



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья  
УДК 616.24 – 073.75  
<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-6-40-56>

# Критерии и диагностическое значение карт плотности при синдроме острого легочного повреждения у пациентов реанимационного отделения по данным мультиспиральной компьютерной томографии органов грудной клетки

Алексей Викторович Бормышев<sup>1</sup>, Татьяна Геннадьевна Морозова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Смоленск, Россия

<sup>1</sup> [aleksei-bormyshev@mail.ru](mailto:aleksei-bormyshev@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0008-5934-1332>

<sup>2</sup> [t.g.morozova@yandex.ru](mailto:t.g.morozova@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4983-5300>

Автор, ответственный за переписку: Татьяна Геннадьевна Морозова,  
[t.g.morozova@yandex.ru](mailto:t.g.morozova@yandex.ru)

### Аннотация

**Цель исследования.** Определить критерии и диагностическое значение карт плотности при синдроме острого легочного повреждения у пациентов реанимационного отделения и по данным мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) органов грудной клетки (ОГК).

**Материалы и методы.** В ОГБУЗ «Клиническая больница № 1», г. Смоленск, с 2022 по 2024 г. обследовано 93 пациента в возрасте от 44 до 85 лет, мужчины — 52 (55,9 %), женщины — 41 (44,1 %). Исследуемые госпитализированы в отделение реанимации, 87 (95,6 %) из них были переведены в стационар соответствующего нозологии профиля, в течение двух лет под наблюдением остался 81 (93,1 %) пациент (стационарный и/или амбулаторный этап лечения). Всем пациентам основной группы проведено МСКТ ОГК с дополнительной оценкой карт плотности легочной ткани на 64-срезовом аппарате GE Revolution EVO, группе контроля — в 19 (45,2 %) случаях. Статистическая обработка результатов включала описательную статистику, выборки сравнения непараметрических критериев.

**Результаты.** При суммационном количественном показателе карт плотности легочной ткани более 14 % наблюдалось повреждение всех систем жизнеобеспечения, причем при показателе плотности от 14 до 25 % в первую очередь выявлялось повреждение почек, затем ЦНС, при значении более 26 % отмечалось поражение почек и печени. При мониторинге за пациентами в условиях реанимационного отделения у 57 суммационный количественный критерий карт плотности составил от 14 до 25 %. В динамическом наблюдении за представленной группой пациентов отмечена высокая корреляционная связь с отрицательной

© Бормышев А. В., Морозова Т. Г., 2024

клинико-лабораторной динамикой в виде развития одышки, цианоза, тахипноэ, снижения в артериальном кровеносном русле парциального давления кислорода и развитием СОЛП ( $r = 0,978$ ). Суммационный количественный критерий карт плотности легочной ткани позволял прогнозировать наиболее вероятные изменения со стороны других систем жизнеобеспечения при поступлении (AUROC 0,912; ДИ 0,881–0,919) и динамическом наблюдении (AUROC 0,902; ДИ 0,868–0,907).

#### **Выводы**

1. Отмечена высокая корреляционная связь отрицательной клинико-лабораторной динамики и развития СОЛП при суммационном количественном показателе карт плотности легочной ткани по данным КТ от 14 до 25 % ( $r = 0,978$ ), а также прогрессирования СОЛП при 26 % ( $r = 0,985$ ).
2. Суммационный количественный критерий карт плотности легочной ткани по данным КТ позволяет прогнозировать изменения со стороны других систем жизнеобеспечения при поступлении (AUROC 0,912; ДИ 0,881–0,919) и динамическом наблюдении (AUROC 0,902; ДИ 0,868–0,907).
3. Включение в алгоритм ведения пациентов реанимационного отделения оценку карт плотности легочной ткани при МСКТ ОГК способствует снижению летальности и риска развития синдрома последствий интенсивной терапии.

**Ключевые слова:** синдром острого легочного повреждения, компьютерная томография, карты плотности

**Для цитирования:** Бормышев А. В., Морозова Т. Г. Критерии и диагностическое значение карт плотности при синдроме острого легочного повреждения у пациентов реанимационного отделения по данным мультиспиральной компьютерной томографии органов грудной клетки // Радиология — практика. 2024;6:40-56. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-6-40-56>

#### **Источники финансирования**

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

Морозова Т. Г., доктор медицинских наук, доцент, является членом редакционного совета журнала «Радиология — практика». Авторам неизвестно о каких-либо других потенциальных конфликтах интересов, связанных с этой рукописью.

#### **Соответствие принципам этики**

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

## **ORIGINAL RESEARCH**

Original research

# **Criteria and Diagnostic Significance of Density Maps for Acute Lung Injury in Patients of the Intensive**

# Care Unit According to Computed Tomography of the Chest

Aleksey V. Bormyshev<sup>1</sup>, Tat'yana G. Morozova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Smolensk State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia, Smolensk, Russia

<sup>1</sup> t.g.morozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4983-5300>

<sup>2</sup> aleksei-bormyshev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-5934-1332>

Corresponding author: Tat'yana G. Morozova, t.g.morozova@yandex.ru

## Abstract

**Objective.** To determine the criteria and diagnostic significance of density maps for acute lung injury (ALI) in patients of the intensive care unit according to computed tomography (CT) of the chest.

**Materials and Methods.** 93 patients aged 44–85 years were examined in the Clinical Hospital No. 1, Smolensk from 2022 to 2024, men — 52 (55.9 %), women — 41 (44.1 %). Patients were admitted to the intensive care unit, 87 (95.6 %) of them were transferred to the other hospital departments corresponding to the nosological forms of the diseases; 81 (93.1 %) patients remained under follow up period during two years (inpatient and/or outpatient stages of treatment). All patients of the main group underwent CT of the chest, with additional assessment of lung tissue density maps, on a 64-slice GE Revolution EVO computed tomography scan, in the control group — in 19 (45.2 %) cases. Statistical analysis of the results included descriptive statistics, comparison samples of nonparametric criteria.

**Results.** In our study with a summation quantitative criterion of lung tissue density maps of more than 14 %, we watched damage to all life support systems: kidney damage more often occurs with a density criterion from 14 to 25 %, then goes damage of central nervous system; in case of density criterion more than 26 % — kidneys and liver damage. In the monitoring in the intensive care unit in 57 patients, the summation quantitative criterion of density maps ranged from 14 to 25 %. In the follow up period of the presented group of patients, a high correlation was noted with negative clinical and laboratory dynamics in the form of shortness of breath, cyanosis, tachypnea, a decrease in partial oxygen pressure in arterial blood and the development of ALI ( $r = 0.978$ ). The summation quantitative criterion of lung tissue density maps made it possible to predict the most likely changes from other life support systems upon admission (AUROC 0.912; CI 0.881–0.919) and follow up period (AUROC 0.902; CI 0.868–0.907).

## Conclusions

1. There was a high correlation between negative clinical and laboratory dynamics and the development of ALI with a summation quantitative criterion of lung tissue density maps according to CT from 14 to 25 % ( $r = 0.978$ ), as well as the progression of ALI at 26 % ( $r = 0.985$ ).
2. The summation quantitative criterion of lung tissue density maps based on CT allows predicting changes from other life support systems upon admission (AUROC 0.912; CI 0.881–0.919) and follow up period (AUROC 0.902; CI 0.868 – 0.907).
3. The inclusion in the algorithm of management of patients in the intensive care unit of the assessment of lung tissue density maps in CT of the chest helps to reduce mortality and the risk of developing the syndrome of the consequences of intensive therapy.

