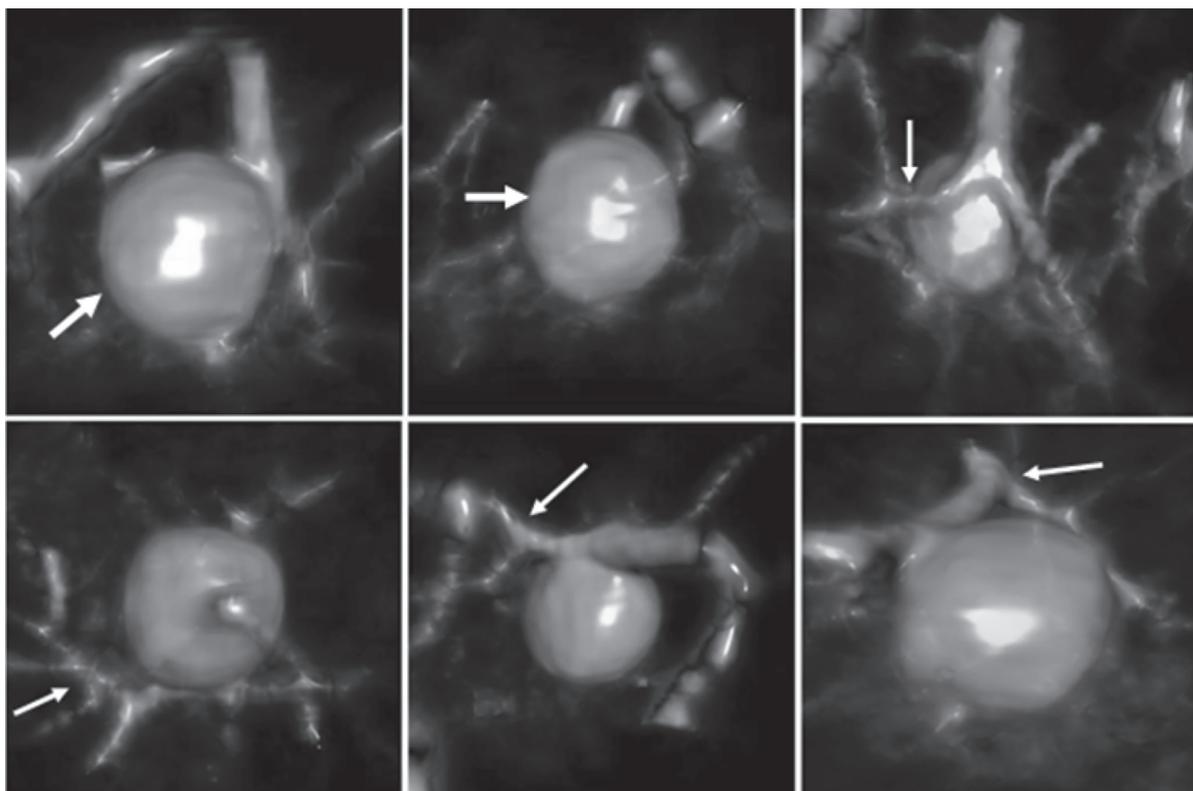


Рис. 13. Поверхность ШОЛ больного, 47 лет: цистицеркоз в верхушечном сегменте нижней доли правого легкого. Широкие стрелки – гладкая равномерная поверхность ШОЛ; узкие стрелки – выражено деформированные бронхи

