

## Значение рентгенологического метода при исследовании легких у пациентов с ингаляционной травмой

Э.А. Береснева, Т.Г. Спиридонова\*, Е.А. Жиркова, М.В. Барина, Т.И. Семенова, П.А. Брыгин, О.А. Забавская, Е.П. Соколова, Е.А. Лапшина, А.С. Орлов

Отделение лучевой диагностики

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»

Российская Федерация, 129090, Москва, Б. Сухаревская площадь, д. 3

\* Контактная информация: Спиридонова Тамара Георгиевна, доктор медицинских наук, научный консультант отделения острых термических поражений НИИ СП им. Н.В. Склифосовского. Email: SpiridonovaTG@sklif.mos.ru

<b>АКТУАЛЬНОСТЬ</b>	Ингаляционная травма (ИТ) – комбинированное поражение дыхательных путей, паренхимы легких и центральной нервной системы. Наиболее полно в литературе описаны изменения слизистой оболочки при термическом ожоге дыхательных путей (ОДП) в результате ингаляции продуктов горения, в то время как поражение паренхимы легких при ИТ практически не изучено.
<b>ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>	Определить возможности и значение рентгенологического метода при исследовании легких у пациентов с ИТ.
<b>МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ</b>	Обследованы 184 пострадавших с ИТ, из них с 1-й степенью ОДП – 53, со 2-й – 92, с 3-й – 39 больных. Использованы методы: рентгенологический, рентгеновская компьютерная томография (РКТ) грудной клетки, ультразвуковое исследование грудной клетки, изучение функции внешнего дыхания (ФВД), морфологическое исследование легких, статистические методы.
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ</b>	При рентгенологическом исследовании у большинства пациентов с ИТ выявлены изменения в периферических отделах обоих легких по типу ячеистой деформации легочного рисунка с образованием фигур, напоминающих «тутовую ягоду» или «гроздь винограда». Изучение ФВД обнаружило признаки снижения вентиляции легких и обструктивные изменения в бронхиолах. При РКТ у отдельных больных в периферических отделах легких выявлены множественные локальные участки пониженной плотности без видимых стенок, соответствующие альвеолам при задержке в них воздуха. При гистологическом исследовании периферических отделов легких обнаружены округлые воздушные образования – значительно расширенные альвеолы. Такие изменения связаны с нарушением выдоха вследствие сужения респираторных бронхиол.
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	Рентгенологический метод позволяет выявить признаки повреждения паренхимы легких у пациентов с ИТ. С помощью статистической оценки нами показано, что наличие ячеистой деформации легочного рисунка при ИТ является объективным признаком, подтвержденным коэффициентом каппы Коэна (0,6±0,14; 95% ДИ [0,32–0,88]).
<b>Ключевые слова:</b>	изолированная ингаляционная травма, рентгенография легких, ячеистая деформация легочного рисунка, рентгеновская компьютерная томография, ожог дыхательных путей, функция внешнего дыхания, морфологическое исследование периферических отделов легких
<b>Ссылка для цитирования</b>	Береснева Э.А., Спиридонова Т.Г., Жиркова Е.А., Барина М.В., Семенова Т.И., Брыгин П.А. и др. Значение рентгенологического метода при исследовании легких у пациентов с ингаляционной травмой. <i>Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь</i> . 2019;8(3):279–287. <a href="https://doi.org/10.23934/2223-9022-2019-8-3-279-287">https://doi.org/10.23934/2223-9022-2019-8-3-279-287</a>
<b>Конфликт интересов</b>	Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
<b>Благодарности</b>	Исследование не имеет спонсорской поддержки

БС – бронхоскопия  
ДИ – доверительный интервал  
ИВЛ – искусственная вентиляция легких  
ИИТ – изолированная ингаляционная травма  
ИТ – ингаляционная травма  
ОДП – ожог дыхательных путей  
п.т. – поверхность тела

РКТ – рентгеновская компьютерная томография  
ТБД – трахеобронхиальное дерево  
ТКФ – точный критерий Фишера  
УЗИ – ультразвуковое исследование  
ФВД – функция внешнего дыхания  
ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких  
ЯДЛР – ячеистая деформация легочного рисунка

### ВВЕДЕНИЕ

Ингаляционная травма (ИТ) – одна из сложных проблем в комбустиологии. По данным различных авторов, при пожарах ИТ получают 20–33% пострадавших, из которых 30–50% погибают [1–3]. В США регистрируется ежегодно более 20 000 пострадавших с ИТ [4]. В ожоговый центр НИИ СП им. Н.В. Склифосовского

в 2014–2017 гг. в среднем ежегодно госпитализировали 730 пострадавших, из которых около 20% составляли пациенты с изолированной ИТ (ИИТ).

При пожарах в закрытых помещениях на организм пострадавшего воздействует комплекс физических и химических факторов [5]. Понятие ИТ включает

поражение слизистой оболочки трахеобронхиального дерева (ТБД) — собственно ожог дыхательных путей (ОДП), поражение паренхимы легких и действие системных ядов. Авторы отмечают, что не существует корреляции между бронхоскопической оценкой состояния ТБД, клиническим течением и исходом ИТ [6, 7]. Тяжелые клинические проявления развиваются при разрушении сурфактанта альвеол и воздействии системных ядов [5]. Отсутствие стандарта диагностических критериев комплексной оценки степени тяжести ИТ является серьезной проблемой лечения и прогноза заболевания [8, 9].

В эксперименте на овцах при ИТ выявлены значительное увеличение бронхиального кровотока, отек легких, обструкция ТБД твердыми частичками копоти, нейтрофилами, эпителиальными клетками, слизью, что приводит к гипоксии и ателектазам [10].

Ингаляционная травма может быть как изолированной, так и в комбинации с ожогами кожного покрова различной площади и степени тяжести, что взаимно отягощает состояние пациента, увеличивая летальность в 2 раза [11].

Основным и надежным методом диагностики ОДП является бронхоскопия (БС). В НИИ СП им. Н.В. Склифосовского на базе ожогового центра была разработана и применяется с 1990 г. эндоскопическая классификация ОДП, основанная на степени тяжести поражения слизистой оболочки ТБД. Классификация выделяет 4 степени: 1-я степень — катаральная форма, 2-я — эрозивная, 3-я — язвенная, 4-я — некротическая [12].

