

<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-4-92-99>
УДК 616.24-073.756.8

Диагностическое значение карт плотности легочной ткани по данным компьютерной томографии у пациентов реанимационного отделения многопрофильной больницы

А.В. Бормышев, Т.Г. Морозова, А.В. Ковалёв

Смоленский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации (СГМУ Минздрава России),
214019, Российская Федерация, Смоленск, ул. Крупской, 28

Аннотация

Цель исследования: оценить диагностическое значение карт плотности легочной ткани, согласно данным компьютерной томографии (КТ), у пациентов реанимационного отделения многопрофильной больницы.

Материал и методы. Обследованы 78 больных в возрасте $47 \pm 5,8$ года, находящихся в отделении реанимации, в том числе 45 (57,7%) мужчин, 33 (42,3%) женщины. Всем пациентам выполнена КТ органов грудной клетки (ОГК) с оценкой карт плотности легочной ткани на аппарате GE REVOLUTION EVO, 64 среза, с напряжением от 80 до 120 кВ в зависимости от телосложения пациента, с оценкой карт плотности легочной ткани. Обработка данных проводилась методами описательной статистики и сравнения выборок с применением непараметрических критериев.

Результаты. В основе методологии анализа данных карт плотности легочной ткани лежал суммационный количественный показатель: интерстициальные изменения (%) + процесс консолидации (%) + отсутствие аэрации (%). Несмотря на то, что у 53 пациентов не было изменений в легочной ткани, согласно результатам КТ ОГК, у 25 (47,2%) из них, по данным карты плотности легочной ткани, количественные показатели составляли от 14 до 25%. Качественная картина плотности характеризовалась неомогенностью паттерна паренхимы легких по задне-базальным, центральным отделам. У 25 (32,1%) больных из 78, по результатам КТ легких, установлены II ($n = 19$) и III ($n = 6$) стадии острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС). Согласно данным карт плотности легочной ткани, у 14 (73,6%) из 19 больных качественный паттерн характеризовался выраженной диффузной неомогенностью легочной паренхимы. Количественные показатели карт плотности легочной ткани при синдроме острого легочного повреждения (СОЛП) составляли более 26%, что коррелировало с отрицательной клинико-лабораторной динамикой.

Выводы: 1. Для получения результатов карт плотности легочной ткани при КТ у пациентов с СОЛП необходимо оценивать общую сумму: интерстициальные изменения (%) + процесс консолидации (%) + отсутствие аэрации (%). 2. Суммационные количественные показатели от 14 до 25% соответствовали отрицательной клинической симптоматике (одышка, цианоз, тахипноэ), снижению парциального давления кислорода в артериальной крови ($p < 0,05$). 3. Увеличение процента суммационного количественного показателя карт плотности легочной ткани сопровождалось отрицательной лабораторной динамикой (повышение pCO_2 , снижение pO_2 , повышение лактата крови). 4. При суммационном количественном показателе карт плотности легочной ткани более 26% увеличивалась частота встречаемости КТ-признаков в легочной ткани, по данным нативного исследования, что свидетельствовало о ранее неблагоприятном течении СОЛП.

Ключевые слова:

компьютерная томография; карты плотности легочной ткани; синдром острого легочного повреждения.

Финансирование:

бюджетное финансирование.

Соответствие принципам этики:

работа проводилась в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом при ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 2 от 09. 09. 2023 г.).

Бормышев Алексей Викторович, e-mail: aleksei-bormyshev@mail.ru.

Для цитирования:

Бормышев А.В., Морозова Т.Г., Ковалёв А.В. Диагностическое значение карт плотности легочной ткани по данным компьютерной томографии у пациентов реанимационного отделения многопрофильной больницы. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2024;39(4):92–99. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-4-92-99>.

Diagnostic value of lung tissue density maps based on computed tomography data in patients in the intensive care unit of a multidisciplinary hospital

Alexey V. Bormyshev, Tatyana G. Morozova, Aleksey V. Kovalev

Smolensk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (SSMU),

28, Krupskoy str., Smolensk, 214019, Russian Federation

Abstract

Aim: To assess the diagnostic value of lung tissue density maps based on computed tomography (CT) in patients in the intensive care unit of a multidisciplinary hospital.

Material and Methods. 78 patients in the intensive care unit were examined. Patients underwent CT scans of the chest with an assessment of lung tissue density maps. Age: $47 \pm 5,8$ years, 45 (57.7%) men, 33 (42.3%) women. CT scan was performed on GE EVOLUTION EVO device, 64 sections, with a voltage from 80 to 120 kV (depending on the patient's physique), with an assessment of the lung tissue density maps. Data processing was carried out using descriptive statistics and sample comparison methods using nonparametric criteria.

Results. For analyzing lung tissue density map data, a summary quantitative criterion was calculated: interstitial changes (%) + consolidation process (%) + lack of aeration (%). Despite the fact that 53 patients had no changes in the lung tissue according to CT scan of the chest, in 25 (47.2%) of them, according to the lung tissue density map, quantitative criterion ranged from 14% to 25%, the qualitative density image was characterized by inhomogeneity pattern of the lung parenchyma in the posterior-basal, central segments. In 25 (32.1%) patients out of 78, according to CT of the chest, stages II ($n = 19$) and III ($n = 6$) of acute respiratory distress syndrome (ARDS) were established. According to the data of lung tissue density maps, in 14 (73.6%) patients out of 19 people, it was noted that the qualitative image was characterized by pronounced diffuse inhomogeneity of the lung parenchyma. Quantitative indicators of lung tissue density maps in acute lung injury (ALI) were more than 26%, which correlated with negative clinical laboratory dynamics.