**Keywords:** acute lung injury, computed tomography, lung tissue density map

**For citation:** Bormyshev A. V., Morozova T. G. Criteria and Diagnostic Significance of Density Maps for Acute Lung Injury in Patients of the Intensive Care Unit according to

Computed Tomography of the Chest. *Radiology — Practice*. 2024;6:40-56. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-6-40-56>

### Funding

The study was not funded by any sources.

### Conflicts of Interest

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Morozova T. G., M. D. Med., associate professor, is a member of the Editorial Board of «Radiology — Practice». The authors are not aware of any other potential conflict of interest relating to this manuscript.

### Compliance with Ethical Standards

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

## Актуальность

Легочная паренхима может поражаться при различных заболеваниях [3, 9, 12]. Синдром острого легочного повреждения (СОЛП), как одно из звеньев патогенеза любой нозологической формы, в своем течении в последующем может переходить в острое состояние — острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС) [9]. Развитие СОЛП запускает последующие звенья патогенеза, неблагоприятно воздействующие на макроорганизм, приводящие к развитию и повышению заболеваемости и также, вероятно, к увеличению смертности в связи с развитием синдрома последствий интенсивной терапии [9]. Таким образом, уже на первом этапе поступления пациента в отделение реанимации перед врачом-реаниматологом стоит важная задача профилактики как прогрессирования и развития СОЛП, так и профилактики синдрома последствий интенсивной терапии. Необходимо учитывать, что существуют некоторые группы диагнозов в качестве причины

для госпитализации, которые требуют длительного времени выздоровления, не приводят к смерти быстро, если им оказывается своевременная поддерживающая терапия [9]. Распространенные заболевания с длительным временем выздоровления включают в себя: нарушения неврологического характера, дисфункции со стороны легких (хроническая обструктивная болезнь легких в стадии обострения) у больных с изначально нарушенной функциональной способностью легочной паренхимы, интерстициальные поражения легких; заболевания воспалительного характера (осложненное течение острого панкреатита и др.), клинические состояния, требующие сложного комплексного ухода (такие как ожоги, абстинентный синдром длительного течения) [9]. У пациентов отделения интенсивной терапии отсутствует какое-либо единственное нарушение, присутствующее при поступлении или развивающееся вскоре после него [9]. Основная задача клинициста, врача-реаниматолога —

это поиск и разработка такого диагностического алгоритма исследования пациента, результаты которого позволили бы максимально быстро представить лечебный алгоритм ведения с персонализированной оценкой кратности жизненно важных функций в условиях отделения реанимации. Следует помнить о динамическом состоянии пациентов в критическом состоянии, поэтому быстрое раннее распознавание болезни способствует совершенствованию спасительных вмешательств [5, 9]. Наиболее важный диагностический критерий для лечащего врача, врача-реаниматолога — оказывать лечебные мероприятия, направленные на блокирование патогенетических звеньев прогрессирования СОЛП, что отражается на повреждении систем жизнеобеспечения [4, 5]. По данным ряда авторов, почки поражаются от 40 до 55 % всех случаев СОЛП, печень — 12–95 %, центральная нервная система (ЦНС) — 7–30 %, желудочно-кишечный тракт — 7–30 %, система крови — 0–26 %, сердце — 10–23 % [4, 5]. В своей монографии А. П. Зильбер отмечает, что СОЛП следует рассматривать как «компонент полиорганной недостаточности, связанный с первичным или вторичным повреждением всех слоев альвеолярно-капиллярной мембраны эндо- и экзогенными факторами» [4]. Интересен тот факт, что в обязательный диагностический метод лучевого алгоритма ведения больных с подозрением на СОЛП включается рентгенологическое исследование легочной ткани, при том, что в первых двух стадиях изменений в легких не выявляется или отмечается усиление сосудистого компонента легочного рисунка с последующим переходом в интерстициальный отек при прогрессировании [2, 4].

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) в настоящий момент оставляет за собой позиции максимально допустимого, достоверного

метода для установления ОРДС взрослых [12]. Рентгеновское исследование органов грудной клетки остается неотъемлемым инструментом подтверждения и последующего мониторинга патологии легочной ткани, что весьма актуально в отделении интенсивной терапии [7]. Но и МСКТ также достаточно широко используемый диагностический метод для подтверждения или исключения ОРДС взрослых. Ряд специалистов отмечают, что вышеуказанный метод следует включать в алгоритм стандартного мониторинга за больными с ОРДС [12]. Результаты МСКТ помогают лечащему врачу в постановке последующего клинического диагноза, в понимании состояния больного с ОРДС, вероятном его исходе, разработке тактики лечения [12].

**Цель:** определить критерии и диагностическое значение карт плотности при СОЛП у пациентов реанимационного отделения по данным МСКТ органов грудной клетки (ОГК).

## Материалы и методы

В ОГБУЗ «Клиническая больница № 1», г. Смоленск, с 2022 по 2024 г. обследовано 93 пациента в возрасте от 44 до 85 лет, мужчины — 52 (55,9 %), женщины — 41 (44,1 %). Исследуемые госпитализированы в отделение реанимации, 87 (93,6 %) из них были переведены в стационар соответствующего нозологии профилю, в течение двух лет под наблюдением остался 81 (93,1 %) пациент (стационарный и/или амбулаторный этапы лечения).

Распределение нозологических форм основной группы пациентов представлено в табл. 1.

Контрольная группа была проанализирована ретроспективно, 42 пациента с первичным и вторичным поражением легких, которым в соответствии со стандартом по оказанию помощи реанимационным больным проводились лечебно-диагностические мероприятия: каждые 4 часа контроль артериального

Таблица 1

**Распределение пациентов основной группы в соответствии с нозологическими формами, вызывающими СОЛП (n = 93)**

| Этиологические факторы, вызывающие СОЛП |                                          | Пол         |             | Возраст        |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------------|-------------|----------------|
|                                         |                                          | Мужской     | Женский     |                |
| Первичное поражение легких (n = 38)     | Аспирация токсических жидкостей (n = 15) | 12 (23,1 %) | 3 (7,3 %)   | 68 ± 20,1 года |
|                                         | Инфекционный процесс (n = 19)            | 15 (28,8 %) | 4 (9,7 %)   |                |
|                                         | Тотальная пневмония (n = 4)              | 3 (5,7 %)   | 1 (2,4 %)   |                |
| Вторичное поражение легких (n = 55)     | Септическое состояние (n = 9)            | 4 (7,6 %)   | 5 (12,2 %)  |                |
|                                         | ДВС-синдром (n = 2)                      | 1 (1,9 %)   | 1 (2,4 %)   |                |
|                                         | Полушарный ишемический инсульт (n = 19)  | 6 (11,5 %)  | 13 (31,7 %) |                |
|                                         | Геморрагический инсульт (n = 25)         | 11 (21,2 %) | 14 (34,1 %) |                |
| Всего                                   |                                          | 52 (55,9 %) | 41 (44,1 %) |                |

давления, частоты дыхательных движений, парциального давления кислорода и углекислого газа, температуры тела, оценка кислотно-щелочного состояния (КЩС). Измерение индекса оксигенации проводилось 1 раз в сутки. Привлечение узкопрофильных специалистов в момент пребывания пациента в отделении реанимации решалось индивидуально, в зависимости от изменений по данным лабораторных и инструментальных методов исследования; проведение МСКТ ОГК с оценкой карт плотности легочной ткани не требуется [7]. Всем пациентам основной группы проведена МСКТ ОГК, с дополнительной оценкой карт плотности легочной ткани, на 64-срезовом аппарате GE Revolution EVO, группе контроля — в 19 (45,2 %) случаях. При проведении исследования пациент находился в положении лежа на спине, руки подняты. КТ-исследование ОГК занимало 20 с, после получения срезов аксиальной плоскости проводилась реконструкция в сагиттальных и коронарных плоскостях. У больных в сознании сканирование выполнялось при задержке дыхания на высоте максимального вдоха, свободное дыхание:

пациенты на искусственной вентиляции легких, без сознания. Затем на рабочей станции проводилась визуальная оценка результатов МСКТ с последующим анализом программы оценки плотности легочной ткани. Рентгенография органов грудной клетки была проведена 42 больным основной группы. По результатам лучевых методов исследования в основной группе ОРДС II ст. установлен у 12 (12,9 %) пациентов, ОРДС III ст. — у 14 (15,1 %), ОРДС IV ст. — у 2 (2,2 %) больных. У 65 (69,9 %) больных основной группы отсутствовали какие-либо изменения со стороны легочной паренхимы при нативном МСКТ-исследовании и по данным лабораторных методов исследования.