Эндоскопические и морфологические (биопсийный материал) сопоставления ИТ различной степени тяжести позволили изучить течение ОДП при традиционном способе лечения и эндобронхиальной лазерной терапии [13].

Работа, проведенная W.Y. Lin *et al.* в 1997 г., с использованием скинтиграфии легких с радиоаэрозолем  $^{99m}\text{Tc}$ -ДТРА показала, что неоднородное распределение препарата соответствовало более тяжелому поражению. Авторы пришли к заключению, что данный метод обеспечивает объективную оценку степени тяжести ингаляционного повреждения легких [14].

В последние годы за рубежом с целью диагностики ОДП наряду с БС используется рентгеновская компьютерная томография (РКТ) органов грудной клетки. Исследования показали корреляцию между увеличением (>3 мм) толщины стенки бронха (измеренной на расстоянии 2 см от бифуркации трахеи), развитием пневмонии и временем нахождения на искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Авторы доказали высокую чувствительность и специфичность метода РКТ при ингаляционном поражении, выявив, что утолщение стенки бронха приводит к уменьшению воздушного потока [15, 16].

Таким образом, ранняя прижизненная диагностика повреждений паренхимы легких является актуальной научно-клинической проблемой. Некоторые авторы описывают рентгенологические признаки изменения легких при ИТ как уплотнение бронхиальной стенки, подглоточный отек и отек легких, как «пятнистую неоднородную структуру» [17–19]. Высказывались предположения, что рентгенологический метод исследования легких при ИТ является низкочувствительным, поскольку почти половина больных, нуждающихся в ИВЛ, имеют нормальные рентгенограммы легких

[14, 20]. Такой консервативный подход объясняет практически полное отсутствие отечественных и зарубежных публикаций по рентгеновскому исследованию легких при ИТ.

В 2013 г. профессор Э.А. Береснева впервые обратила внимание на наличие характерных изменений на рентгенограммах большинства больных с ИИТ в виде ячеистой деформации легочного рисунка (ЯДЛР). Обнаруженные изменения были положены в основу данного исследования.

**Цель исследования:** определить возможности и значение рентгенологического метода при исследовании легких у пациентов с ИТ.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведен ретроспективный анализ историй болезней 184 пациентов с ИТ, находившихся на лечении в ожоговом центре НИИ СП им. Н.В. Склифосовского с 2014 по 2017 г. Критерием включения пациентов в исследование была ИТ. Диагноз ИТ ставили клинически на основании анамнеза и осмотра (нахождение в задымленном помещении, закупочность полости рта и носовых ходов, кашель и першение в горле, рассеянные хрипы в легких, одышка). Степень тяжести ОДП определяли при первичной БС при поступлении.

Статистический анализ данных проводили с помощью пакета программы *Statistica 13 (StatSoft, Inc., США)*. Описательная статистика количественных признаков представлена медианами и квартилями в формате Ме (LQ; UQ). Независимые группы сравнивали с применением точного критерия Фишера (ТКФ). Пороговый уровень значимости  $p$  принят равным 0,05. С целью подтверждения вновь выявленного симптома ЯДЛР независимую оценку рентгенограмм проводили два врача-рентгенолога (эксперта). Каждый эксперт подтверждал или отрицал наличие ЯДЛР на рентгенограмме. Результаты статистически оценивали посредством коэффициента каппы Коэна с расчетом стандартной ошибки и 95% доверительного интервала (ДИ), позволяющего судить о случайном или неслучайном совпадении заключений [21].

Среди 184 пациентов ОДП 1-й степени выявлен у 53 больных, 2-й степени — у 92, 3-й — у 39 больных. У 49 пациентов (26,6%) имели место поверхностные ожоги кожи I степени (по МКБ-10) на площади от 0,1 до 10% поверхности тела (п.т.), медиана 4,0 (2,0; 5,0)% п.т. Умерли 38 больных.

Возраст пациентов составил от 16 до 95 лет. В табл. 1 представлены медианы возраста больных с различной степенью тяжести ОДП.

Таблица 1

#### Характеристика больных по возрасту при разной степени тяжести ожога дыхательных путей

Table 1

#### Characterization of patients by age with varying degrees of airways burn

Степень ожога	Число наблюдений, <i>n</i>	Показатели возраста, лет		
		Ме (LQ; UQ)*	Минимум	Максимум
1-я	53	42 (30; 67)	20	85
2-я	92	57,5 (40; 72,5)	21	95
3-я	39	58 (41; 80)	16	90
Всего:	184	54 (35; 73)	16	95

Примечания: \* Медиана (25; 75 квартили)

Распределение больных по полу при различной степени тяжести ОДП приведено в табл. 2.

Таблица 2

**Характеристика больных по полу при ожоге дыхательных путей разной степени**

Table 2

**Characteristics of patients by gender in the presence of varying degrees of airways burns**

Пол	Степень ожога			Всего:
	1-я	2-я	3-я	
Женщины	23 (43,4%)	46 (50,0%)	16 (41,0%)	85 (46,2%)
Мужчины	30 (56,6%)	46 (50,0%)	23 (59,0%)	99 (53,8%)
Всего больных:	53	92	39	184

У 112 больных (60,9%) диагностировали отравление продуктами неполного сгорания разных материалов, в том числе угарным газом, что отражено в табл. 3. Клинически это проявлялось нарушением сознания (вплоть до комы). У части больных лабораторно определялось повышенное содержание карбоксигемоглобина в крови от 8 до 27%, медиана — 21 (16,2; 24,9)%.

Таблица 3

**Распределение больных с ожогом дыхательных путей в зависимости от отравления продуктами горения**

Table 3

**Distribution of patients with airways burns depending on poisoning by combustion products**

Отравление продуктами горения	Степень ожога			Всего
	1-я	2-я	3-я	
Да	25 (47,2%)	61 (66,3%)	26 (66,7%)	112 (60,9%)
Нет	28 (52,8%)	31 (33,7%)	13 (33,3%)	72 (39,1%)
Всего больных	53	92	39	184

Среди 184 пациентов у 121 (65,8%) не было явлений дыхательной недостаточности, а у 63 (34,2%) в связи с дыхательной недостаточностью потребовалась ИВЛ (табл. 4).