Conclusions. 1. To obtain the results of lung tissue density maps on CT scans in patients with ALI, it is necessary to evaluate the total amount criterion: interstitial changes (%) + consolidation process (%) + lack of aeration.

2. Summation quantitative indicators from 14% to 25% corresponded to negative clinical symptoms (shortness of breath, cyanosis, tachypnea), a decrease in partial oxygen pressure in arterial blood ($p < 0.05$).

3. An increase in the percentage of the summation quantitative indicators of lung tissue density maps was accompanied by negative laboratory dynamics (increased pCO_2 , decreased pO_2 , increased blood lactate).

4. With a cumulative quantitative indicator of lung tissue density maps of more than 26%, the frequency of CT signs damage of the lung tissue increases, indicating a previously unfavorable course of ALI.

Keywords:

computed tomography; lung tissue density maps; acute lung injury.

Funding:

the study was carried out without financial support from grants, public, non-profit, commercial organizations and structures.

Compliance with ethical standards:

the work was carried out in accordance with the ethical standards of the Declaration of Helsinki of the World Medical Association "Ethical principles for conducting scientific medical research involving human subjects" 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 June 19, 2003 No. 266 The study protocol was approved by the local ethics committee at the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Smolensk State Medical University" of the Ministry of Health of Russia (protocol No. 2 dated 09.09.2023).

For citation:

Bormyshev A.V., Morozova T.G., Kovalev A.V. Diagnostic value of lung tissue density maps based on computed tomography data in patients in the intensive care unit of a multidisciplinary hospital. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2024;39(4):92–99. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-4-92-99>.

Введение

Причиной недостаточного достижения полезного результата может быть потеря структурно-функциональных элементов органом-эффектором или снижение числа таких элементов, находящихся в состоянии, оптимальном для достижения полезного результата, что является возможным механизмом развития критического состояния у пациентов, находящихся в отделении реанимации [1]. До момента развития синдрома острого легочного повреждения (СОЛП), которое проявляется острым началом, двухсторонними инфильтратами в легочной ткани, по данным рентгенологического метода исследования органов грудной клетки (ОГК), отсутствием перегрузки левого желудочка и т. д., происходит патологическая вариабельность сопротивлений дыхательных путей структурно-функциональных единиц легких (ацинусов, терминальных респираторных единиц, долек легкого) [2]. Следовательно, прежде чем будут рентгенологически зафиксированы инфильтраты в легочной ткани, у врача лучевой диагностики и врача-реаниматолога должна быть клиничко-диагностическая возможность спрогнозировать развитие СОЛП до момента развития подтверждающих его клиничко-диагностических и лабораторных критериев [2].

Понимая компенсаторные возможности макроорганизма, необходимо отметить, что при развитии СОЛП происходит компенсаторная вентиляция одной совокупности ацинусов, а в другой вентиляция является низкой относительно объемной скорости тока смешанной венозной крови. Исходя из вышесказанного, развивается патологическая вариабельность вентиляционно-перфузионных отношений ацинусов, которая снижает поглощение кислорода всеми легкими и вызывает артериальную гипоксемию [2]. Требуется поиск такой методики, которая позволит максимально быстро уточнить потерю элементов эффектора, получить информацию об изменении функционального состояния, спрогнозировать СОЛП до момента появления его основных критериев¹. Особенность пациентов, которые находятся в отделении реанимации, состоит в том, что не всегда возможно использовать адекватный лучевой алгоритм обследования в силу особенностей состояния этих больных. Таким образом, обычное традиционное рентгенологическое исследование ОГК остается наиболее часто используемым инструментом верификации и диагностики последующего развития болезней легких [3].

Компьютерная томография (КТ) стала очень популярным методом диагностики острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС) взрослых [3]. Однако интерпретация результатов заключается в описательной картине, содержащей информацию о снижении вентиляции легких за счет плотной консолидации легочной ткани в наиболее зависимых регионах, а именно в базальных и наружных отделах обоих легких с преимущественными изменениями пневматизации легочной ткани, от распространенных множественных полиморфно-сливных изменений по типу «матового стекла» до выраженных плотных диффузно-неравномерных участков консолидации в задне-базальных сегментах легких [4]. Возможности КТ ОГК значительно расширились, благодаря дополнительным специализированным пакетам, которые позволяют врачу лучевой диагностики, клиницисту получать

максимальную информацию о состоянии легочной ткани. Особенно важно это предусмотреть для больных, поступающих в критическом состоянии, с целью понимания персонализированной тактики ведения [5]. Показания к использованию специализированных пакетов необходимо расширять и использовать при вариабельных клинических ситуациях с целью наработки новых данных, тем самым продолжая расширять клиничко-диагностические возможности КТ легких. Карты плотности легочной ткани предоставляют возможность выполнить количественные измерения легких в целях постановки диагноза. Особенность программы для пациентов в критическом состоянии заключается в том, что есть возможность получения краткого отчета, содержащего важную медицинскую информацию. Следует указать, что возможности метода обладают высокой диагностической и прогностической значимостью для пациентов даже на первой ступени алгоритма ведения.

Цель исследования: оценить диагностическое значение карт плотности легочной ткани, согласно данным КТ, у пациентов реанимационного отделения многопрофильной больницы.