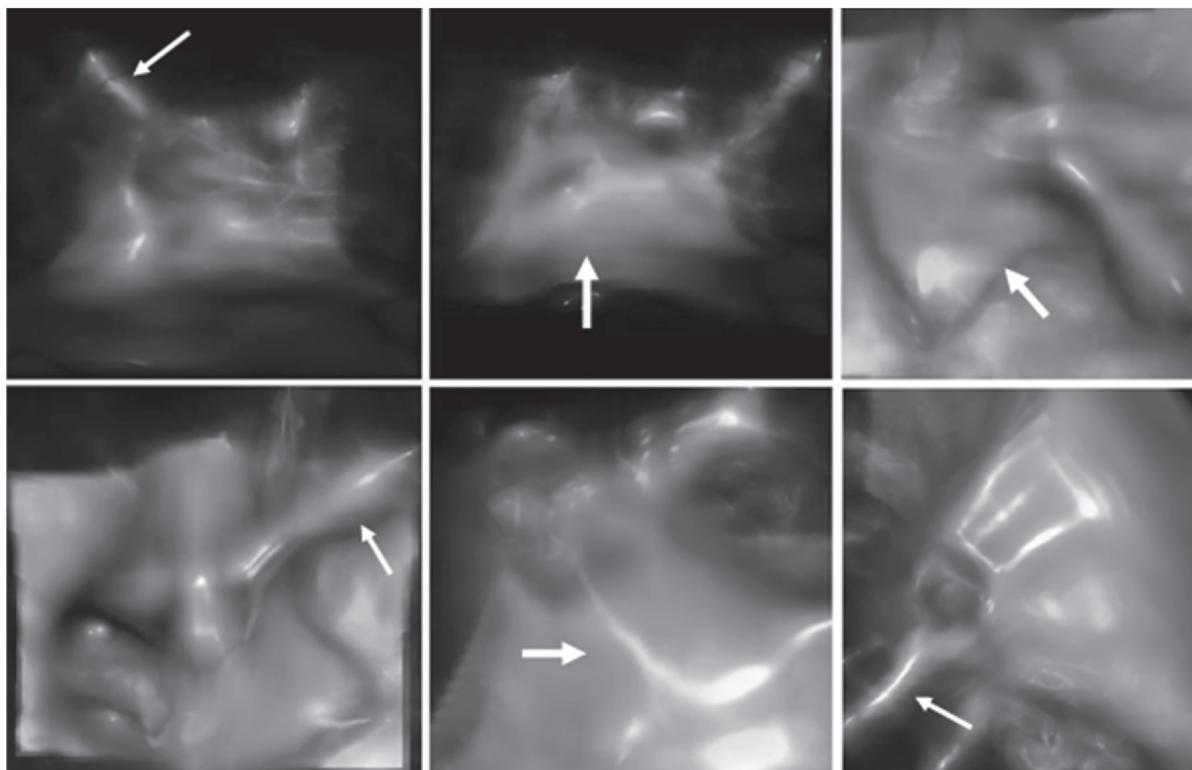


Рис. 14. Поверхность ШОЛ больной, 45 лет: эозинофильный инфильтрат в верхушечном сегменте нижней доли левого легкого. Широкие стрелки – гладкая неравномерная поверхность ШОЛ; узкие стрелки – неизмененные бронхи

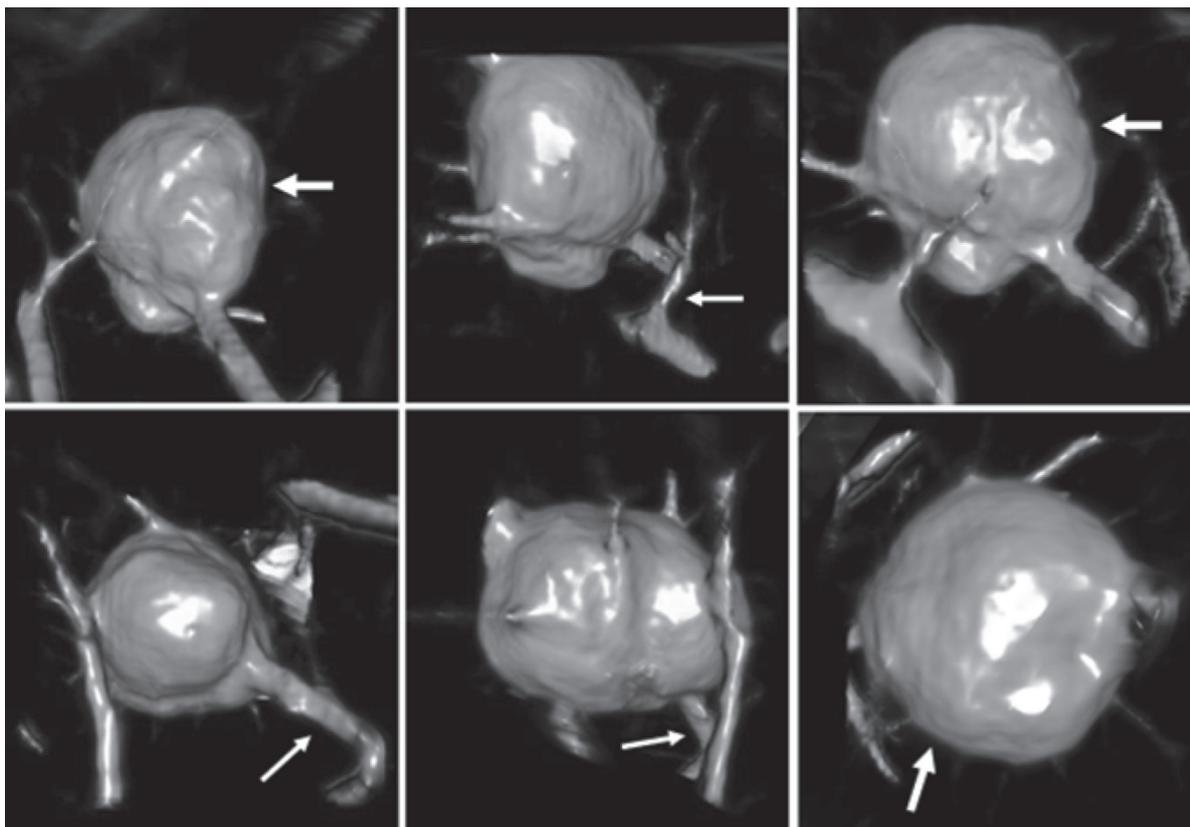


Рис. 15. Поверхность ШОЛ больного, 78 лет: гамартохондрома в заднем базальном сегменте нижней доли правого легкого. Широкие стрелки – гладкая неравномерная поверхность ШОЛ; узкие стрелки – умеренно деформированные бронхи