Таблица 4

**Распределение больных с ожогом дыхательных путей в зависимости от типа дыхания**

Table 4

**Distribution of patients with AB, depending on the type of breathing**

Тип дыхания	Степень ожога			Всего
	1-я	2-я	3-я	
Самостоятельное	51 (96,2%)	63 (68,5%)	7 (17,9%)	121 (65,8%)
Искусственная вентиляция легких	2 (3,8%)	29 (31,5%)	32 (82,1%)	63 (34,2%)
Всего	53	92	39	184

Всем пострадавшим в первые сутки поступления в ожоговый центр проводили рентгенологическое исследование органов грудной клетки для изучения состояния легких. Для этого использовали передвижные рентгеновские аппараты, выполняли прямые задние снимки.

РКТ-исследования 10 больным проведены на спиральном компьютерном томографе *Aquilion Prime* (80/0,5) фирмы *Toshiba*. Зона сканирования — с уровня яремной вырезки до нижних отделов реберно-диафрагмальных синусов, ширина поля — с захватом мягких тканей, коллимация слоя 0,5–1 мм, интервал реконструкции — 1–3 мм. Напряжение — 120 кВт, экспозиция — 120–140 мА (применяли функцию автоматической регулировки). Предварительный анализ результатов спиральной РКТ проводили на рабочей консоли. Полученные изображения подвергали качес-

твенному (положение, форма, контуры, структура) и количественному анализу (размеры в мм, объем в см<sup>3</sup>, плотность в единицах Хаунсфилда (ед.Н)). Затем на рабочей станции осуществляли постпроцессорную обработку изображений с построением многоплоскостных реформаций.

Функцию внешнего дыхания (ФВД) определяли методом спирометрии. Исследование выполнено 25 больным с ИИТ и включало измерение жизненной емкости легких и скоростных показателей дыхания. Для исследования использовали компьютерный цифровой спирометр, состоящий из датчика потока воздуха и электронного устройства, преобразующего показания датчика в цифровую форму.

УЗИ плевральных полостей и легкого выполняли пациентам при поступлении и в динамике на приборах *Logiq P6* с использованием конвексного датчика 2–5 МГц и линейного датчика 7 МГц. Исследование выполняли по стандартной методике, описанной Б.Е. Шаховым, Д.В. Сафоновым [22] в положении пациента лежа на спине (при возможности — на боку) [23], в зависимости от тяжести состояния пострадавшего. При осмотре оценивали разобщение листков плевры, наличие и характер содержимого плевральной полости, толщину листков плевры, паренхиму легкого из всех доступных точек по межреберьям. Каждому пациенту было выполнено от 2 до 4 УЗИ плевральной полости.

Гистологическое исследование аутопсийного материала периферических отделов легких выполнено у 35 из 38 умерших. Использовали общеизвестные методики: окраску гематоксилином и эозином, пикрофуксинном по Ван-Гизону. Фибрин исследовали с помощью окраски *MSB*.

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

При анализе рентгенограмм больных с ИТ при поступлении обращали на себя внимание изменения легочного рисунка по ячеистому типу, выраженные в разной степени. Эти изменения заключались в исчезновении четкого сосудистого рисунка и появлении либо множественных участков просветления округлой формы почти одинаковых размеров (0,3–0,4 см), тесно расположенных, напоминающих гроздь винограда (рис. 1), либо занимающих все легочное поле, как в верхних, так и в нижних отделах. В периферических отделах легких, больше справа, фигуры были похожи на «тутовые ягоды». Корни легких при этом были неизменными. Диафрагма определялась в обычном положении, признаки свободной жидкости в плевральных полостях отсутствовали. При выявлении других изменений в легких (венозного полнокровия, гиповентиляции, пневмонии и т.д.) ЯДЛР проявлялась более четко.

Рентгенограммы 184 больных оценивали два врача-рентгенолога. Первый эксперт выявил наличие ЯДЛР у 179, а ее отсутствие — у 5 больных. Второй эксперт выявил наличие ЯДЛР у 171, а ее отсутствие — у 13 больных. Общее число согласованных независимых диагностических заключений экспертов составило: положительные — 171, отрицательные — 5. Чтобы исключить случайное совпадение заключений врачей, нами был рассчитан коэффициент каппы Козна, который составил  $0,6 \pm 0,14$  (95% ДИ [0,32–0,88]). Полученный результат свидетельствует о том, что сов-

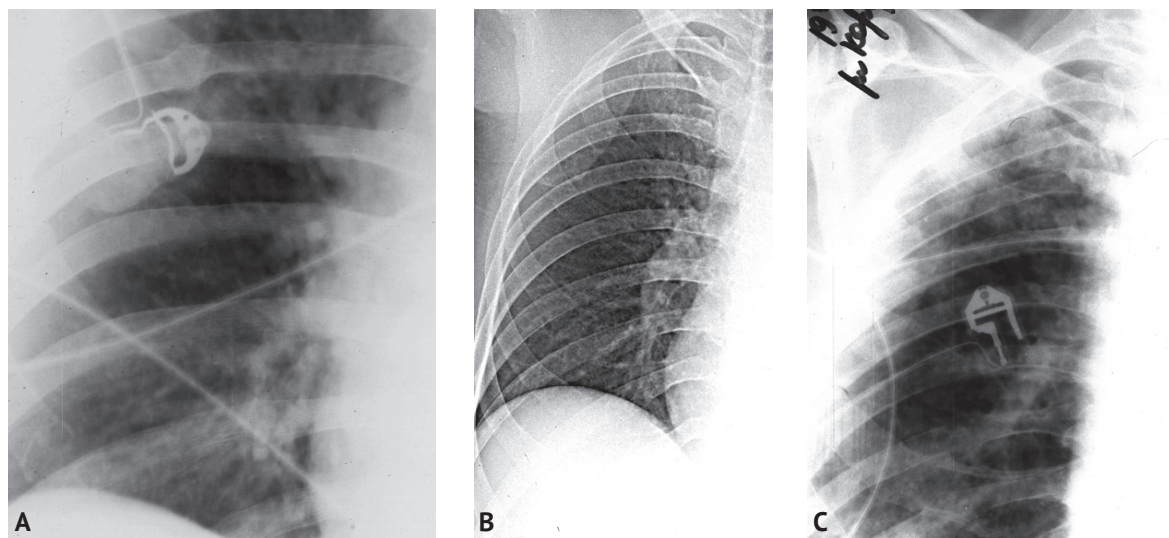


Рис. 1. Рентгенограммы больных с различной степенью тяжести изолированной ингаляционной травмы. Отчетливо определяется ячеистая деформация легочного рисунка. Ожоги дыхательных путей: А — 1-й степени; В — 2-й степени; С — 3-й степени

Fig. 1. X-ray images of patients with varying severity of IT. The network deformation of the pulmonary pattern is clearly defined. A — AB of 1 degree; B — AB of 2 degree; C — AB of 3 degree

падения заключений двух независимых врачей-экспертов объективны.