Материал и методы

На базе ОГБУЗ «Клиническая больница № 1» (Смоленск) с июня по октябрь 2023 г. обследованы 78 больных, которые были переведены в отделение реанимации из общесоматического стационара, доставлены сотрудниками скорой медицинской помощи. Всем пациентам выполнена КТ ОГК на аппарате GE REVOLUTION EVO, 64 среза, с напряжением от 80 до 120 кВ в зависимости от телосложения пациента. Обработка КТ-изображений осуществлялась как визуально, так и с использованием стандартного программного обеспечения, включающего возможность автоматической оценки карт плотности легочной ткани, представленной на общедоступной основе в имеющемся КТ-оборудовании. Пациент укладывался в горизонтальное положение на спине, по возможности поднимая руки над головой. Оценивалось парциальное давление кислорода ($n = 78$). Возраст пациентов составил $47 \pm 5,8$ года, среди них было 45 (57,7%) мужчин и 33 (42,3%) женщины. У всех исследуемых пациентов были факторы, которые могли оказать косвенное воздействие на легкие (рис. 1).

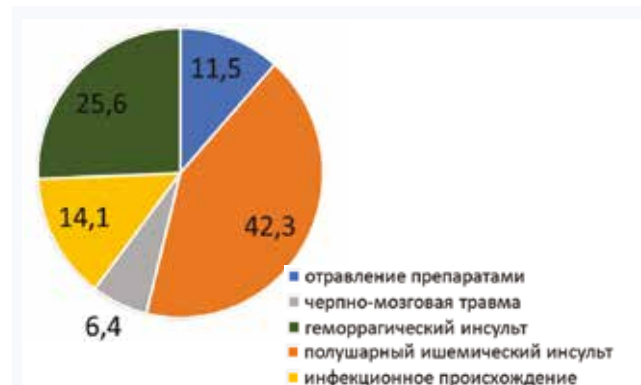


Рис. 1. Распределение факторов, оказывающих косвенное воздействие на легкие

Fig. 1. Distribution of factors indirectly affecting the lungs

¹ Кишкун А.А. Диагностика неотложных состояний: руководство для специалистов клиничко-диагностической лаборатории и врач-клиницистов. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019:332–336.

В структуре возможных причин развития СОЛП у пациентов реанимационного отделения преобладали больные с инсультом головного мозга (33 (42,3%) – ишемический инсульт, 20 (25,6%) – геморрагический инсульт). Наименьшим ($n = 5$) было количество пациентов с черепно-мозговой травмой, что было связано с оказанием неотложной помощи больным с последующим привлечением узких специалистов из других лечебных учреждений и переводом пациентов в профильные стационары. Также наблюдались пациенты с наличием инфекционного процесса ($n = 11$) и отравлениями препаратами ($n = 9$). Вариабельные причинные факторы позволили оценить диагностические возможности программы по оценке плотности легочной ткани для больных реанимационных отделений. В мониторинге за пациентами 63 (80,8%) больным проведена повторная КТ ОГК, 15 (19,2%) – рентгенологическое исследование ОГК. Группа сравнения была представлена 20 пациентами без подозрения на СОЛП.

Категориальные показатели описывали абсолютными (n) и относительными (в %) частотами

встречаемости с построением диаграмм. Количественные показатели представляли диапазонами значений, возраст пациентов – средним значением и стандартным отклонением, $M \pm SD$. Взаимосвязи количественных показателей оценивали с помощью коэффициента корреляции Спирмена. Критический уровень значимости при проверке гипотезы о различиях составлял $p = 0,05$.

Результаты

При оценке результатов КТ ОГК у 53 (67,9%) из 78 пациентов отсутствовали какие-либо изменения в легочной ткани, у 25 (32,1%) больных отмечены интерстициальные изменения ($n = 19$) и процесс консолидации ($n = 6$). Последующее применение карт плотности легочной ткани позволило распределить легочную паренхиму по следующим категориям: эмфизематозная ткань, нормально аэрируемая, интерстициальные изменения, консолидация, отсутствие аэрации (последние три критерия отнесены к градации «плохо аэрируемая легочная ткань с повышенной плотностью») [6] (рис. 2).

ЦВЕТ					
ЗНАЧЕНИЕ	-1050 — -950	-950 — -750	-750 — -550	-550 — -100	-100 — 0
ХАРАКТЕРИСТИКА	ЭМФИЗЕМАТОЗНАЯ ТКАНЬ	НОРМАЛЬНО АЭРИРУЕМАЯ	ИНТЕРСТИЦИАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ	КОНСОЛИДАЦИЯ	ОТСУТСТВИЕ АЭРАЦИИ

Рис. 2. Шкала плотности легочной ткани, согласно данным компьютерной томографии

Fig. 2. Pulmonary tissue density scale based on data from the lung tissue density maps

Представленные паттерны позволили определить вентиляционно-перфузионное отношение для каждого легкого. Каждой характеристике легочной ткани соответствовал количественный показатель, который оценивался в процентах (%). В основе методологии анализа данных карт плотности легочной ткани лежал расчет суммационного количественного показателя: интерстициальные изменения (%) + процесс консолидации (%) + отсутствие аэрации (%). С целью стандартизации показателей карт плотности результаты проанализированы в группе сравнения у 20 пациентов – без подозрения на СОЛП, согласно данным карт плотности легочной ткани (рис. 3).