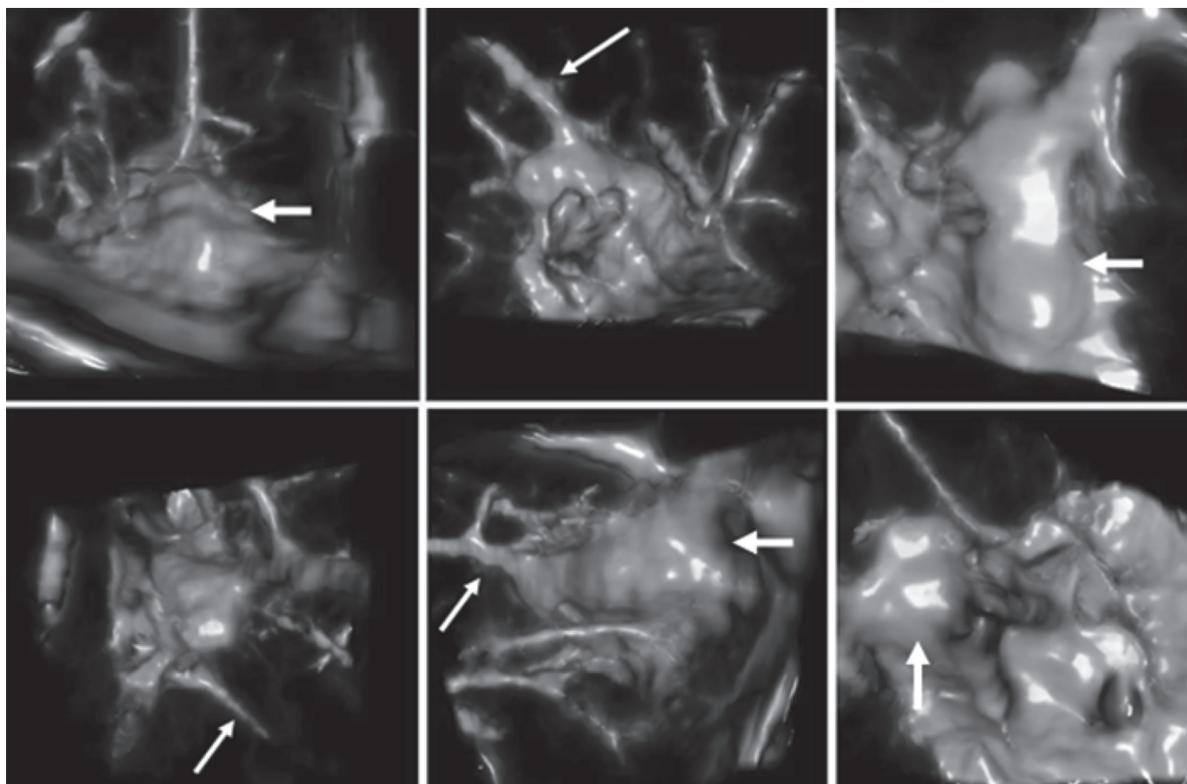


Рис. 16. Поверхность ШОЛ больной, 40 лет: аспергиллома в заднем сегменте верхней доли правого легкого. Широкие стрелки – гладкая неравномерная поверхность ШОЛ; узкие стрелки – выражено деформированные бронхи

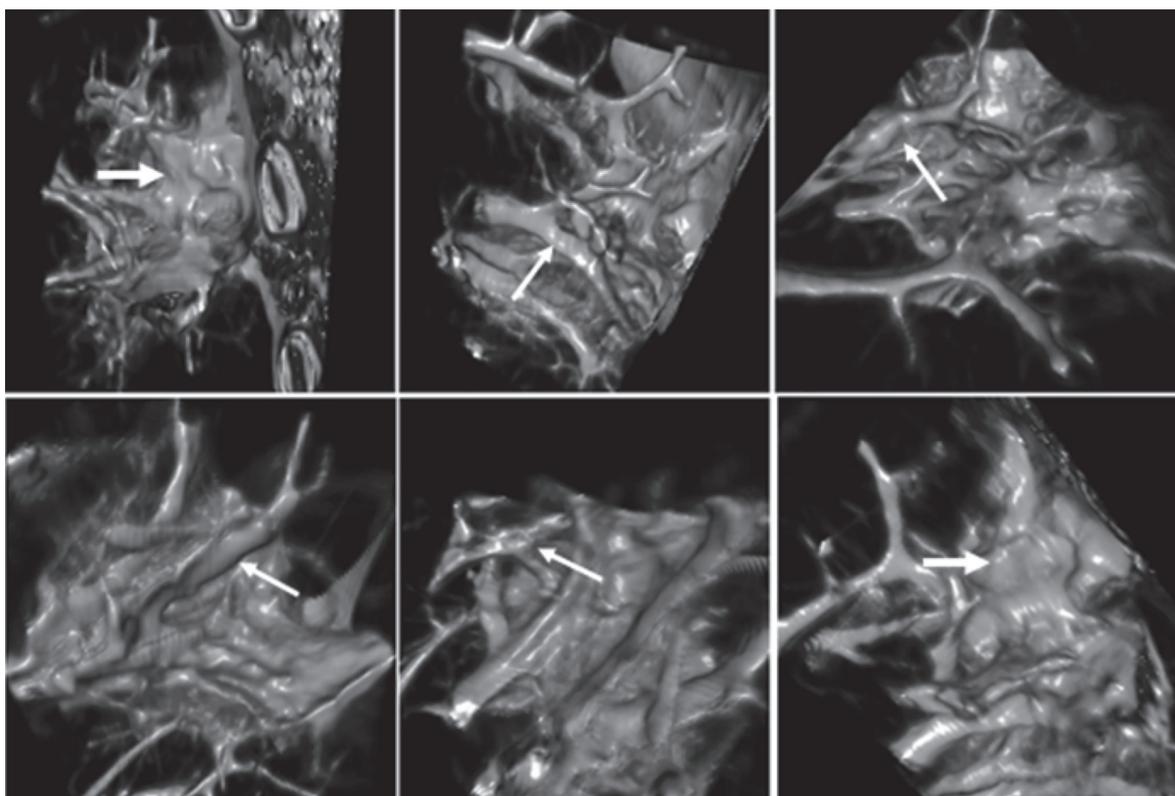


Рис. 17. Поверхность ШОЛ больного, 70 лет: хронический абсцесс в верхнем язычковом сегменте левого легкого. Широкие стрелки – гладкая неравномерная поверхность ШОЛ; узкие стрелки – выражено деформированные бронхи