Для исключения влияния ограниченных поверхностных ожогов кожи на возникновение ЯДЛР при ИТ мы сравнили частоту ее выявления у больных с ИИТ и больных с ИТ и ограниченными поверхностными ожогами кожи. ЯДЛР была обнаружена у всех 49 больных с ИТ и ожогами кожи и у 130 больных из 135 с ИИТ. Статистический анализ не выявил значимой разницы между ними ( $p=0,327$ ; ТКФ).

Проведенный попарный статистический анализ частоты выявления ЯДЛР у больных с разной степенью тяжести ОДП (табл. 5) показал, что не было статистически значимой разницы частоты выявления ячеистой деформации между группами ( $p=0,757$ ,  $p=0,615$  и  $p=0,443$  соответственно; ТКФ).

Нами показано, что выраженность ЯДЛР при ОДП разной степени тяжести была различной, что представлено в табл. 6.

Как видно из табл. 6, при ОДП 1-й степени хорошо выраженная ячеистая деформация выявлена у 34 больных из 53 (64,1%), при ОДП 2-й степени — у 68 больных из 92 (73,9%), при ОДП 3-й степени — у 36 из 39 больных (92,3%).

Таким образом, исследование показало, что существует прямая зависимость степени тяжести повреждения слизистой оболочки ТБД и паренхиматозного повреждения легочной ткани, проявляющегося в виде ЯДЛР, что демонстрирует рис. 2.

При морфологическом исследовании легких 35 умерших обнаружены изменения, подтверждающие клинические и рентгенологические данные, свидетельствующие о нарушении выдоха и скоплении воздуха в альвеолах (М.В. Барина). Морфологические исследования периферических отделов легких выявили поражение респираторных бронхиол в виде десквамативного бронхолита с сужением их просвета и значительно растянутые стенки альвеол (рис. 3). Эти воздушные образования отличались от воздушных кист множественностью, тесным расположением, отсутствием выстилки или капсулы. При морфологи-

Таблица 5

Сравнение наличия ячеистой деформации легочного рисунка при ожоге дыхательных путей разной степени тяжести

Table 5

Comparison of network deformation of pulmonary pattern in AB of varying degrees of severity

Сравниваемые степени ожога дыхательных путей	<i>p</i> (точный критерий Фишера)
1-я и 2-я	0,757
1-я и 3-я	0,615
2-я и 3-я	0,443

Таблица 6

Степень выраженности ячеистой деформации легочного рисунка при ожоге дыхательных путей разной степени тяжести

Table 6

The degree of severity of network deformation of the pulmonary pattern in the presence of AB of varying severity

Степень ожога	Число больных, <i>n</i>	Степень выраженности ячеистой деформации					
		Хорошо		Слабо		Отсутствует	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
1	53	34	64,1	18	34,0	1	1,9
2	92	68	73,9	20	21,7	4	4,4
3	39	36	92,3	3	7,7	0	0
Всего больных	184	138	75,0	41	22,3	5	2,7

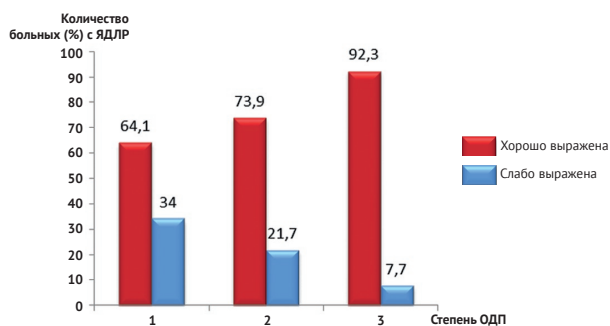


Рис. 2. Зависимость степени тяжести ожога дыхательных путей (ОДП) и выраженности ячеистой деформации легочного рисунка (ЯДЛР)

Fig. 2. The dependence of the AB severity and the significance of network deformation of pulmonary pattern

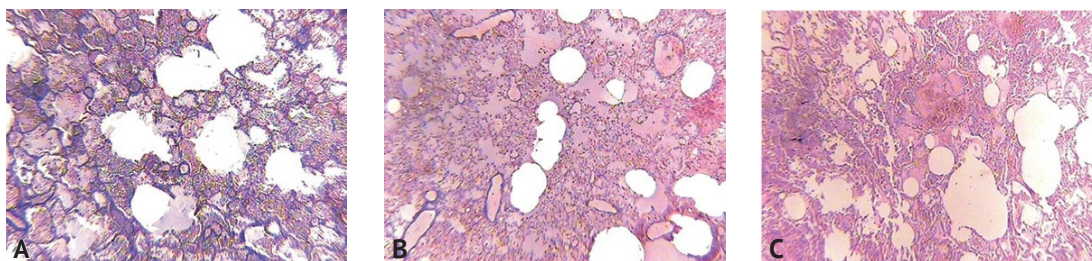


Рис. 3. Морфологические изменения в легком. На фоне воспалительной инфильтрации определяются множественные вздутые альвеолы как признак нарушения выдоха. А — ожог дыхательных путей 1-й степени. В альвеолах выраженная лейкоцитарная реакция со вздутыми альвеолами. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение  $\times 200$ ; В — ожог дыхательных путей 2-й степени. Лейкоцитарный экссудат и участки отека со вздутыми альвеолами. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение  $\times 120$ ; С — ожог дыхательных путей 3-й степени. Множественные вздутые альвеолы различных размеров в легочной ткани. Окраска гематоксилином и эозином, увеличение  $\times 100$

Fig. 3. The morphological changes in the lung. Against the background of inflammatory infiltration, multiple overinflated alveoli are determined as a sign of exhalation disturbance. A — AB of 1 degree. The marked white blood cells reaction with overinflated alveoli. Hematoxylin and eosin stain, magnification  $\times 200$ ; B — AB of 2 degree. White blood cells exudate and areas of edema with overinflated alveoli. Hematoxylin and eosin stain, magnification  $\times 120$ ; C — AB of 3 degree. Multiple overinflated alveoli of various sizes in the lung tissue. Stained with hematoxylin and eosin, magnification  $\times 100$