По данным рентгеновского исследования ОГК, у 28 (35,9%) больных отсутствовали изменения в легочной ткани, из них у 19 (67,8%), согласно данным КТ легких, изменения соответствовали II стадии ОРДС. Несмотря на то, что у 53 пациентов не было изменений в легочной ткани, согласно данным КТ ОГК, у 25 (47,2%) из них по данным карты плотности легочной ткани суммационные количественные показатели составляли от 14 до 25%. Качественная картина плотности характеризовалась неомогенностью паттерна паренхимы легких по задне-базальным, центральным отделах. В данной группе ($n = 25$) отмечено нарастание клинической симптоматики (одышка, цианоз, тахипноэ) и снижение парциального давления кислорода в артериальной крови, проведена коррекция терапии, профилактические мероприятия, кратность наблюдения увеличена (табл. 1).

Таблица 1. Распределение признаков в зависимости от суммационного количественного показателя карт плотности легочной ткани у пациентов ($n = 53$)

Table 1. Distribution of clinical features depending on the summation quantitative indicators of lung tissue density maps in patients ($n = 53$)

Признаки	Суммационный количественный показатель карт плотности легочной ткани	
	Менее 14%, $n = 28$	14–25%, $n = 25$
Одышка	9 (32,1%)	24 (96%)
Цианоз	9 (32,1%)	20 (80%)
Тахипноэ	7 (25%)	19 (76%)
Снижение парциального давления кислорода в крови	10 (35,7%)	25 (100%)

Примечание: уровень значимости межгруппового различия $p < 0,05$.

Note: level of significance of intergroup difference $p < 0,05$.

Летальный исход в группе пациентов с суммационным количественным показателем карт плотности от 14 до 25% установлен в течение недели у одного (4%) больного, спустя 1,5 нед. – еще у одного (4%) пациента. В аутопсийном материале выявлено полнокровие всех сосудов легких, капилляров межалвеолярных перегородок, определены очаги отека (рис. 4).

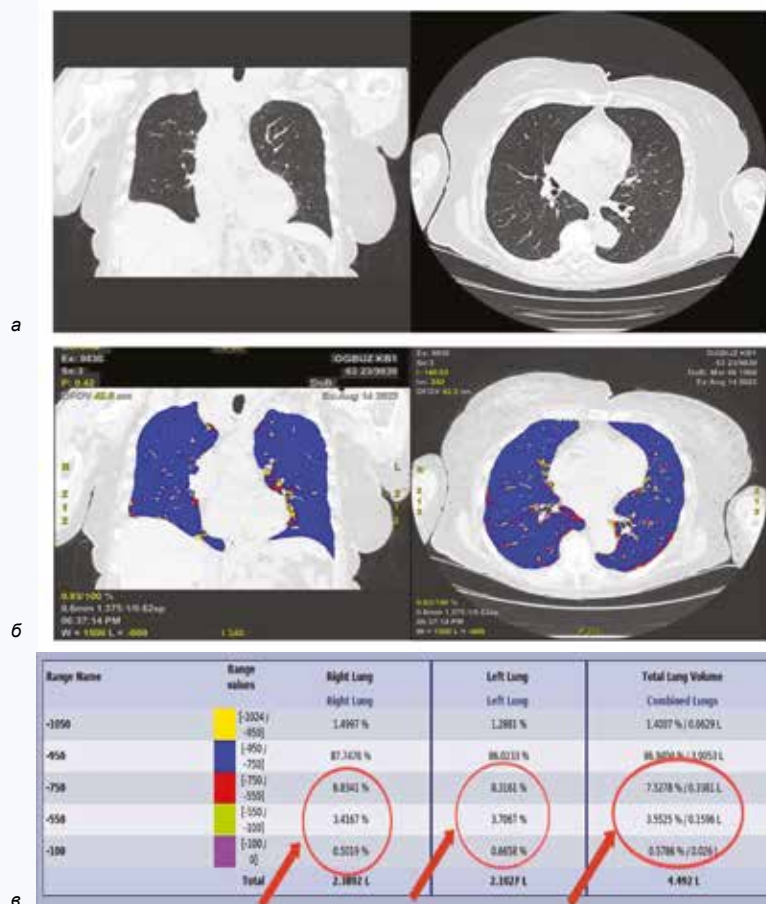


Рис. 3. КТ-изображения органов грудной клетки, вариант нормы: **а** – корональный (слева) и аксиальный (справа) срезы, отсутствие изменений; **б** – качественная картина карты плотности легочной паренхимы, корональный (слева) и аксиальный (справа) срезы (гомогенный характер паттерна); **в** – количественные показатели карты плотности – индекс прогноза синдрома острого легочного повреждения (указано стрелками) – нет риска развития синдрома острого легочного повреждения

Fig. 3. Lung tissue density map, variant of the norm: **а** – coronal (left) and axial (right) sections, no changes; **б** – qualitative picture of the density (homogeneous nature of the pattern); **в** – quantitative indicators of ALI prognosis index (indicated by arrows) – there is no risk of ALI development