Статистическая обработка результатов включала описательную статистику выборки сравнения непараметрических критериев: непараметрический критерий Манна – Уитни,  $\chi^2$  Пирсона; в качестве вероятности ошибки применялась величина  $p < 0,05$ , проводился корреляционный анализ. Диагностическая и прогностическая ценность карт плотности легочной паренхимы оценивалась при помощи AUROC.

## Результаты и их обсуждение

По данным программы оценки плотности легочной ткани основные признаки паренхимы были представлены суммационным количественным показателем: интерстициальные изменения (%) + процесс консолидации (%) + отсутствие аэрации (%). Представленные суммируемые критерии отнесены к градации «плохо аэрируемая легочная ткань с повышенной плотностью» (рис. 1).

Были сопоставлены результаты суммационного критерия карт плотности легочной ткани (пациенты ос-

новной группы распределены на 3 подгруппы) с клинико-лабораторными и инструментальными данными систем жизнеобеспечения (табл. 2).

Таким образом, при суммационном количественном показателе карт плотности легочной ткани более 14 % наблюдалось повреждение всех систем жизнеобеспечения, причем при показателе плотности от 14 до 25 % в первую очередь выявлялось повреждение почек, затем ЦНС, при значении более 26 % отмечалось поражение почек и печени. При мониторинге за пациентами в условиях реанимационного отделения у 57 суммационный количественный критерий

| Range Name | Range values   | Right Lung | Left Lung | Total Lung Volume   |
|------------|----------------|------------|-----------|---------------------|
|            |                | Right Lung | Left Lung | Combined Lungs      |
| -1050      | [-1024 / -950] | 1.1945%    | 1.2345%   | 1.2145% / 0.0506 L  |
| -950       | [-950 / -750]  | 81.4421%   | 76.1297%  | 78.7859% / 3.2853 L |
| -750       | [-750 / -550]  | 13.1194%   | 15.3785%  | 14.2490% / 0.5942 L |
| -550       | [-550 / -100]  | 6.3212%    | 5.1295%   | 5.7254% / 0.2387 L  |
| -100       | [-100 / 0]     | 1.1239%    | 1.0034%   | 1.0637% / 0.0444 L  |
| Total      |                | 2.1243 L   | 2.0456 L  | 4.1699 L            |

Рис. 1. Карта суммационной количественной оценки плотности легочной ткани: интерстициальные изменения, процесс консолидации, отсутствие аэрации (сверху вниз)

Таблица 2

### Результаты сопоставления карт плотности легочной ткани с изменениями в системе жизнеобеспечения (n = 93)

| Суммационный количественный критерий карт плотности | Повреждение систем жизнеобеспечения |              |                 |              |                | $\chi^2$ Пирсона | p      |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|----------------|------------------|--------|
|                                                     | Печень абс. (%)                     | ЦНС абс. (%) | Сердце абс. (%) | ЖКТ абс. (%) | Почки абс. (%) |                  |        |
| I подгруппа, менее 14 % (n = 11)                    | 4 (36,4)                            | 2 (18,8)     | —               | —            | 2 (18,8)       | 0,000            | <0,001 |
| II подгруппа, 14–25 % (n = 57)                      | 11 (19,3)                           | 38 (66,7)    | 21 (36,8)       | 9 (15,8)     | 41 (71,9)      | 0,000            | <0,001 |
| III подгруппа, более 26 % (n = 25)                  | 13 (52)                             | 9 (36)       | 10 (4)          | 4 (16)       | 21 (84)        | 0,000            | <0,001 |

карт плотности составил от 14 до 25% при отсутствии нарушения пневматизации в структуре легочной паренхимы по данным нативного МСКТ-исследования. В динамическом наблюдении за представленной группой пациентов отмечена высокая корреляционная связь с отрицательной клинико-лабораторной динамикой в виде развития одышки, цианоза, тахипноэ, снижения в артериальном кровеносном русле парциального давления кислорода и развитием СОЛП ( $r = 0,978$ ). У 47 больных суммационный количественный показатель составлял более 26 % при имеющихся нарушениях пневматизации легочной паренхимы переменных проявлений, в динамическом наблюдении в данной группе отмечена высокая корреляционная связь с отрицательной клинико-лабораторной динамикой (дополнительно к вышеуказанному — повышение парциального давления углекислого газа, рН, лактата крови) и прогрессированием СОЛП ( $r = 0,985$ ).

Таким образом, суммационный количественный критерий карт плотности легочной ткани позволял прогнозировать наиболее вероятные изменения со стороны других систем жизнеобеспечения при поступлении (AUROC 0,912; ДИ 0,881–0,919) и динамическом наблюдении (AUROC 0,902; ДИ 0,868–0,907) (рис. 2). Оценка вышеописанного позволила проводить ранние лечебно-профилактические мероприятия, направленные на блокирование звеньев патогенеза в прогрессировании повреждения других органов и систем. В основной группе летальный исход у 12 (12,9 %) пациентов, в группе контроля — у 24 (57,1 %) человек.

Представленные ниже клинические примеры демонстрируют возможности карт плотности легочной ткани у пациентов отделения реанимации. По данным карт плотности легочной ткани отмечено, что качественный паттерн характеризовался выраженной диффузной неомогенностью легочной паренхимы, количественные показатели карт