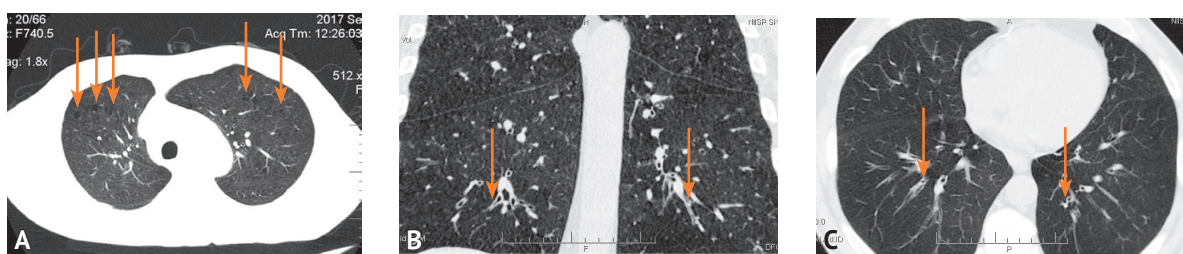


Рис. 4. Рентгеновская компьютерная томография органов грудной клетки. А — центрилобулярная эмфизема у пациента с ингаляционной травмой; В — фронтальная реконструкция. В обоих легких, преимущественно в верхних долях — в центре вторичных легочных долек определяются множественные локальные участки пониженной плотности без видимых стенок, четко отграниченные от неизменной легочной паренхимы. Количество сосудов и их диаметр в этих участках уменьшены. Стрелками показаны утолщенные стенки сегментарных бронхов; С — аксиальный срез. Компьютерная томография органов грудной клетки. Стрелками показаны утолщенные стенки сегментарных бронхов

Fig. 4. CT of the chest. A — Centrilobular emphysema in a patient with inhalation trauma; B — Frontal reconstruction. Multiple local areas of reduced density without visible walls are defined, clearly delimited from the unchanged pulmonary parenchyma in both lungs, mainly in the upper lobes, in the center of the secondary pulmonary lobules. The number of vessels and their diameter in these areas are reduced. Arrows indicate the thickened walls of the segmental bronchi; C — Axial slice. Computed tomography of the chest. Arrows indicate the thickened walls of the segmental bronchi

ческом исследовании центральных участков легких подобные изменения не обнаружены.

При изучении ФВД у 25 больных с ИИТ при 1-й степени ОДП функциональных нарушений дыхательной системы не выявлено; при 2–3-й степени ОДП отмечено снижение вентиляции легких, признаки обструкции бронхиол в совокупности с рестриктивными нарушениями.

При УЗИ периферических участков легких у 4 больных с ИТ и выраженной ЯДЛР выявлены В-линии, которые не являются специфичными и определяются при других заболеваниях (тромбоэмболия легочной артерии, отек легких, а также при проведении ИВЛ). Обнаружена умеренная неоднородность более глубоких слоев легочной паренхимы (3–5–7 см).

При анализе РКТ у 10 больных с ИТ выраженные изменения обнаружены у одного больного, преимущественно в верхних долях обоих легких, по типу центрилобулярной эмфиземы (рис. 4 А) с изменениями вокруг терминальных бронхиол, в центрах вторичных легочных долек, в виде множественных локальных участков пониженной плотности, четко отграниченных от неизменной легочной ткани. Необходимо отметить, что пациент не имел анамнеза курящего, не страдал хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ). У этого же, а также у 4 других больных выявлены признаки утолщения стенок крупных и

средних бронхов, приводящих к уменьшению воздушного потока (рис. 4 В, С).

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Проблема диагностики и лечения поражения слизистой оболочки ТБД при ИТ изучена в эксперименте и клинике [5, 10, 24]. Однако до настоящего времени значительные трудности представляет диагностика поражения конечной структурно-функциональной единицы легких (ацинуса) при ИТ. Несмотря на то, что многие авторы считают рентгенологический метод оценки легких при ИТ низкочувствительным [15, 20], проведенное нами комплексное диагностическое исследование легких показало, что ИТ сопровождается значительными рентгенологическими изменениями периферических отделов легких. Эти изменения характеризуются появлением ЯДЛР с образованием множества воздушных полостей, кучно расположенных, выявляющихся в периферических отделах по всем легочным полям у пострадавших с ИТ. Тесное расположение воздушных полостей в ряде случаев создает фигуру, напоминающие «гроздь винограда» или «тутовую ягоду». Мы не встретили ни в отечественной, ни в зарубежной литературе результатов рентгенологических исследований при ИТ, которые свидетельствуют о задержке воздуха в раздутых альвеолах в результате нарушения выдоха. Нами выявлена

прямая зависимость между степенью тяжести ОДП и выраженностью ЯДЛР.

Исследование параметров респираторной механики при помощи графического мониторинга аппарата ИВЛ позволило выявить повышение сопротивления дыхательных путей ( $PEEP=16\pm 3$  см вод.ст). При помощи маневра «задержка на выдохе» были выявлены признаки «воздушной ловушки» или *autoPEEP* ( $8\pm 3$  см вод.ст). Полученные данные подтвердили предполагаемое нарушение выдоха и задержку воздуха в раздутых альвеолах, что и является основой ЯДЛР с образованием воздушных фигур типа «грозди винограда» или «тутовой ягоды» [25].

Наши исследования показали, что информативным методом диагностики респираторных нарушений у больных, находящихся на самостоятельном дыхании, является определение параметров ФВД. Метод позволил выявить признаки обструктивных и рестриктивных нарушений, создающих условия для задержки воздуха в альвеолах, что также подтвердило результаты рентгенологического исследования. Подобных сведений в источниках литературы мы не встретили. В работе *F.W. Endorf* и *R.L. Gamelli* сообщается о сравнительном исследовании двух групп больных с ИТ 0–1-й степени и 2–3–4-й степени с определением следующих параметров: режим вентиляции, дыхательный объем, пиковое давление на вдохе, среднее давление в дыхательных путях и комплайнс. В результатах исследования приведены только цифровые данные комплайнса, которые статистически не различаются в сравниваемых двух группах, как и остальные показатели, значения которых не приведены [26].