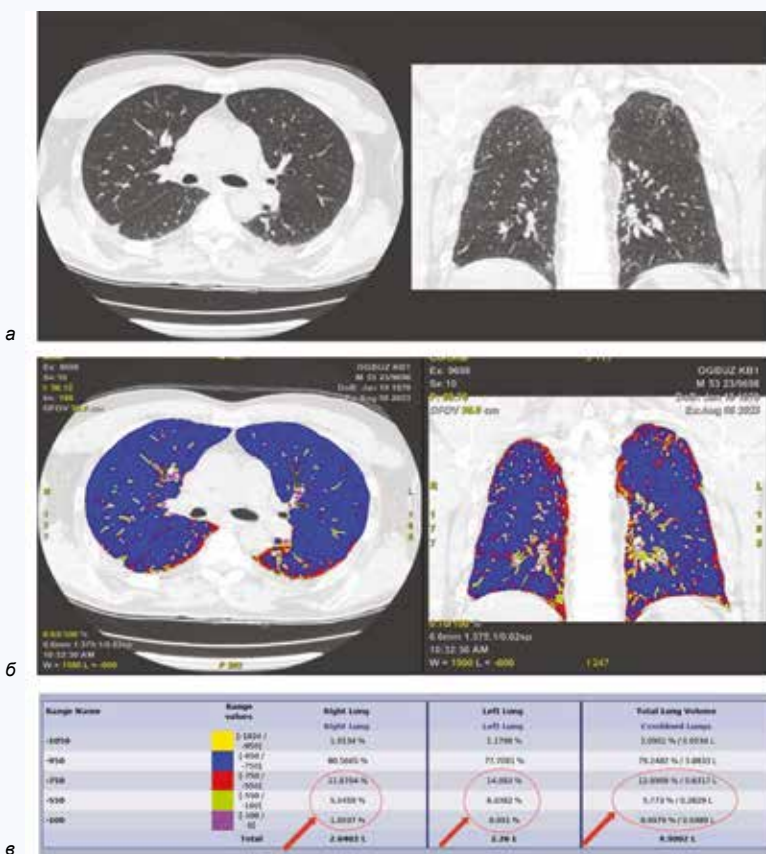


Рис. 4. КТ-изображения органов грудной клетки, риск развития синдрома острого легочного повреждения: **а** – корональный (слева) и аксиальный (справа) срезы, тяжи пневмофиброза по задне-базальной поверхности; **б** – качественная картина карты плотности легочной паренхимы, корональный (слева) и аксиальный (справа) срезы (негомогенный характер паттерна паренхимы легких по задне-базальной поверхности); **в** – суммационные количественные показатели карты плотности – от 17 до 20% (указано стрелками) – есть риск развития синдрома острого легочного повреждения

Fig. 4. Diagnostic criteria of the lung tissue density map in a patient with a risk of ALI: **а** – coronal (left) and axial (right) sections, strands of pneumofibrosis along the posterobasal surface; **б** – qualitative pattern of density (inhomogeneous nature of the lung parenchyma pattern on the posterior-basal surface); **в** – quantitative indicators of ALI prognosis index – from 17% to 20% (indicated by arrows) – there is a risk of ALI development

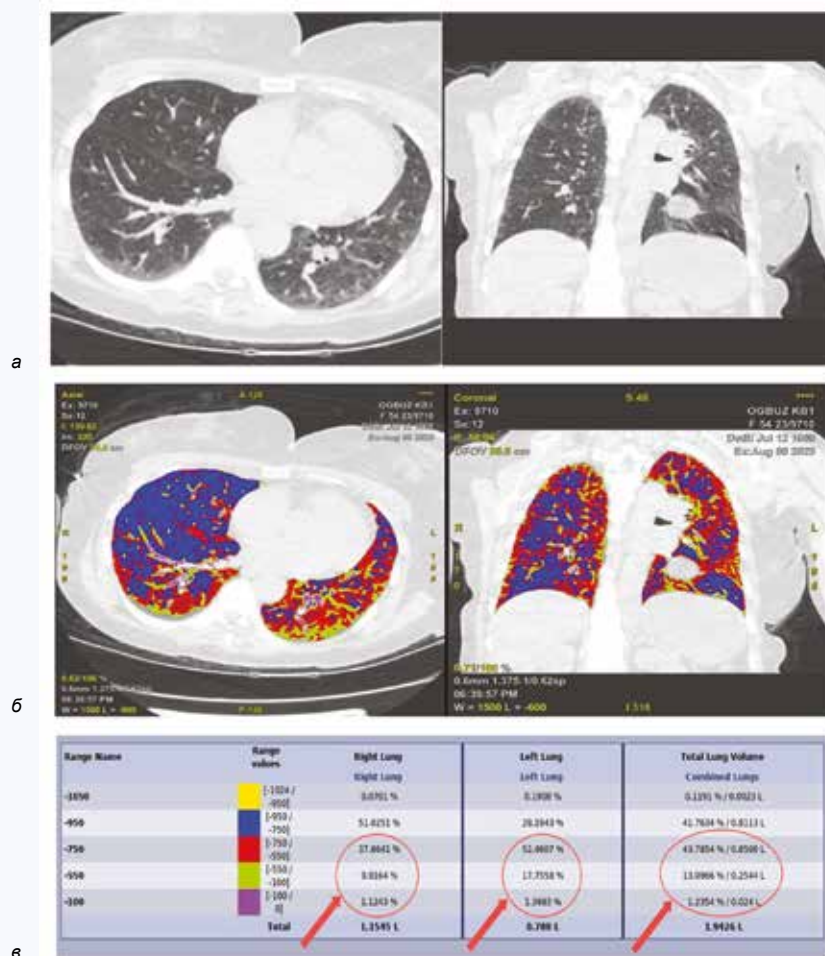


Рис. 5. КТ – изображения органов грудной клетки, прогрессирование СОЛП: а – корональный (слева) и аксиальный (справа) срезы, интерстициальные изменения по задне-базальной поверхности; б – качественная картина карты плотности легочной паренхимы, корональный (слева) и аксиальный (справа) срезы (выраженный неомогенный характер паттерна паренхимы легких диффузного распределения); в – суммационные количественные показатели карты плотности при СОЛП – более 26% (указано стрелками) – неблагоприятное течение СОЛП

Fig. 5. Diagnostic criteria of lung tissue density maps in a patient with progression of ALI: a – coronal (left) and axial (right) sections, interstitial changes along the posterobasal surface; б – qualitative picture of density (expressed inhomogeneous character of the lung parenchyma pattern of diffuse distribution); в – quantitative indicators of ALI prognosis index – more than 26% (indicated by arrows) – progression of ALI.