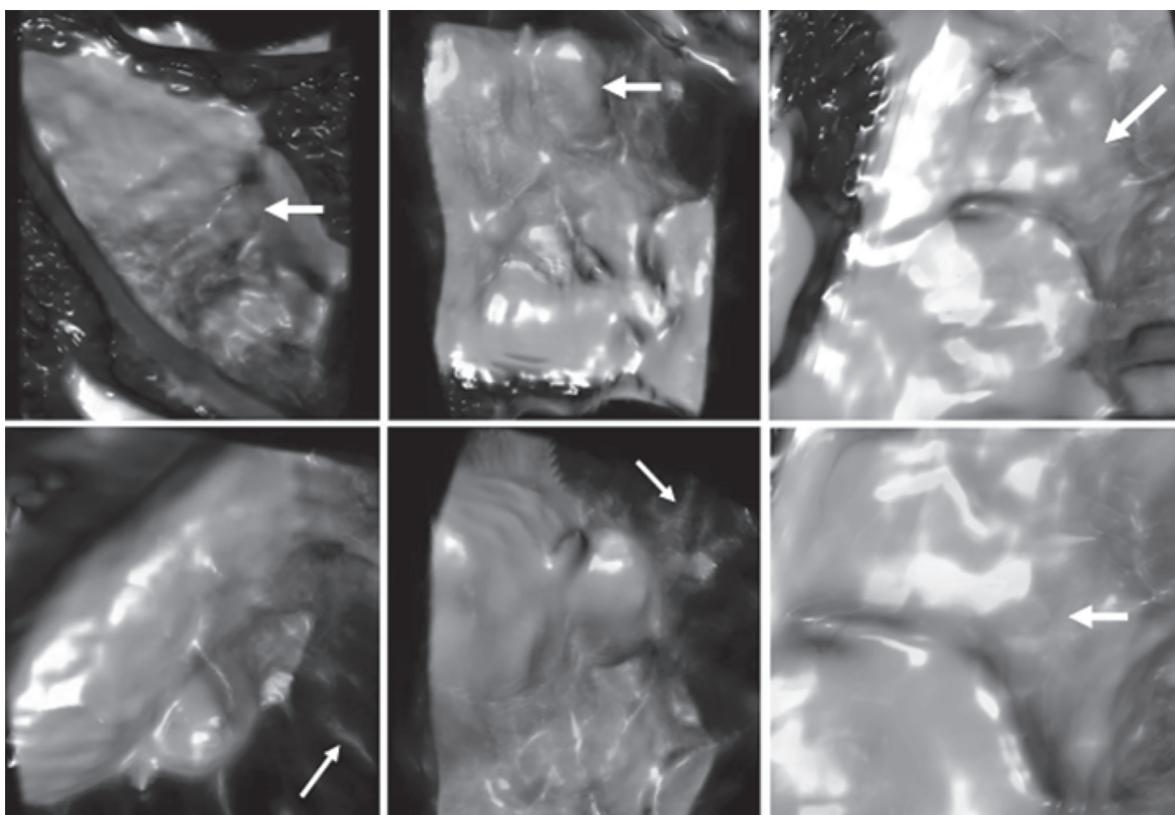


Рис. 18. Поверхность ШОЛ больного, 37 лет: внутрилегочная гематома в латеральном базальном сегменте нижней доли левого легкого. Широкие стрелки – гладкая неравномерная поверхность ШОЛ; узкие стрелки – умеренно деформированные бронхи

У 299 (53,4%) больных поверхность ШОЛ была выражено шероховатой или слабо шероховатой. При первичном центральном и периферическом раке легкого определялось статистически значимое преобладание количества больных с выражено шероховатой поверхностью ШОЛ над слабо шероховатой поверхностью: $13,6 \pm 1,4$ против $0,4 \pm 0,3$ ($p = 0,001$) и $7,9 \pm 1,1$ против $0,2 \pm 0,2$ ($p = 0,001$) соответственно. При инфильтративном туберкулезе, пневмонии, эхинококке, ретенционных кистах определялось статистически значимое преобладание количества больных со слабо шероховатой поверхностью ШОЛ над выражено шероховатой поверхностью: $15,7 \pm 1,5$ против $0,5 \pm 0,2$ ($p = 0,001$), $10,5 \pm 1,3$ против $0,9 \pm 0,4$ ($p = 0,001$), $1,8 \pm 0,6$ против $0,4 \pm 0,3$ ($p = 0,05$), $1,4 \pm 0,5$ против $0,2 \pm 0,2$ ($p = 0,05$) соответственно (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Форма заболевания	Состояние шероховатой поверхности ШОЛ						p
	Выражено шероховатая			Слабо шероховатая			
	Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		
M		m	M		m		
Первичный рак:							
центральный	76	13,6	1,4	2	0,4	0,3	0,001
периферический	44	7,9	1,1	1	0,2	0,2	0,001
Инфильтративный туберкулез	3	0,5	0,2	88	15,7	1,5	0,001
Пневмония	5	0,9	0,4	59	10,5	1,3	0,001
Эхинококк	2	0,4	0,3	10	1,8	0,6	0,05
Ретенционные кисты	1	0,2	0,2	8	1,4	0,5	0,05
Всего	131	23,4	1,8	168	30,0	1,9	0,05

У 261 (46,6%) больного поверхность ШОЛ была равномерно гладкая или неравномерно гладкая. При единичных метастазах рака определялось статистически значимое преобладание количества больных с неравномерно гладкой поверхностью ШОЛ над равномерно гладкой поверхностью: $8,0 \pm 0,4$ против $2,9 \pm 0,7$ ($p = 0,001$). При множественных метастазах рака определялось статистически значимое преобладание количества больных с равномерно гладкой поверхностью ШОЛ над неравномерно гладкой поверхностью: $5,2 \pm 0,9$ против $0,5 \pm 0,2$ ($p = 0,001$). При единичных и множественных туберкуломах определялось статистически значимое преобладание количества больных с неравномерно гладкой поверхностью ШОЛ над равномерно гладкой поверхностью: $11,8 \pm 1,4$ против $0,2 \pm 0,2$ ($p = 0,001$) и $3,0 \pm 0,7$ против $0,2 \pm 0,2$ ($p = 0,001$) соответственно. При очаговом туберкулезе определялось статистически значимое преобладание количества больных с равномерно гладкой поверхностью ШОЛ над не-