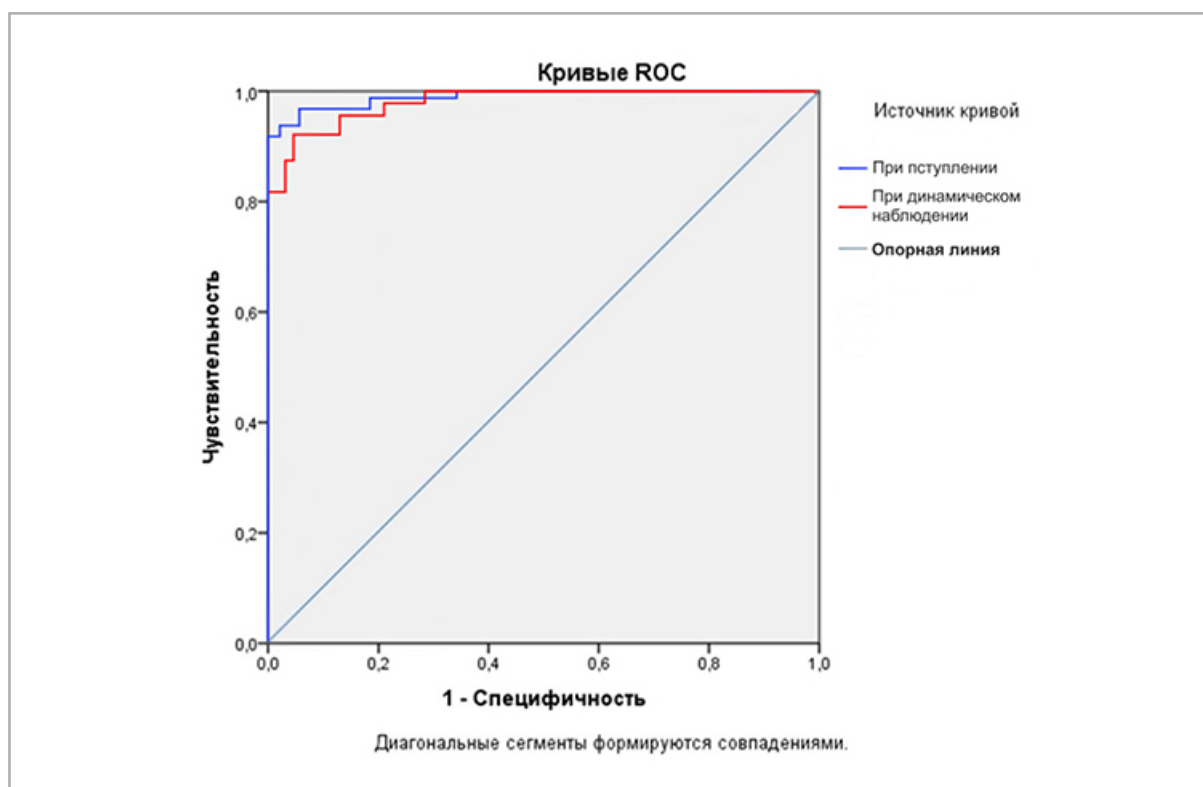


Рис. 2. ROC-анализ суммационного количественного критерия карт плотности легочной ткани при поступлении и динамическом наблюдении

плотности легочной ткани при СОЛП составили более 26 %, что коррелировало с отрицательной клинико-лабораторной динамикой (рис. 3).

Усовершенствованный мониторинг ведения пациента в условиях отделе-

ния реанимации заключался в следующем: контроль артериального давления, частоты дыхательных движений, парциального давления кислорода и углекислого газа, температуры тела, оценка КЩС проводились каждые 2 часа; из-

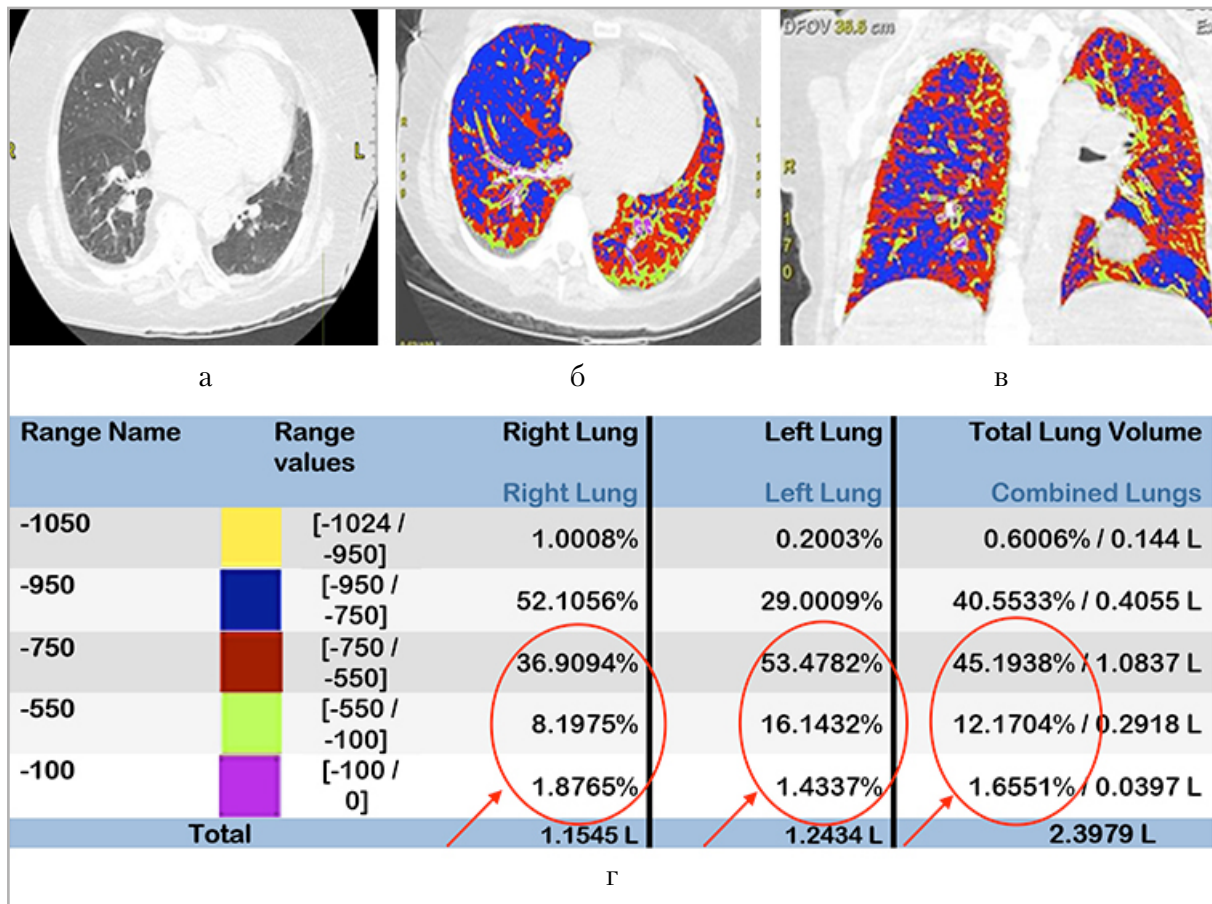


Рис. 3. Диагностические критерии карты плотности легочной ткани у пациента 49 лет с прогрессированием СОЛП (отравление препаратами) при поступлении: а — аксиальный срез, легочное окно, пневматизация легочной ткани не нарушена (слева); б, в — аксиальный и коронарный срезы, качественная картина плотности, выраженный негетерогенный характер паттерна паренхимы легких диффузного распределения (справа); г — количественные показатели карт плотности при СОЛП — более 26 % (указано стрелками), неблагоприятное течение СОЛП

мерение индекса оксигенации — 2 раза в сутки. Привлечение узкопрофильных специалистов: нефролог, невролог. Повторное проведение МСКТ ОГК с оценкой карт плотности легочной паренхимы проводилось через 5 дней (рис. 4).

Консилиумом врачей принято решение о ведении пациента по стандартному плану отделения реанимации.

Следующий клинический пример пациента с внутримозговым кровоизлиянием в правую гемисферу, прорывом крови в желудочковую систему, в острой стадии (рис. 5).