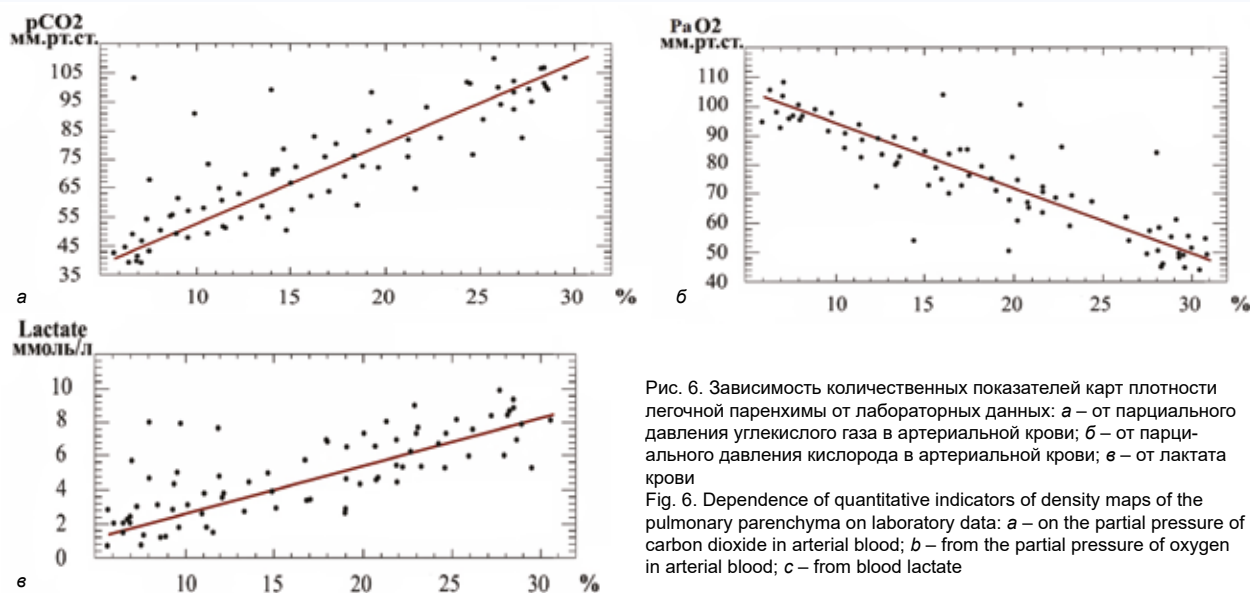


Рис. 6. Зависимость количественных показателей карт плотности легочной паренхимы от лабораторных данных: а – от парциального давления углекислого газа в артериальной крови; б – от парциального давления кислорода в артериальной крови; в – от лактата крови

Fig. 6. Dependence of quantitative indicators of density maps of the pulmonary parenchyma on laboratory data: а – on the partial pressure of carbon dioxide in arterial blood; б – from the partial pressure of oxygen in arterial blood; c – from blood lactate

Для данной группы пациентов проводился персонализированный алгоритм ведения. У одного (4%) больного процент плохо аэрируемой легочной ткани был ниже 14%, отмечалась компенсаторная эмфизема, пациент наблюдался по плану отделения. У 25 (32,1%) больных из 78, согласно данным КТ легких, установлены II

(n = 19) и III (n = 6) стадии ОРДС. По данным карт плотности легочной ткани, у 14 (73,6%) больных из 19 человек качественный паттерн характеризовался выраженной диффузной неомогенностью легочной паренхимы, а количественные показатели карт плотности легочной ткани при СОЛП составляли более 26% (рис. 5). Увеличение

суммационного количественного показателя карт плотности легочной ткани сопровождалось отрицательной лабораторной динамикой (повышение pCO_2 ($r = 0,893$) снижение pO_2 ($r = -0,913$), повышение лактата крови ($r = 0,809$) (рис.6).

В течение одного года наблюдения за пациентами с количественными показателями карт плотности при СОЛП более 26% было установлено, что представленные результаты следует рассматривать как критерий неблагоприятного течения СОЛП (табл. 2).

Таблица 2. Распределение частоты КТ-признаков при динамическом наблюдении за пациентами с синдромом острого легочного повреждения с количественными показателями карт плотности более 26% ($n = 14$)

Table 2. Distribution of the frequency of CT signs in follow-up of patients with ALI with quantitative indicators of density maps of more than 26% ($n = 14$)

КТ-признаки	Сроки динамического наблюдения		
	1,5–3 мес.	6–9 мес.	12 мес.
Фиброз	4 (28,5%)	7 (50%)	9 (64,2%)
Эмфизема локальная / тотальная	8 (57,1%)	9 (64,2%)	9 (64,2%)
Бронхоэктазы	5 (35,7%)	6 (42,8%)	9 (64,2%)
Консолидация	6 (42,8%)	5 (35,7%)	3 (21,4%)
Симптом «воздушной бронхограммы»	3 (21,4%)	3 (21,4%)	1 (7,1%)
Ателектазы	2 (14,2%)	2 (14,2%)	1 (7,1%)
Гидроторакс	1 (7,1%)	1 (7,1%)	2 (14,2%)

Таким образом, исходя из данных таблицы 2, увеличивается частота встречаемости КТ-признаков в легочной ткани, согласно данным нативного исследования, свидетельствующих о ранее неблагоприятном течении СОЛП, что следует оценивать как остаточные изменения.