равномерно гладкой поверхностью: $5,2 \pm 0,9$ против $1,3 \pm 0,4$ ($p = 0,001$). При доброкачественных опухолях не определялось статистически значимых различий между количеством больных с равномерно гладкой поверхностью и неравномерно гладкой поверхностью ШОЛ: $1,4 \pm 0,5$ против $0,4 \pm 0,3$ ($p = 0,1$). При цистицеркозе определялось статистически значимое преобладание количества больных с равномерно гладкой поверхностью ШОЛ над неравномерно гладкой поверхностью: $1,1 \pm 0,3$ против $0,2 \pm 0,2$ ($p = 0,02$). При эозинофильном инфильтрате, гамартохондроме, аспергилломе, хроническом абсцессе, внутривегочной гематоме не определялось статистически значимых различий между количеством больных с равномерно гладкой поверхностью и неравномерно гладкой поверхностью ШОЛ: $0,4 \pm 0,3$ против $0,7 \pm 0,3$ ($p = 0,5$), $0,2 \pm 0,2$ против $0,9 \pm 0,4$ ($p = 0,25$), $0,2 \pm 0,2$ против $0,7 \pm 0,3$ ($p = 0,25$), $0,2 \pm 0,2$ против $0,7 \pm 0,3$ ($p = 0,25$), $0,2 \pm 0,2$ против $0,7 \pm 0,3$ ($p = 0,25$) соответственно (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Форма заболевания	Состояние гладкой поверхности ШОЛ						p
	Равномерно гладкая			Неравномерно гладкая			
	Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		
M		m	M		m		
Метастазы рака:							
единичные	16	2,9	0,7	45	8,0	0,4	0,001
множественные	29	5,2	0,9	3	0,5	0,2	0,001
Туберкуломы:							
единичные	1	0,2	0,2	66	11,8	1,4	0,001
множественные	1	0,2	0,2	17	3,0	0,7	0,001

О к о н ч а н и е т а б л . 3

Форма заболевания	Равномерно гладкая			Неравномерно гладкая			<i>p</i>
	Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		
		<i>M</i>	<i>m</i>		<i>M</i>	<i>m</i>	
Очаговый туберкулез	29	5,2	0,9	10	1,3	0,4	0,001
Доброкачественные опухоли	8	1,4	0,5	2	0,4	0,3	0,1
Цистицеркоз	6	1,1	0,3	1	0,2	0,2	0,02
Эозинофильный инфильтрат	2	0,4	0,3	4	0,7	0,3	0,5
Гамартохондрома	1	0,2	0,2	5	0,9	0,4	0,25
Аспергиллома	1	0,2	0,2	4	0,7	0,3	0,25
Хронический абсцесс	1	0,2	0,2	4	0,7	0,3	0,25
Внутрилегочная гематома	1	0,2	0,2	4	0,7	0,3	0,25
Всего	96	17,1	1,6	165	29,5	1,9	0,001

У 461 (82,3%) больного бронхи, окружающие ШОЛ, были выражено деформированы или умеренно деформированы. При первичном центральном и периферическом раке легкого определялось статистически значимое преобладание количества больных с выражено деформированными бронхами над умеренно деформированными бронхами: $12,0 \pm 1,4$ против $2,0 \pm 0,6$ ($p = 0,001$), $6,6 \pm 1,0$ против $1,4 \pm 0,5$ ($p = 0,001$) соответственно. При инфильтративном туберкулезе определялось статистически значимое преобладание количества больных с умеренно деформированными бронхами над выражено деформированными бронхами: $13,6 \pm 1,4$ против $2,7 \pm 0,7$ ($p = 0,001$). При единичных и множественных туберкуломах определялось статистически значимое преобладание количества больных с выражено деформированными бронхами над умеренно деформированными бронхами: $9,6 \pm 1,2$ против $2,3 \pm 0,6$ ($p = 0,001$), $2,7 \pm 0,7$ против $0,5 \pm 0,3$ ($p = 0,01$) соответственно. При очаговом туберкулезе определялось статистически значимое преобладание количества больных с умеренно деформированными бронхами над выражено деформированными бронхами: $4,8 \pm 0,9$ против $2,1 \pm 0,6$ ($p = 0,02$). При пневмонии не определялось статистически значимых различий между количеством больных

с выражено деформированными бронхами и умеренно деформированными бронхами: $4,8 \pm 0,9$ против $6,6 \pm 1,0$ ($p = 0,25$). При эхинококке определялось статистически значимое преобладание количества больных с выражено деформированными бронхами над умеренно деформированными бронхами: $1,8 \pm 0,6$ против $0,4 \pm 0,3$ ($p = 0,05$). При доброкачественных опухолях, ретенционных кистах не определялось статистически значимых различий между количеством больных с выражено деформированными бронхами и умеренно деформированными бронхами: $0,5 \pm 0,3$ против $1,2 \pm 0,5$ ($p = 0,25$), $1,1 \pm 0,4$ против $0,5 \pm 0,3$ ($p = 0,25$) соответственно. При цистицеркозе определялось статистически значимое преобладание количества больных с выражено деформированными бронхами над умеренно деформированными бронхами: $1,1 \pm 0,4$ против $0,2 \pm 0,2$ ($p = 0,05$). При гамартохондроме, аспергилломе, хронических абсцессах, внутрилегочных гематомах не определялось статистически значимых различий между количеством больных с выражено деформированными бронхами и умеренно деформированными бронхами: $0,4 \pm 0,3$ против $0,7 \pm 0,3$ ($p = 0,5$), $0,7 \pm 0,3$ против $0,2 \pm 0,2$ ($p = 0,5$), $0,5 \pm 0,3$ против $0,4 \pm 0,3$ ($p = 0,5$), $0,2 \pm 0,2$ против $0,7 \pm 0,3$ ($p = 0,5$) соответственно (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Виды состояния бронхов, окружающих ШОЛ							
Форма заболевания	Деформация						<i>p</i>
	Выраженная			Умеренная			
	Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		
<i>M</i>		<i>m</i>	<i>M</i>		<i>m</i>		
Первичный рак: центральный периферический	67	12,0	1,4	11	2,0	0,6	0,001
	37	6,6	1,0	8	1,4	0,5	0,001
Инфильтративный туберкулез	15	2,7	0,7	76	13,6	1,4	0,001
Туберкуломы: единичные множественные	54	9,6	1,2	13	2,3	0,6	0,001
	15	2,7	0,7	3	0,5	0,3	0,01
Очаговый туберкулез	12	2,1	0,6	27	4,8	0,9	0,02