Мы не получили убедительных данных относительно деформации легочного рисунка при РКТ легких, что может быть обусловлено ограниченным числом наблюдений и требует дальнейших исследований. У отдельных больных были обнаружены утолщения стенок крупных бронхов, приводящих к уменьшению воздушного потока, и появление участков центрилобулярной эмфиземы. Полученные нами данные согласуются с результатами зарубежных исследований [15, 16].

## ЛИТЕРАТУРА

- Dries DJ. Management of burn injuries — recent developments in resuscitation, infection control and outcomes research. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2009;17(1):14. PMID: 19284591 <https://doi.org/10.1186/1757-7241-17-14>
- Mgahed M, El-Helbawy R, Omar A, El-Meselly H, Abd El-Halim R. Early detection of pneumonia as a risk factor for mortality in burn patients in Menoufiya University Hospitals, Egypt. *Ann Burns Fire Disasters.* 2013;26(3):128–135. PMID: 24563638
- Hussain A, Dunn K. Burn related mortality in Greater Manchester: 11-year review of Regional Coronial Department Data. *Burns.* 2014;41(2):225–234. PMID: 25468472 <https://doi.org/10.1016/j.burns.2014.10.008>
- Yamamoto Y, Sousse LE, Enkhbaatar P.  $\gamma$ -tocopherol nebulization decreases oxidative stress, arginase activity, and collagen deposition after burn and smoke inhalation in the ovine model. *Shock.* 2012;38(6):671–676. PMID: 23160521 <https://doi.org/10.1097/SHK.0b013e3182758759>
- Siemers F, Mailänder P. Inhalationstrauma, Kohlenmonoxid- und Cyanidintoxikation. *Notfall Rettungsmed.* 2010;13(1):17–22. <https://doi.org/10.1007/s10049-009-1250-x>
- Sutton T, Lenk I, Conrad P, Halerz M, Mosier M. Severity of Inhalation Injury is Predictive of Alterations in Gas Exchange and Worsened Clinical Outcomes. *J Burn Care Res.* 2017;12. PMID: 28570316 <https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000574>
- Walker PF, Buehner MF, Wood LA, Boyer NL, Driscoll IR, Lundy JB, et al. Diagnosis and management of inhalation injury: an updated review. *Crit Care.* 2015;19:351. PMID: 26507130 <https://doi.org/10.1186/s13054-015-1077-4>
- Reske A, Bak Z, Samuelsson A, Morales O, Seiwerth M, Sjöberg F. Computed tomography — a possible aid in the diagnosis of smoke inhalation injury? *Acta Anaesthesiol Scand.* 2005;49(2):257–260. PMID: 15715631 <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2004.00592.x>
- Palmieri TL, Warner P, Mlcak RP, Sheridan R, Kagan RJ, Herndon DN, et al. Inhalation injury in children: a 10 year experience at Shriners Hospitals for Children. *J Burn Care Res.* 2009;30(1):206–208. PMID: 19060756 <https://doi.org/10.1097/BCR.0b013e3181923ea4>
- Murakami K, Traber DL. Pathophysiological basis of smoke inhalation injury. *News Physiol Sci.* 2005;18:125–129. PMID: 12750450
- Edelman DA, Khan N, Kempf K, White MT. Pneumonia after inhalation injury. *J Burn Care Res.* 2007;28(2):241–246. PMID: 17351439 <https://doi.org/10.1097/BCR.0b013e318031D049>
- Синев Ю.В., Скрипаль А.Ю., Герасимова Л.И., Логинов Л.П., Прохоров А.Ю. Фибробронхоскопия при термоингаляционных поражениях дыхательных путей. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 1988;(8):100–104.
- Галанкина И.Е., Деметьева И.В., Смирнов С.В., Пинчук Т.П., Майоров Г.А., Брыгин П.А. Эндоскопическая и морфологическая оценка эффективности эндобронхиальной лазерной терапии при ингаляционной травме. *Российский медицинский журнал.* 2005;(1):19–23.
- Lin WY, Kao CH, Wang SJ. Detection of acute inhalation injury in fire victims by means of technetium-99m DTPA radioaerosol inhalation lung scintigraphy. *Eur J Nucl Med.* 1997;24(2):125–129. PMID: 9021108
- Yamamura H, Kaga S, Kaneda K, Mizobata Y. Chest computed tomography performed on admission helps predict the severity of smoke-inhalation injury. *Crit Care.* 2013;17(3):R95. PMID: 23706091 <https://doi.org/10.1186/cc12740>
- Yamamura H, Morioka T, Hagawa N, Yamamoto T, Mizobata Y. Computed tomographic assessment of airflow obstruction in smoke inhalation injury: Relationship with the development of pneumonia and injury severity. *Burns.* 2015;41(7):1428–1434. PMID: 26187056 <https://doi.org/10.1016/j.burns.2015.06.008>