Обсуждение

При анализе литературных данных были рассмотрены источники, где указаны диагностические возможности карт плотности легочной ткани, согласно данным КТ. Оценены возможности вышеуказанной программы для определения хирургической тактики у фтизиохирurgical больных с ВИЧ-статусом. Авторы отмечают, что она позволяет объективизировать информацию о больных и разрабатывать персонализированные алгоритмы ведения пациентов [7]. В нашем исследовании мы сделали акцент на возможности карт плотности легочной ткани, по данным КТ, у пациентов реанимационного отделения многопрофильной больницы, что, несомненно, увеличивает диагностическую значимость и расширяет клинические возможности КТ. В работе Е. Noll и соавт. (2021) рассмотрены возможности автоматизированного количественного анализа паренхимы легких у пациентов с COVID-19 с целью точной диагностики «матового стекла» [8]. Целью нашей работы было определение диагностических возможностей карт плотности при КТ легких с обязательным включением в диагностический минимум обследования пациентов, которые находятся в отделении реанимации, независимо от этиологии патологического процесса. В работах L.M. Malbouisson и соавт. (2021), Ph. Klapsing и соавт. (2017) оценены возможности программы у пациентов с ОРДС, которые находились на искусственной вентиляции легких [9, 10]. В наше исследование включены па-

циенты реанимационного отделения с заболеваниями вариабельной этиологии с целью избежания развития СОЛП и его прогрессирования.

Известен метод оценки СОЛП, который основывается на том, что у больного производят забор венозной и артериальной крови, регистрируют уровень хемилюминесценции плазмы венозной и артериальной крови в течение 5 мин, рассчитывают светосумму в условных единицах [11]. Не все лаборатории лечебных учреждений могут быть оснащены прибором для измерения хемилюминесценции ХЛ-02. В условиях стационара это может привести к перезагруженности работы лабораторной службы. В работе Н.В. Агафоновой и соавт. проводится исследование легких с использованием КТ с определением плотности каждого среза в первые сутки развития ОРДС. Выделяют участки с максимальной (ED_{max}) и минимальной (ED_{min}) плотностью интерстициальной ткани для каждого среза с последующим расчетом средней плотности среза [12].

Этот способ не позволяет заподозрить риск развития СОЛП, он направлен только на оценку уже имеющегося патологического процесса. А в силу того, что, как правило, эта группа пациентов характеризуется признаками нарушения дыхательных движений, невыполнением команд «вдохнуть и не дышать», то получение плотностных, количественных характеристик по паренхиме легких может характеризоваться своей неточностью, особенно когда речь идет о пациентах с III стадией, имеющих признаки дыхательной недостаточности. Вышеописанные способы требуют дополнительного оснащения лабораторий биотехнологическим оборудованием, реактивами, помещениями. Использование молекулярно-генетического титрования удлиняет время получения результатов, требуется обучение медицинского персонала, расширение площадей для новых технологий, а экономические затраты на одного пациента значительны. Некоторые способы подразумевают количественный анализ (что может привести к недооценке процесса, в результате способы становятся неэффективными); комплексный анализ анамнестических, клинико-инструментальных, лабораторных данных, на основании которых составляются шкалы, а при отсутствии каких-либо, последние признаки становятся не информативны.

Выводы

1. Для получения результатов карт плотности легочной ткани при КТ у пациентов с СОЛП необходимо оценивать общую сумму: интерстициальные изменения (%) + процесс консолидации (%) + отсутствие аэрации (%).
2. Суммационные количественные показатели от 14 до 25% соответствовали отрицательной клинической симптоматике (одышка, цианоз, тахипноэ), снижению парциального давления кислорода в артериальной крови ($p < 0,05$).
3. Увеличение процента суммационного количественного показателя карт плотности легочной ткани сопровождалось отрицательной лабораторной динамикой (повышение pCO_2 , снижение pO_2 , повышение лактата крови).
4. При суммационном количественном показателе карт плотности легочной ткани более 26% увеличивается частота встречаемости КТ-признаков в легочной ткани, согласно данным нативного исследования, свидетельствующих о ранее неблагоприятном течении СОЛП.