О к о н ч а н и е т а б л . 4

Форма заболевания	Деформация						p
	Выраженная			Умеренная			
	Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		
M		m	M		m		
Пневмония	27	4,8	0,9	37	6,6	1,0	0,25
Эхинококк	10	1,8	0,6	2	0,4	0,3	0,05
Доброкачественные опухоли	3	0,5	0,3	7	1,2	0,5	0,25
Ретенционные кисты	6	1,1	0,4	3	0,5	0,3	0,25
Цистицеркоз	6	1,1	0,4	1	0,2	0,2	0,05
Гамартохондрома	2	0,4	0,3	4	0,7	0,3	0,5
Аспергиллома	4	0,7	0,3	1	0,2	0,2	0,5
Хронический абсцесс	3	0,5	0,3	2	0,4	0,3	0,5
Внутрилегочная гематома	1	0,2	0,2	4	0,7	0,3	0,5
Всего	262	46,8	2,1	199	35,5	2,0	0,001

У 99 (17,7%) больных бронхи, окружающие ШОЛ, не были изменены: у 61 (10,9%) больного при единичных метастазах: $10,9 \pm 1,3$ против $82,3 \pm 1,6$ всех больных с деформациями бронхов ($p = 0,001$), у 32 (5,7%) больных с множественны-

ми метастазами: $5,7 \pm 1,0$ против $82,3 \pm 1,6$ всех больных с деформациями бронхов ($p = 0,001$), у 6 (1,1%) больных с эозинофильным инфильтратом: $1,1 \pm 0,4$ против $82,3 \pm 1,6$ всех больных с деформациями бронхов ($p = 0,001$) (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Виды состояния бронхов, окружающих ШОЛ							
Форма заболевания	Не изменены			Деформированы			p
	Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		Абс. кол-во больных	Отн. кол-во больных, %		
		M	m		M	m	
Метастазы рака:							
единичные	61	10,9	1,3	461	82,3	1,6	0,001
множественные	32	5,7	1,0				0,001
Эозинофильный инфильтрат	6	1,1	0,4				0,001
Всего	99	17,7	1,6	461	82,3	1,6	0,001

ВЫВОДЫ

1. При первичном центральном и периферическом раке легкого определялось статистически значимое преобладание количества больных с выражено шероховатой поверхностью ШОЛ над слабо шероховатой поверхностью.

2. При инфильтративном туберкулезе, пневмонии, эхинококке, ретенционных кистах определялось статистически значимое преобладание количества больных со слабо шероховатой поверхностью ШОЛ над выражено шероховатой поверхностью.

3. При единичных метастазах рака, единичных и множественных туберкуломах определялось статистически значимое преобладание количества больных с неравномерной гладкой поверхностью ШОЛ над равномерной гладкой поверхностью.

4. При множественных метастазах рака, очаговом туберкулезе, цистицеркозе определялось статистически значимое преобладание количества больных с равномерной гладкой поверхно-

стью ШОЛ над неравномерной гладкой поверхностью.

5. При доброкачественных опухолях, эозинофильном инфильтрате, гамартохондроме, аспергилломе, хроническом абсцессе, внутрилегочной гематоме не определялось статистически значимых различий между количеством больных с равномерной гладкой поверхностью ШОЛ и неравномерной гладкой поверхностью.

6. При первичном раке легкого, единичных и множественных туберкуломах, эхинококке, цистицеркозе определялось статистически значимое преобладание количества больных с выражено деформированными бронхами, окружающими ШОЛ, над умеренно деформированными бронхами.

7. При инфильтративном и очаговом туберкулезе определялось статистически значимое преобладание количества больных с умеренно деформированными бронхами, окружающими ШОЛ, над выражено деформированными бронхами.

8. При пневмонии, доброкачественных опухолях, ретенционных кистах, гамартохондроме, аспергилломе, хронических абсцессах, внутрилегочной гематоме не определялось статистически значимых различий между количеством больных с выражено деформированными бронхами, окружающими ШОЛ, и умеренно деформированными бронхами.

9. У больных с единичными и множественными метастазами, эозинофильным инфильтратом бронхи, окружающие ШОЛ, не были изменены.