17. Teixidor HS, Rubin E, Novick GS, Alonso DR. Smoke inhalation: radiologic manifestations. *Radiology*. 1983;149(2):383–387. PMID: 6622680 <https://doi.org/10.1148/radiology.149.2.6622680>
18. Peitzman AB, Shires GT 3rd, Teixidor HS, Curreri PW, Shires GT. Smoke inhalation injury: evaluation of radiographic manifestations and pulmonary dysfunction. *J Trauma*. 1989;29(9):1232–1238; discussion 1238–1239. PMID: 2671399 <https://doi.org/10.1097/00005373-198909000-00008>
19. Lee MJ, O'Connell DJ. The plain chest radiograph after acute smoke inhalation. *Clin Radiol*. 1988;39(1):33–37. PMID: 3338239 [https://doi.org/10.1016/s0009-9260\(88\)80334-9](https://doi.org/10.1016/s0009-9260(88)80334-9)
20. Wittram C, Kenny JB. The admission chest radiograph after acute inhalation injury and burns. *Br J Radiol*. 1994;67(800):751–754. PMID: 8087478 <https://doi.org/10.1259/0007-1285-67-800-751>
21. Реброва О.Ю. *Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA*. Москва: МедиаСфера; 2003.
22. Шахов Б.Е., Сафонов Д.В. *Трансторакальное ультразвуковое исследование лёгких и плевры*. Н. Новгород: Изд-во НГМА; 2002.
23. Соколова Е.П., Трофимова Е.Ю., Даниелян Ш.Н. Эхоэмиотика повреждений лёгкого при закрытой травме груди. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2015;(3):66–73.
24. Макаров А.В., Миронов А.В., Галанкина И.Е., Смирнов С.В., Пономарев И.Н., Боровкова Н.В. Влияние ранней санационной фибробронхоскопии с аппликацией коллагена 1-го типа человека на сроки эпителизации повреждений слизистой оболочки трахеи и бронхов у пациентов с ингаляционной травмой. *Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского*. 2018;7(2):111–116.
25. Береснева Э.А., Смирнов С.В., Шевякова С.В., Брыгин П.А., Полякова И.Н., Клычкова Е.В. Значение рентгенологического и лабораторных исследований у пострадавших от воздействия огня и продуктов горения при пожаре (в баре «Хромая лошадь», Пермь, 2009 г.). *Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций*. 2012;(1):17–33.
26. Endorf FW, Gamelli RL. Inhalation injury, pulmonary perturbations, and fluid resuscitation. *J Burn Care Res*. 2007;28(1):80–85. PMID: 17211205 <https://doi.org/10.1097/BCR.0B013E31802C889F>
27. Зимина Л.Н., Баринаева М.В., Полозов М.А., Михайлова Г.В., Розумный П.А., Сахаров Г.Ю., и др. Анализ летальности при острых отравлениях психотропными лекарственными средствами у лиц пожилого и старческого возраста в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского за 2013–2015 гг. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2017;(4):318–323.
15. Yamamura H, Kaga S, Kaneda K, Mizobata Y. Chest computed tomography performed on admission helps predict the severity of smoke-inhalation injury. *Crit Care*. 2013;17(5):R95. PMID: 23706091 <https://doi.org/10.1186/cc12740>
16. Yamamura H, Morioka T, Hagawa N, Yamamoto T, Mizobata Y. Computed tomographic assessment of airflow obstruction in smoke inhalation injury: Relationship with the development of pneumonia and injury severity. *Burns*. 2015;41(7):1428–1434. PMID: 26187056 <https://doi.org/10.1016/j.burns.2015.06.008>
17. Teixidor HS, Rubin E, Novick GS, Alonso DR. Smoke inhalation: radiologic manifestations. *Radiology*. 1983;149(2):383–387. PMID: 6622680 <https://doi.org/10.1148/radiology.149.2.6622680>
18. Peitzman AB, Shires GT 3rd, Teixidor HS, Curreri PW, Shires GT. Smoke inhalation injury: evaluation of radiographic manifestations and pulmonary dysfunction. *J Trauma*. 1989;29(9):1232–1238; discussion 1238–1239. PMID: 2671399 <https://doi.org/10.1097/00005373-198909000-00008>
19. Lee MJ, O'Connell DJ. The plain chest radiograph after acute smoke inhalation. *Clin Radiol*. 1988;39(1):33–37. PMID: 3338239 [https://doi.org/10.1016/s0009-9260\(88\)80334-9](https://doi.org/10.1016/s0009-9260(88)80334-9)
20. Wittram C, Kenny JB. The admission chest radiograph after acute inhalation injury and burns. *Br J Radiol*. 1994;67(800):751–754. PMID: 8087478 <https://doi.org/10.1259/0007-1285-67-800-751>
21. Реброва О.Ю. *Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA*. Москва: МедиаСфера Publ.; 2003. (in Russ.)
22. Shakhov BE, Safonov DV. *Трансторакальное ультразвуковое исследование лёгких и плевры*. Н. Новгород: Изд-во НГМА Publ.; 2002. (in Russ.)
23. Sokolova EP, Trofimova EYu, Danielyan ShN. Ultrasound Lung Injury Pattern in Case of Blunt Thoracic Trauma. *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2015;(3):66–73. (in Russ.)
24. Makarov AV, Mironov AV, Galankina IY, Smirnov SV, Ponomaryov IN, Borkovkova NV. The Effect of Early Fiberoptic Bronchoscopic Sanitation with Human Collagen Type 1 on Epithelization of Damaged Tracheal and Bronchial Mucosa in Patients With Inhalation Injury. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2018;7(2):111–116. (In Russ.) <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2018-7-2-111-116>
25. Beresneva EA, Smirnov SV, Sheviakova SV, Brygin PA, Poliakova IN, Klychnikova EV. The Value of X-Ray and Laboratory Investigations in the Casualties Suffered from the Exposure to the Flame and Combustion Products during the Fire (in the "Lame Horse" Nightclub, Perm, 2009). *Safety and Emergencies Problems*. 2012;(1):17–33. (in Russ.)
26. Endorf FW, Gamelli RL. Inhalation injury, pulmonary perturbations, and fluid resuscitation. *J Burn Care Res*. 2007;28(1):80–85. PMID: 17211205 <https://doi.org/10.1097/BCR.0B013E31802C889F>
27. Zimina LN, Barinova MV, Polozov MA, Mikhailova GV, Rozumny PA, Sakharov GY, et al. Evaluation of Lethality Caused by Acute Poisoning with Psychoactive Drugs in Elderly and Senile Patients in N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine during 2015–2015. *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2017;6(4):318–323. (In Russ.) <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2017-6-4-318-323>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

<b>Береснева Эра Арсеньевна</b>	доктор медицинских наук, профессор, научный консультант отделения лучевой диагностики ГБУЗ «НИИ им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0002-7251-1112">https://orcid.org/0000-0002-7251-1112</a>
<b>Спиридонова Тамара Георгиевна</b>	доктор медицинских наук, научный консультант отделения острых термических поражений ГБУЗ «НИИ им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0001-7070-8512">https://orcid.org/0000-0001-7070-8512</a>
<b>Жиркова Елена Александровна</b>	кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения острых термических поражений ГБУЗ «НИИ им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0002-9862-0229">https://orcid.org/0000-0002-9862-0229</a>
<b>Барина Мария Васильевна</b>	кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории электронной микроскопии ГБУЗ «НИИ им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0002-7774-0803">https://orcid.org/0000-0002-7774-0803</a>
<b>Семенова Татьяна Ивановна</b>	заведующая кабинетом функциональной диагностики лаборатории клинической физиологии ГБУЗ «НИИ им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0002-5680-4222">https://orcid.org/0000-0002-5680-4222</a>
<b>Брыгин Павел Александрович</b>	кандидат медицинских наук, заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии для ожоговых больных ГБУЗ «НИИ им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0002-8511-9646">https://orcid.org/0000-0002-8511-9646</a>
<b>Забавская Ольга Александровна</b>	кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения компьютерной и магниторезонансной томографии ГБУЗ «НИИ им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0001-6893-7973">https://orcid.org/0000-0001-6893-7973</a>
<b>Соколова Екатерина Павловна</b>	кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения ультразвуковых методов исследования и мини-инвазивных методов лечения с использованием ультразвука ГБУЗ «НИИ им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0002-0446-8781">https://orcid.org/0000-0002-0446-8781</a>
<b>Лапшина Екатерина Александровна</b>	врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ГБУЗ «НИИ им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0002-6565-115X">https://orcid.org/0000-0002-6565-115X</a>
<b>Орлов Александр Сергеевич</b>	врач-терапевт отделения острых термических поражений ГБУЗ «НИИ им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», <a href="https://orcid.org/0000-0002-0489-8482">https://orcid.org/0000-0002-0489-8482</a>