В течение 24 часов была установлена отрицательная клинико-лабораторная динамика, и по данным МСКТ ОГК — признаки альвеолярного отека,

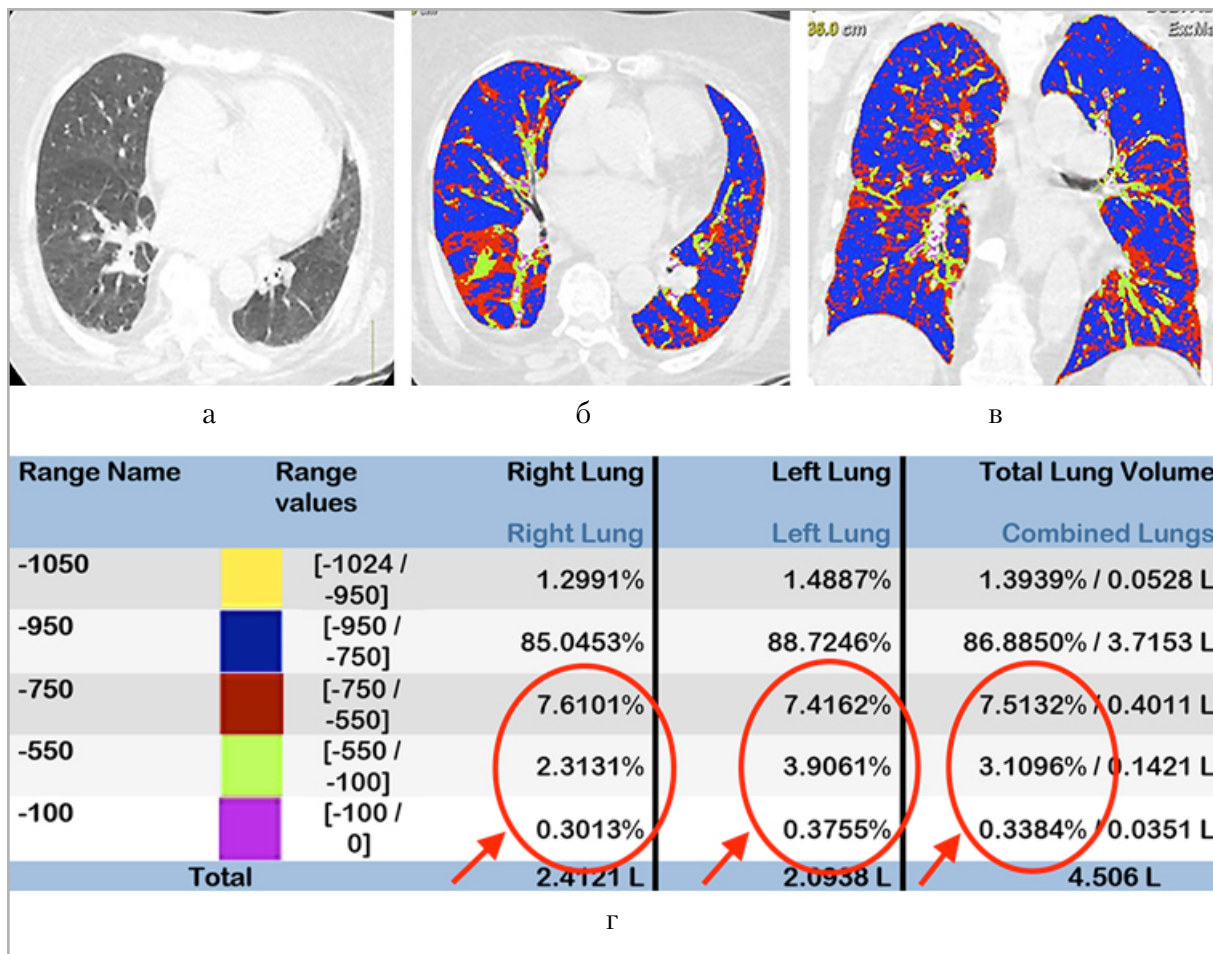


Рис. 4. Диагностические критерии карты плотности легочной ткани у пациента 49 лет (отравление препаратами) с отсутствием прогрессирования СОЛП при динамическом наблюдении: а — аксиальный срез, легочное окно, пневматизация легочной ткани не нарушена (слева); б, в — аксиальный и коронарный срезы, качественная картина плотности, менее выраженный негомогенный характер паттерна паренхимы легких по задне-базальной поверхности (справа); г — количественные показатели карт плотности при СОЛП — менее 12 % (указано стрелками), благоприятное течение

двусторонний выпот. Количественный показатель карт плотности составил более 67 % (рис. 6).

К сожалению, несмотря на своевременную коррекцию терапии, пациентка умерла в течение 6 дней нахождения в отделении реанимации. Была проведена оценка аутопсийного материала легочного комплекса (рис. 7).

В научных исследованиях представлена важность сопоставления гистологического материала и результатов МСКТ, что, несомненно, является важным для последующего прижизненного прогноза вероятных измене-

ний в легочной паренхиме [6]. Результаты гистологического исследования аутопсийного материала легочной ткани у 12 пациентов имели положительную корреляционную связь с результатами МСКТ ОГК ( $r = 0,889$ ). При динамическом наблюдении за больными в течение двух лет оценивались признаки хронических нарушений, которые могут развиваться вследствие критического состояния, т. е. синдром последствий интенсивной терапии (СПИТ), как в основной ( $n = 81$ ), так и в контрольной группе ( $n = 30$ ) (табл. 3).