10. Необходима разработка программного обеспечения, позволяющего количественно характеризовать поверхность ШОЛ и степень деформации окружающих бронхов.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розенштраух А.С. Психофизиологические факторы в рентгенодиагностике // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 1994; 4: 57–61.
2. Коновалов В.К., Шойхет Я.Н., Лобанов М.Н., Шевчук Ю.А., Бобров И.П., Колмогоров В.Г. Применение 3D-реконструкций при топографической мультиспиральной компьютерно-томографической диагностике шаровидных образований легких // *Проблемы клинической медицины*. 2011; 1–2: 52–59.
3. Солодкий В.А., Котляров П.М., Щербихина Е.В., Егорова Е.В., Шадури Е.В. Роль мультипланарных реконструкций при постпроцессинговой обработке изображений в диагностике очаговых образований легких // *Медицинская визуализация*. 2010; 2: 81–87.
4. Хоружик С.А., Михайлов А.Н. Основы КТ-визуализации. Часть 2. Постпроцессинговая обработка изображений // *Радиология-практика*. 2011; 4: 52–65.
5. Руководство пользователя рабочей станции Vitrea® 2, версия 3.9, пакет программного обеспечения анализа легких VPMС-7854В (08/2006). Компания Vital Images Inc. 2006: 9–19.
6. Kim M., Lee J.M., Yoon J.H., Son H., Choi J.W., Han J.K. et al. Adaptive iterative dose reduction algorithm in CT: effect on image quality compared with filtered back projection in body phantoms of different sizes // *Korean J. Radiol.* 2014; 15: 195–204. DOI: 10.3348/kjr.2014.15.2.195.
7. Xie X., Zhao Y., Snijder R.A., van Ooijen P.M., de Jong P.A., Oudkerk M. et al. Sensitivity and accuracy of volumetry of pulmonary nodules on low-dose 16- and 64-row multi-detector CT: an anthropomorphic phantom study // *Eur. Radiol.* 2013; 23: 139–147. DOI: 10.1007/s00330-012-2570-7.
8. Chae H.-D., Park C. M., Park S. J., Lee S. M., Kim K. G., Goo J. M. Computerized Texture Analysis of Persistent Part-Solid Ground-Glass Nodules: Differentiation of Preinvasive Lesions from Invasive Pulmonary Adenocarcinomas // *Radiology*. 2014; 273 (1): 285–293. DOI: 10.1148/radiol.14132187.
9. Song Y.S., Park C.M., Park S.J., Lee S.M., Jeon Y.K., Goo J.M. Volume and Mass Doubling Times of Persistent Pulmonary Subsolid Nodules Detected in Patients without Known Malignancy // *Radiology*. 2014; 273 (1): 276–284. DOI: 10.1148/radiol.14132324.
10. Higuchi K., Nagao M., Matsuo Y., Sunami S., Kamitani T., Jinnouchi M. et al. Detection of ground-glass opacities by use of hybrid iterative reconstruction (iDose) and low-dose 256-section computed tomography: a phantom study // *Radiol. Phys. Technol.* 2013; 6: 299–304. DOI: 10.1007/s12194-013-0200-y.
11. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Аналитическая геометрия. М.: Физматлит, 2002: 240.
12. Кудрявцев А.Д. Курс математического анализа. М.: Дрофа, 2006: 570.

Поступила в редакцию 06.06.2016

Утверждена к печати 01.12.2016

Колмогоров Владимир Геннадьевич, канд. мед. наук, зав. отделом лучевой диагностики, Диагностический центр Алтайского края, г. Барнаул.

Коновалов Владимир Константинович, д-р мед. наук, профессор кафедры онкологии, лучевой терапии, лучевой диагностики, Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул.

Леонов Сергей Леонидович, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии автоматизированных производств, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул.

Лобанов Михаил Николаевич, канд. мед. наук, зав. отделом лучевой диагностики, Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, г. Барнаул.

(✉) Колмогоров Владимир Геннадьевич, e-mail: vkolmogorov@dca.ru

УДК 616.24-006-079.4-073.756.8

DOI 10.20538/1682-0363-2016-5-39-55

For citation: Kolmogorov V.G., Konovalov V.K., Leonov S.L., Lobanov M.N. The role of target 3d reconstructions when analysing qualitative characteristics of the surface of circular-shaped growth in the lungs. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2016; 15 (5): 39–55

The role of target 3D-reconstructions when analysing qualitative characteristics of the surface of circular-shaped growth in the lungs

Kolmogorov V.G.¹, Konovalov V.K.², Leonov S.L.³, Lobanov M.N.⁴

¹ *Diagnostic Center of the Altai Territory
75a, Komsomolsky Av., Barnaul, Russian Federation*

² *Altai State Medical University
40, Lenina Av., Barnaul, Russian Federation*

³ *Altai State Technical University named after I.I. Polzunov
46, Lenina Av., Barnaul, Russian Federation*

⁴ *Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis
1/3, Lupidevskogo Str., Barnaul, Russian Federation*

ABSTRACT

The purpose of this paper is to improve the accuracy of X-ray diagnostics of circular-shaped growth (CSG) by developing computed tomographic semiotics of qualitative characteristics of its surface and the state of the surrounding bronchi using target 3D-reconstruction.

Material and methods. 560 patients at the age of 3–89 years were examined. Target 3D reconstruction was carried out with the use of 3D Fly Through program (Toshiba Medical Systems, Japan) which removed the tissue surrounding CSG at a distance of 5–10 mm from the outer boundaries.

CSG was inscribed into a cube. In case of the primary central and peripheral lung cancer a number of patients with severe rough surface of CSG prevailed over a number of patients with slightly rough surface was detected. In case of infiltrative tuberculosis, pneumonia, echinococcus, retention cysts the prevalence of a number of patients with slightly rough surface of CSG over a number of patients with rough surface was identified. In case of single cancer metastases, single and multiple tuberculomas the prevalence of a number of patients with non-uniform smooth surface of CSG over a number of patients with uniform smooth surface was identified. In case of multiple cancer metastasis, focal tuberculosis, cysticercosis the prevalence of a number of patients with a uniform smooth surface of CSG over a number of patients with uneven smooth surface was identified. In case of benign tumors, eosinophilic infiltrate, gamartohondroma, aspergilloma, chronic abscess, intrapulmonary hematoma there was not difference between the number of patients with a uniform smooth surface of CSG and a number of patients with uneven smooth surface. In case of primary lung cancer metastasis, single and multiple tuberculomas, echinococcus, cysticercosis there was a prevalence of the number of patients with expressed deformed bronchi surrounding CSL over a number of patients with moderately deformed bronchi. In case of infiltrative and focal tuberculosis there was prevalence of a number of patients with moderately deformed bronchi surrounding CSL over a number of patients with expressed deformed bronchi.