Received on 22.03.2019

Accepted on 19.04.2019

Поступила в редакцию 22.03.2019

Принята к печати 19.04.2019

## The Importance of X-Ray in Examination of Lungs in Patients with Inhalation Trauma

**E.A. Beresneva**, **T.G. Spiridonova\***, **E.A. Zhirkova**, **M.V. Barinova**, **T.I. Semenova**, **P.A. Brygin**, **O.A. Zabavskaya**, **E.P. Sokolova**, **E.A. Lapshina**, **A.S. Orlov**

Department of Radiation Diagnostics  
N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department  
3 Bolshaya Sukharevskaya Square, Moscow 129090, Russian Federation

\* **Contacts:** Tamara G. Spiridonova, Doctor of Medical Sciences, Scientific Consultant of the Department of Acute Thermal Lesions, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department. Email: SpiridonovaTG@sklif.mos.ru

### RELEVANCE

Inhalation trauma (IT) is a combined injury of the respiratory tract, lung parenchyma and the central nervous system. Alterations of a mucous membrane during thermochemical airway burn as a result of inhalation of combustion products is most fully described in the literature, while the lesion of pulmonary parenchyma hasn't been studied.

### THE AIM OF THE STUDY

To determine the capabilities and significance of the X-ray method in the study of lungs in patients with IT.

### MATERIAL AND METHODS

We examined 184 victims with IT, of which 53 patients had airways burn of the 1st degree, 92 patients had airways burn of the 2nd degree, and 39 patients had airways burn of the 3rd degree. Methods used: X-ray, chest X-ray computed tomography, ultrasound of the chest, study of the function of external respiration, morphological examination of lungs, statistical methods.

### RESULTS

X-ray studies in patients with IT revealed changes in peripheral parts of both lungs like network deformation of pulmonary pattern to forms resembling "mulberries" or "a bunch of grapes". A study of the function of external respiration revealed signs of decreased lung ventilation and obstructive changes in bronchioles. The X-ray computed tomography of peripheral regions of the lungs in some patients revealed multiple local areas of reduced density with no visible walls corresponding to alveoli holding the air. Histological examination of the peripheral parts of the lungs found round air formations and significantly expanded alveoli. These changes are associated with exhalation disorders due to the constriction of respiratory bronchioles.

### CONCLUSION

The X-ray method allows to detect signs of damage to the pulmonary parenchyma in patients with IT. Using a statistical evaluation, we showed that the presence of network deformation of the pulmonary pattern under the conditions of IT is an objective feature, confirmed with Cohen's kappa coefficient (0.6±0.14; 95% CI [0.32–0.88]).

**Keywords:** isolated inhalation trauma, X-ray of the lungs, X-ray computed tomography, network deformation of pulmonary pattern, airway burn, function of external respiration, morphological examination of the peripheral parts of the lungs

**For citation** Beresneva EA, Spiridonova TG, Zhirkova EA, Barinova MV, Semenova TI, Brygin PA, et al. The Importance of X-Ray in Examination of Lungs in Patients with Inhalation Trauma. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2019;8(3):279–287. DOI: 10.23934/2223-9022-2019-8-3-279-287 (in Russ.)

**Conflict of interest** Authors declare lack of the conflicts of interests

**Acknowledgments** The study had no sponsorship



## Affiliations

Era A. Beresneva	Doctor of Medical Sciences, Professor, Scientific Consultant of the Department of Radiation Diagnostics, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, <a href="https://orcid.org/0000-0002-7251-1112">https://orcid.org/0000-0002-7251-1112</a>
Tamara G. Spiridonova	Doctor of Medical Sciences, Scientific Consultant of the Department of Acute Thermal Lesions, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, <a href="https://orcid.org/0000-0001-7070-8512">https://orcid.org/0000-0001-7070-8512</a>
Elena A. Zhirkova	Candidate of Medical Sciences, Researcher of the Department of Acute Thermal Lesions, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, <a href="https://orcid.org/0000-0002-9862-0229">https://orcid.org/0000-0002-9862-0229</a>
Maria V. Barinova	Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Laboratory of Electron Microscopy, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, <a href="https://orcid.org/0000-0002-7774-0803">https://orcid.org/0000-0002-7774-0803</a>
Tatyana I. Semenova	Head of the Functional Diagnostics Room of the Laboratory of Clinical Physiology, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, <a href="https://orcid.org/0000-0002-5680-4222">https://orcid.org/0000-0002-5680-4222</a>
Pavel A. Brygin	Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Resuscitation and Intensive Care for Burn Patients, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, <a href="https://orcid.org/0000-0002-8511-9646">https://orcid.org/0000-0002-8511-9646</a>
Olga A. Zabavskaya	Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher of the Department of Computed and Magnetic Resonance Imaging, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, <a href="https://orcid.org/0000-0001-6893-7973">https://orcid.org/0000-0001-6893-7973</a>
Ekaterina P. Sokolova	Candidate of Medical Sciences, Researcher of the Department of Ultrasound Research Methods and Minimally Invasive Treatment Methods with Ultrasound, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, <a href="https://orcid.org/0000-0002-0446-8781">https://orcid.org/0000-0002-0446-8781</a>
Ekaterina A. Lapshina	Radiologist of the Department of Diagnostic Radiology, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, <a href="https://orcid.org/0000-0002-6565-115X">https://orcid.org/0000-0002-6565-115X</a>
Aleksandr S. Orlov	General Practitioner of the Department for Acute Thermal Lesions, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department, <a href="https://orcid.org/0000-0002-0489-8482">https://orcid.org/0000-0002-0489-8482</a>