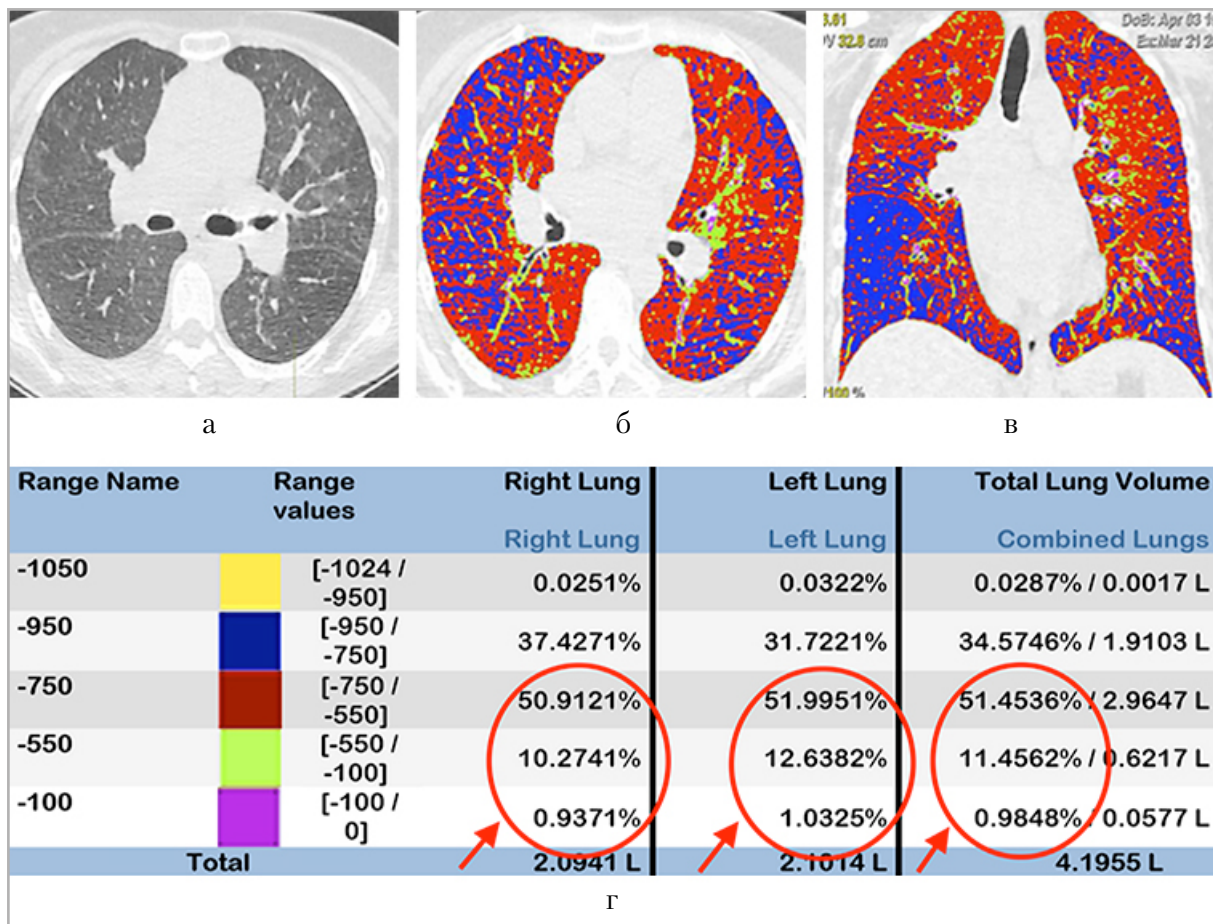


Рис. 5. Диагностические критерии карты плотности легочной ткани у пациента 55 лет (внутричерепное кровоизлияние) с прогрессированием СОЛП при поступлении: *а* — аксиальный срез, легочное окно, пневматизация легочной ткани нарушена за счет интерстициальных изменений (слева); *б, в* — аксиальный и коронарный срезы, качественная картина плотности, выраженный неомогенный характер паттерна паренхимы легких диффузного распределения (справа); *г* — количественные показатели карт плотности при СОЛП — более 63 % (указано стрелками) — неблагоприятное течение СОЛП

Исходя из данных таблицы, в основной группе пациентов с СОЛП проявления СПИТ возникали в 21 (25,9 %) случае, при этом изолированный синдром течения СПИТ наблюдался у 17 (80,9 %) из 21 пациента. В группе контроля число случаев возникновения СПИТ составило 27 (90 %) из 30 наблюдаемых, при этом у 4 (14,9 %) из них выявлено изолированное течение СПИТ, у 23 (85,1 %) наблюдались сочетанные проявления данного синдрома.

## Обсуждение

Основной задачей любого лучевого метода исследования является вы-

явление патологического симптома или симптомов заболевания [10]. Как указывает в своей работе А. А. Сперанская (2023), чаще всего рентгенолог по совокупности симптомов может сформировать синдром, суживающий дальнейший диагностический поиск [10]. В нашей работе мы постарались указать, что по результатам лучевого метода исследования, МСКТ ОГК с использованием дополнительных программ можно не только установить синдром, но и прогнозировать риск его развития, прогрессирования, возможные нарушения со стороны других органов и систем, что важно для мониторинга боль-

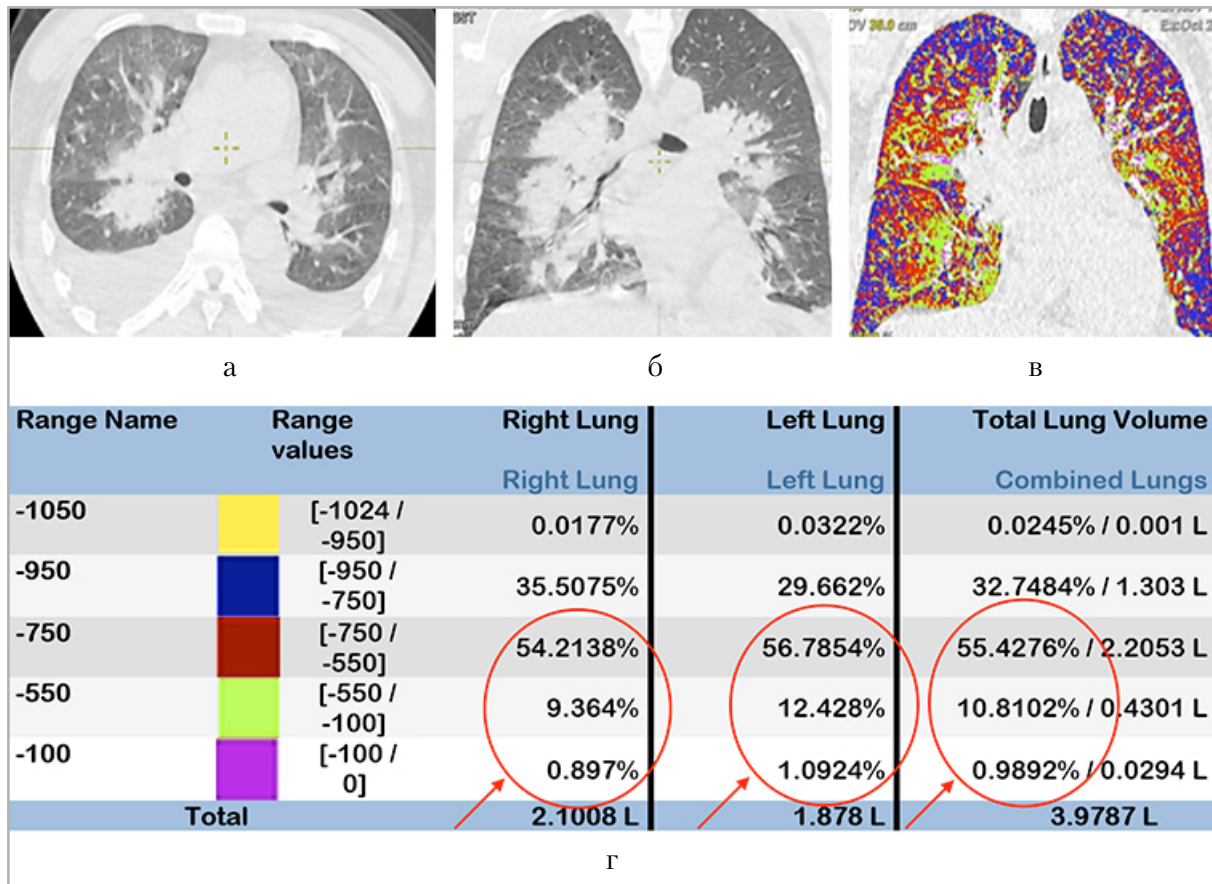


Рис. 6. Диагностические критерии карты плотности легочной ткани у пациента 55 лет (внутричерепное кровоизлияние) с прогрессированием СОЛП при динамическом наблюдении: *а* — аксиальный срез, легочное окно, пневматизация легочной ткани нарушена, признаки альвеолярного отека, двусторонний выпот; *б* — корональный срез, легочное окно, пневматизация легочной ткани нарушена, признаки альвеолярного отека; *в* — корональный срез качественная картина плотности, корональный срез, выраженный неомогенный характер паттерна паренхимы легких диффузного распределения (*справа*); *г* — количественные показатели карт плотности при СОЛП — более 67 % (*указано стрелками*), сохраняется неблагоприятное течение СОЛП

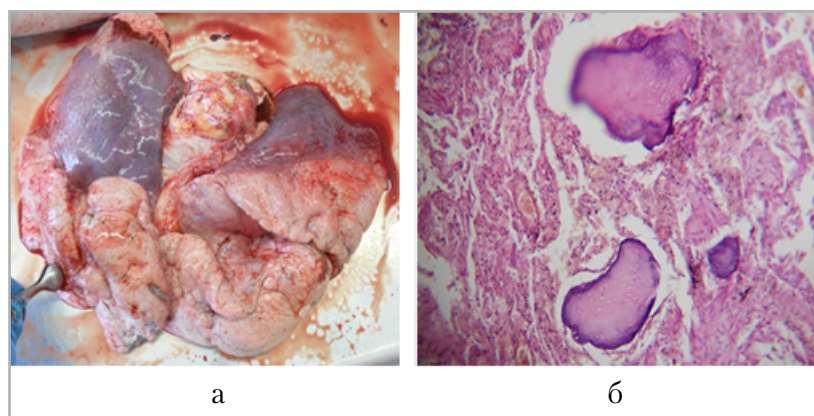


Рис. 7. Анализ аутопсийного материала легочного комплекса пациентки 55 лет: *а* — на макроморфологическом препарате измененная паренхима обоих легких, признаки отека, суб-тотального нарушения кровоснабжения; *б* — на микроморфологическом препарате (окраска гематоксилином и эозином,  $\times 200$ ) определяются признаки альвеолярного поражения, макрофагальная реакция, множественные гиалиновые мембраны