Results. In case of pneumonia, benign tumors, retention cysts, gamartohondroma, aspergilloma, chronic abscesses, and intrapulmonary hematomas there was no difference between the number of patients with expressed deformed bronchi surrounding CSL, and a number of patients with moderately deformed bronchi. Patients with single and multiple metastases, eosinophilic infiltration, bronchi surrounding CSL were not changed. It is necessary to develop a software that allows quantitatively characterize the surface of CSL and the degree of deformation of the surrounding bronchi.

Key words: circle-shaped growth in lungs, multispiral computed tomography, 3D-reconstruction, surface of circle-shaped growth in lungs.

REFERENCES

1. Rozenshtrauh L.S. Psihofiziologicheskie faktory v rentgenodiagnostike [Physiological factors in Diagnostic Radiology] // *Vestnik rent-genologii i radiologii – Russian journal of radiology*. 1994; 4: 57–61. (in Russian).
2. Konovalov V.K., Shojhet Ja.N., Lobanov M.N., Shevchuk Ju.A., Bobrov I.P., Kolmogorov V.G. Primenenie 3D rekonstrukcij pri topograficheskoj mul'tispiral'noj komp'juter-no-tomograficheskoj diagnostike sharovidnyh obrazovanij legkih [Application of 3D reconstructions for topographic multislice computed tomography diagnosis of lung spherical formations] // *Problemy klinicheskoj mediciny – Problems of clinical medicine*. 2011; 1–2: 52–59 (in Russian).
3. Solodkij V.A., Kotljarov P.M., Shherbahina E.V., Egorova E.V., Shaduri E.V. Rol' mul'tiplanarnyh rekonstrukcij pri postprocessingovoj obrabotke izobrazhenij v diagnostike ochagovyh obrazovanij legkih [The role of multiplanar reconstructions postprocessing imaging in the diagnosis of lung focal lesions] // *Medicinskaja vizualizacija – Medical imaging*. 2010; 2: 81–87 (in Russian).
4. Horuzhik S.A., Mihajlov A.N. Osnovy KT-vizualizacii. Chast' 2. Postprocessingovaja obrabotka izobrazhenij [Basics of CT imaging. Part 2. Postprocessing image treatment] // *Radiologija-praktika – Radiology-practice*. 2011; 4: 52–65 (in Russian).
5. User guide of Vitrea® 2 workstation, version 3.9, a software package of lung analysis VPMC-7854B (08/2006). Vital Images Inc. Company. 2006: 9–19.
6. Kim M., Lee J.M., Yoon J.H., Son H., Choi J.W., Han J.K., Choi B.I. Adaptive iterative dose reduction algorithm in CT: effect on image quality compared with filtered back projection in body phantoms of different sizes // *Korean J. Radiol.* 2014; 15(2): 195–204. DOI: 10.3348/kjr.2014.15.2.195.
7. Xie X., Zhao Y., Snijder R.A., van Ooijen P.M., de Jong P.A., Oudkerk M. de Bock G.H., Vliegenthart R., Greuter M.J. Sensitivity and accuracy of volumetry of pulmonary nodules on low-dose 16- and 64-row multi-detector CT: an anthropomorphic phantom study // *Eur. Radiol.* 2013; 23(1): 139–147. DOI: 10.1007/s00330-012-2570-7.
8. Chae H.D., Park C. M., Park S. J., Lee S. M., Kim K. G., Goo J. M. Computerized Texture Analysis of Persistent Part-Solid Ground-Glass Nodules: Differentiation of Pre-invasive Lesions from Invasive Pulmonary Adenocarcinomas // *Radiology*. 2014; 273(1): 285–293. DOI: 10.1148/radiol.14132187.
9. Song Y.S., Park C.M., Park S.J., Lee S.M., Jeon Y.K., Goo J.M. Volume and Mass Doubling Times of Persistent Pulmonary Subsolid Nodules Detected in Patients without Known Malignancy // *Radiology*. 2014; 273 (1): 276–284. DOI: 10.1148/radiol.14132324.
10. Higuchi K., Nagao M., Matsuo Y., Sunami S., Kamitani T., Jinnouchi M., Yonezawa M., Yamasaki Y., Yabuuchi H., Hatkenaka M., Honda H. Detection of ground-glass opacities by use of hybrid iterative reconstruction (iDose) and low-dose 256-section computed tomography: a phantom study // *Radiol. Phys. Technol.* 2013; 6: 299–304. DOI: 10.1007/s12194-013-0200-y.
11. Il'in V.A., Poznjak Je.G. Analiticheskaja geometrija [Analytic geometry]. M.: Phizmatlit Publ., 2002: 240 (in Russian).
12. Kudrjavcev L.D. Kurs matematicheskogo analiza [Mathematical Analysis Course]. M.: Drofa Publ., 2006: 570 (in Russian).

Received June 06.2016

Accepted December 01.2016

Kolmogorov Vladimir G., PhD, Head of the Department of Radiation Diagnosis, Diagnostic Center of the Altai Territory, Barnaul, Russian Federation.

Konovalov Vladimir K., MD, Professor of the Department of Oncology, Radiation Therapy, Radiation Diagnosis with the Course of Additional Post-graduate Education, Altai State Medical University, Barnaul, Russian Federation.

Leonov Sergey L., DTSc, Professor of the Department of Automated Production Technology, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russian Federation.

Lobanov Mikhail N., PhD, Head of the Department of Radiation Diagnosis of the Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Barnaul, Russian Federation.

(✉) **Kolmogorov Vladimir G.**, e-mail: vkolmogorov@dcak.ru