Таблица 3

## Анализ проявлений СПИТ у пациентов с СОЛП (n = 111)

| Клинико-диагностические проявления СПИТ у пациентов |                                       | Количество случаев (абс.) |             | Возраст        |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-------------|----------------|
|                                                     |                                       | Мужчины                   | Женщины     |                |
| Основная группа пациентов с СОЛП (n = 81)           | Стойкая гипоксемия                    | 4 (4,9 %)                 | 3 (3,7 %)   | 68 ± 20,1 года |
|                                                     | Эндокринопатия                        | 1 (1,2 %)                 | 2 (2,7 %)   |                |
|                                                     | Мышечная слабость                     | –                         | 1 (1,2 %)   |                |
|                                                     | Сахарный диабет                       | 1 (1,2 %)                 | 3 (3,7 %)   |                |
|                                                     | Когнитивные/психологические нарушения | –                         | 1 (1,2 %)   |                |
|                                                     | Сердечно-сосудистая дисфункция        | 2 (2,7 %)                 | 2 (2,7 %)   |                |
|                                                     | Нарушение функции почек               | 1 (1,2 %)                 | –           |                |
| Контрольная группа (n = 30)                         | Стойкая гипоксемия                    | 5 (16,7 %)                | 9 (30 %)    | 69 ± 18,8 года |
|                                                     | Эндокринопатия                        | 4 (13,3 %)                | 2 (6,7 %)   |                |
|                                                     | Мышечная слабость                     | 6 (20 %)                  | 2 (6,7 %)   |                |
|                                                     | Сахарный диабет                       | 8 (26,7 %)                | 6 (20 %)    |                |
|                                                     | Когнитивные/психологические нарушения | 5 (16,7 %)                | 4 (13,3 %)  |                |
|                                                     | Сердечно-сосудистая дисфункция        | 9 (30 %)                  | 11 (36,7 %) |                |
|                                                     | Нарушение функции почек               | 4 (13,3 %)                | 2 (6,7 %)   |                |

ных, особенно что касается пациентов отделения реанимации.

МСКТ ОГК относится к легко выполнимым методам исследования, в том числе при обследовании пациентов отделения реанимации, и является лучшим методом выявления изменений. Для пациентов реанимационного отделения, как правило, специалисты ограничиваются оценкой мультипланарных трехмерных реконструкций, и в случае необходимости (для исключения или подтверждения той или иной нозологии, например, новообразования) проведением динамического МСКТ-исследования. В нашем исследовании мы постарались представить быструю и достоверную диагностику СОЛП по дан-

ным оценки карт плотности легочной ткани, что можно конструировать после транспортировки пациента из кабинета МСКТ, с последующим предоставлением информации врачу-реаниматологу. В нашей работе представлены не только вопросы ранней диагностики и прогрессирования СОЛП, но и возможность проведения своевременной коррекции лечебно-диагностического алгоритма, тогда как основные работы по лучевой диагностике СОЛП указывают на особенности визуального ряда легочной ткани. Особый акцент в нашем исследовании сделан на клинические возможности и необходимость оценки карт плотности легочной паренхимы при МСКТ с целью препятствия разви-

тию синдрома последствий интенсивной терапии, снижения его риска. В работе Филипповой И. А. (2017) указано о потенциале совместного использования компьютерной томографии и волюметрии при тяжелой сочетанной травме для определения нарушений легочной паренхимы, возможного возникновения осложнений со стороны легких [11]. По результатам работы выделено три типа рентгеновской плотности травматической инфильтрации легких, по данным которой ориентируются относительно эволюции имеющихся нарушений пневматизации [11]. Но работа направлена только на оценку изменений у пациентов травматологического профиля, тогда как наша работа охватывает первичные и вторичные причины поражения легких, что унифицирует методику и взаимодополняет работу специалистов. Работа с пациентами реанимационного отделения всегда заставляет врача-реаниматолога прикладывать значительные усилия в профилактике и борьбе с развитием полиорганной недостаточности. В научных исследованиях указано, что легочная ткань — это первая составляющая, где происходит дисфункция при отсутствии какой-либо предшествующей нозологии, последующее вовлечение других органов и систем, проявления их морфофункциональных нарушений находится в зависимости от вовлечения в процесс легочной паренхимы [1]. Установление вторичного синдрома полиорганной недостаточности в последующем для специалиста не вызывает сложностей, например, для мочевыделительной системы — это признаки острой почечной недостаточности, которые включают нарастание шлаков азота в кровеносном русле, с последующим дисбалансом водно-электролитного состояния макроорганизма, развитием олигурии; для паренхимы печени — резкое повышение билирубина в кровеносном русле, печеночных ферментов в сыворотке крови, нарушение свер-

тывающей системы крови, что в последующем трудно поддается коррекции, приводя к необратимым последствиям. Способ не позволяет своевременно определить возможные риски развития вторичного синдрома множественной системной недостаточности при синдроме острого легочного повреждения у взрослых, не дает возможность персонифицировать и своевременно корректировать лечебно-диагностические алгоритмы. Радивилко А. С. и соавт. (2018) рассматривают возможности математических критериев в диагностике и прогнозировании степени тяжести и вероятном развитии полиорганной недостаточности у пациентов, оценивают рутинные лабораторные методы, проводят определение иммуноцитов и цитокинов, маркеров апоптоза, циркулирующей свободной ДНК, биомаркеров активации и функции эндотелия [8]. В то же время авторы указывают, что даже такая комплексная диагностическая и прогностическая тактика полиорганной недостаточности не позволяет рационально показать риск развития полиорганной недостаточности в связи с молниеносным изменением клинической картины. В работе указано, что новейших современных технологий пока недостаточно, чтобы мониторировать и препятствовать прогрессированию синдрома полиорганной недостаточности, который, к сожалению, часто завершается летальным исходом. В нашем исследовании мы постарались представить возможности только МСКТ ОГК для пациентов реанимационного отделения в оценке прогноза течения заболеваний, разработке индивидуального алгоритма ведения в условиях отделения реанимации. Получаемая диагностическая информация по одному лучевому методу исследования от врача-рентгенолога важна для врача-реаниматолога, так как отвечает на основные вопросы особенностей ведения пациентов в условиях отделения реанимации.

## Выводы

1. Отмечена высокая корреляционная связь отрицательной клинико-лабораторной динамики и развития СОЛП при суммационном количественном показателе карт плотности легочной ткани по данным КТ от 14 до 25 % ( $r = 0,978$ ), а также прогрессирование СОЛП при 26 % ( $r = 0,985$ ).
2. Суммационный количественный критерий карт плотности легочной ткани по данным КТ позволяет прогнозировать изменения со стороны других систем жизнеобеспечения при поступлении (AUROC 0,912; ДИ 0,881–0,919) и динамическом наблюдении (AUROC 0,902; ДИ 0,868–0,907).
3. Включение в алгоритм ведения пациентов реанимационного отделения оценки карт плотности легочной ткани при КТ ОГК способствует снижению летальности и риска развития синдрома последствий интенсивной терапии.
5. Икрамов А. И., Ярмухамедова Д. С., Низамова М. М. Лучевая диагностика острого респираторного дистресс-синдрома различной этиологии // Вестник экстренной медицины. 2018. Т. 11, № 4. С. 8–12.
6. Паршин В. В., Бережная Э. Э., Кецало М. В., Лежнев Д. А. Компьютерно-томографическая семиотика, объем поражения легких и морфологические сопоставления у больных пневмонией (COVID-19) тяжелой и крайне тяжелой степени // Радиология – практика. – 2021. Т. 85, № 1. С. 34–51.
7. Паршин В. В., Лежнев Д. А., Бережная Э. Э., Мишина А. В. Компьютерная томография легких как средство прогноза летального исхода у онкологических пациентов с пневмонией, обусловленной вирусом SARS-CoV-2 // Радиология – практика. 2022. № 5. С. 39–48. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-5-39-48>
8. Радивилко А. С., Григорьев Е. В., Шукевич Д. Л., Плотников Г. П. Прогнозирование и ранняя диагностика полиорганной недостаточности // Анестезиология и реаниматология. 2018; 6:15-21. <https://doi.org/10.17116/anesthesiology201806115>

## Список источников

1. Алимова Х. П., Алибекова М. Б. Полиорганная недостаточность: проблемы и современные методы лечения // Вестник экстренной медицины. 2019. Т. 12, № 1. С. 75–80.
2. Бормышев А. В., Морозова Т. Г. Клинико-диагностическое обоснование компьютерной томографии внутренних органов при синдроме острого легочного повреждения у пациентов реанимационного отделения // Медицинский алфавит. 2024. № 3. С. 54–58. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-3-54-58>
3. Заболотских И. Б., Проценко Д. Н. Интенсивная терапия. Национальное руководство. Т. 1. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 1152 с.
4. Зильбер А. П. Клиническая физиология в анестезиологии и реаниматологии. М.: МЕДпресс-информ, 2022. 604 с.
9. Синдром последствий интенсивной терапии / под ред. Ж.-Ш. Преизера, М. Херидж, Э. Азулей; пер. с англ. под ред. Е. А. Евдокимова, А. Н. Кузовлева. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. 584 с.
10. Сперанская А. А. Заключение в торакальной компьютерной томографии. Симптом, синдром, диагноз. СПб.: ИП Маков М.Ю., 2023. 264 с.
11. Филиппова И. А., Рудь С. Д., Труфанов Г. Е., Недомолкин С. В. Прогностическое значение компьютерно-томографической волюметрии в диагностике ушиба легких // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2014. Т. 48, № 4. С. 49–53.
12. Фуженко Е. Е., Погорельцев В. О., Джанелидзе Т. Д., Крайнюков П. Е. МСКТ-визуализация поражения ле-

точной ткани при остром респираторном дистресс-синдроме // Главный врач. Радиология. 2017. Т. 54, № 2. С. 59–65.

## References

1. Alimova Kh. P., Alibekova M. B. Polyorganic insufficiency, problems and modern methods of treatment. *The bulletin of emergency medicine*. 2019;12(1): 8–12. (In Russ.).
2. Bormyshev A. V., Morozova T. G. Clinical and diagnostic substantiation for computed tomography of internal organs in acute lung injury in intensive care unit. *Medical alphabet*. 2024;3:54-58. (In Russ.). <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-3-54-58>
3. Zabolotskih I. B., Procenko D. N. Intensive care. National guidelines. V. 1. M.: GEOTAR-Media, 2020. 1152 p. (In Russ.).
4. Zil'ber A. P. Clinical physiology in anesthesiology and intensive care. M.: MED press-inform, 2022. 604 p. (In Russ.).
5. Ikramov A. I., Yarmuchamedova D. S., Nizamova M. M. Diagnostic imaging of acute respiratory distress syndrome of various etiologies. *The bulletin of emergency medicine*. 2018;11(4):8-12. (In Russ.).
6. Parshin V. V., Berezhnaia E. E., Ketskalo M. V., Lezhnev D. A. The Computer-Tomographic Semiotics, Volume of Lung Damage and Morphological Comparisons in Patients with Severe and Extremely Severe Coronavirus Pneumonia (COVID-19). *Radiology – Practice*. 2021; 85(1):34-51. (In Russ.)
7. Parshin V. V., Lezhnev D. A., Berezhnaia E. E., Mishina A. V. Computed Tomography of the Lungs as a Means of Predicting Lethal Outcome in Cancer Patients with Pneumonia Caused by the SARS-CoV-2 Virus. *Radiology – Practice*. 2022; 5:39-48. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-5-39-48>
8. Radivilko A. S., Grigoryev E. V., Shukevich D. L., Plotnikov G. P. Multiple organ failure: early diagnosis and prediction. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2018;6:15-21. (In Russ.). <https://doi.org/1.17116/anesthesiology201806115>
9. Post-Intensive Care Syndrome / edited by J.-C. Preiser, M. Herridge, E. Azoulay; translation from English edited by E. A. Evdokimov. A. N. Kuzovleva. M.: GEOTAR-Media, 2022. 584 p. (In Russ.).
10. Speranskaya A. A. Conclusions in computed tomography of the chest. Symptom, syndrome, diagnosis. SPb.: IE Makov M. Yu., 2023. 264 p. (In Russ.)
11. Filippova I. A., Rud' S. D., Trufanov G. E., Nedomolkin S. V. Role of computer tomography volumetry in diagnosis of lung injury. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2014;48(4):49-53. (In Russ.)
12. Fuzhenko E. E., Pogorel'tsev V. O., Dzhanelidze T. D., Krajnyukov P. E. MSCT imaging of pulmonary tissue lesions in acute respiratory distress syndrome. *The chief physician. Radiology*. 2017;54(2):59-65. (In Russ.).

---

## Сведения об авторах / Information about the authors

**Бормышев Алексей Викторович**, аспирант кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом ДПО ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Смоленск, Россия.

214019, г. Смоленск, ул. Крупской, д. 28.

+7 (481) 255-34-09

Вклад автора: формирование идеи, цели и написание текста, поиск публикаций по теме, анализ литературы, существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение данных, их анализ и интерпретацию, участие в обработке материала и обчете статистических показателей.

**Bormyshev Aleksey Viktorovich**, PhD-student in the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy with a course of additional professional education of Smolensk State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia, Smolensk, Russia.

28, Krupskoj str., Smolensk, 214019, Russia.

+7 (481) 255-34-09

Author's contribution: formation of an idea, goals and writing a text, search for publication on the topic, literature analysis, significant contribution to the concept and design of the study, data acquisition or analysis and interpretation, participation in the processing of the material and calculation of statistical indicators.

**Морозова Татьяна Геннадьевна**, доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом ДПО ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Смоленск, Россия.

214019, г. Смоленск, ул. Крупской, д. 28.

+7 (481) 255-34-09

Вклад автора: утверждение окончательного варианта статьи – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

**Morozova Tat'jana Gennad'evna**, M. D. Med., associate professor, Head of the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy with a course of additional professional education of Smolensk State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia, Smolensk, Russia.

28, Krupskoj str., Smolensk, 214019, Russia.

+7 (481) 255-34-09

Author's contribution: approval of the final version of the publication – taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Статья поступила в редакцию 30.08. 2024;  
одобрена после рецензирования 01.10.2024;  
принята к публикации 01.10.2024.

The article was submitted 30.08.2024;  
approved after reviewing 01.10.2024;  
accepted for publication 01.10.2024.