Литература / References

1. Прейзер Ж.Ш., Херридж М., Азулей Э. Синдром последствий интенсивной терапии. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2022:37–55. Preiser J.S., Herridge M., Azoulay E. Syndrome of the consequences of intensive care. Moscow: GEOTAR-Media; 2022:37–55.
2. Шанин В.Ю. Патопизиология критических состояний. Санкт-Петербург: ИП Маков М.Ю.; 2021:346–371. Shanin V.Yu. Pathophysiology of critical conditions. St. Petersburg: IP Makov M.Yu.; 2021:346–371. (In Russ.).
3. Фуженко Е.Е., Погорельцев В.О., Джанелидзе Т.Д., Крайнюков П.Е. МСКТ – визуализация поражения легочной ткани при остром респираторном дистресс-синдроме. *Главный врач*. 2017;54(2):59–64. Fuzhenko E.E., Pogoreltsev V.O., Dzhanelidze T.D., Krainyukov P.E. MSCT – visualization of lung tissue damage in acute respiratory distress syndrome. *Chief physician*. 2017;54(2):59–64. (In Russ.).
4. Bernard G. R., Frigas A., Brigham L. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *The American – European Consensus on ARDS*. 1994;3(149):818–824 DOI: 10.1164/ajrcsm.149.3.7509706.
5. Сперанская А.А. Заключение в торакальной компьютерной томографии. Симптом, синдром, диагноз. Санкт-Петербург: ИП Маков М.Ю.; 2023:91–103. Speranskaya A.A. Conclusions in thoracic computed tomography. Symptom, syndrome, diagnosis. St. Petersburg: IP Makov M.Yu.; 2023:91–103. (In Russ.).
6. Risoli C., Nicolò M., Colombi D., Moia M., Rapacioli F., Anselmi P. et al. Different Lung Parenchyma Quantification Using Dissimilar Segmentation Software: A Multi-Center Study for COVID-19 Patients. *Diagnostics*. 2022;6(12). DOI: 10.3390/diagnostics12061501.
7. Kalabukha I., Maietnyi E., Vysotsky A.G. Clinical use of densitometric analysis of lung pathology and digital data processing programs for determining surgical tactics in phthisiosurgical patients with HIV status. *Tuberculosis Lung Diseases HIV Infection*. 2023;53(2). DOI: 10.30978/TB2023-2-36.
8. Noll E., Soler L., Ohana M., Ludes P.-O., Pottecher J., Bennett-Guerre E. et al. A novel, automated, quantification of abnormal lung parenchyma in patients with COVID-19 infection: Initial description of feasibility and association with clinical outcome. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*. 2021;1(40). DOI: 10.1016/j.accpm.2020.10.014.
9. Malbouisson L.M., Muller J.-C., Constantin J.-M., Lu Q., Puybasset L., Rouby J.-J. Computed tomography assessment of positive end-expiratory pressure-induced alveolar recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2021;163(6) DOI: 10.1164/ajrcm.163.6.2005001.
10. Klasing P., Herrmann P., Moerer O. Automatic quantitative computed tomography (QCT) segmentation and analysis of aerated lung volumes in ARDS – a comparative diagnostic study. *Journal of Critical Care*. 2017; 42:184–191. DOI: 10.1016/j.jccr.2016.11.001.
11. Способ оценки синдрома острого легочного повреждения. Патент RU 2 157 996 C1. Мирхайдаров А.Р., Фархутдинов Р.Р., Юлдашев М.Т., Миронов П.И., Марданов А.З. Дата регистрации: 24.02.1999. Mirkhaidarov A.R., Farkhutdinov R.R., Yuldashev M.T., Mironov P.I., Mardanov A.Z. Method for evaluating acute lung injury syndrome severity degree. Patent RU 2 157 996 C1. Registration date: 02.24.1999. (In Russ.). URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2168945C1_20010620
12. Агафонова Н.В., Родионов Е.П., Крейнс В.М. Способ диагностики ранних признаков острого респираторного дистресс-синдрома. Патент RU 2 168 945 C1. Дата регистрации: 24.03.2000. Agafonova N.V., Rodionov E.P., Kreines V.M. Method for diagnosing early signs of acute respiratory distress syndrome. Patent RU 2 168 945 C1. Date of registration: 24.03.2000. (In Russ.). URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2168945C1_20010620

Информация о вкладе авторов

Бормышев А.В. предложил концепцию исследования и разработал его протокол.

Ковалев А.В., Бормышев А.В. организовали сбор данных.

Ковалев А.В., Морозова Т.Г., Бормышев А.В. проводили компьютерную томографическое исследование органов грудной клетки с применением пакета Thoracic VCAR.

Морозова Т.Г. сформировала выборку пациентов.

Ковалев А.В., Морозова Т.Г., Бормышев А.В. анализировали и интерпретировали данные, написали первую версию рукописи, внесли вклад в доработку исходного варианта рукописи.

Все авторы дали окончательное согласие на подачу рукописи и согласились нести ответственность за все аспекты работы, ругаясь за их точность и безупречность.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Бормышев Алексей Викторович, аспирант, кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом ДПО, СГМУ Минздрава России, Смоленск, <https://orcid.org/0009-0008-5934-1332>.

E-mail: aleksei-bormyshev@mail.ru.

Морозова Татьяна Геннадьевна, д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом ДПО, СГМУ Минздрава России, Смоленск, <https://orcid.org/0000-0003-4983-5300>.

E-mail: t.g.morozova@yandex.ru.

Ковалёв Алексей Викторович, канд. мед. наук, доцент, кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом ДПО, СГМУ Минздрава России, Смоленск, <https://orcid.org/0000-0002-7754-5477>.

E-mail: alcoon@mail.ru.

 **Бормышев Алексей Викторович**, e-mail: aleksei-bormyshev@mail.ru.

Information on author contributions

Bormyshev A.V. proposed the concept of the study and developed its protocol.

Kovalev A.V. and Bormyshev A.V. organized the data collection.

Kovalev A.V., Morozova T.G. and Bormyshev A.V. performed a computed tomographic examination of the chest organs using the Thoracic VCAR package. Morozova T.G. formed a sample of patients.

Kovalev A.V., Morozova T.G. and Bormyshev A.V. analyzed and interpreted the data, wrote the first version of the manuscript, and contributed to the revision of the original version of the manuscript.

All authors gave final consent to submit the manuscript and agreed to be responsible for all aspects of the work, vouching for its accuracy and integrity.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Information about the authors

Aleksey V. Bormyshev, Graduate Student, Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy with a Course of Additional Professional Training, SSMU, Smolensk, <https://orcid.org/0009-0008-5934-1332>.

E-mail: aleksei-bormyshev@mail.ru.

Tatyana G. Morozova, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department, Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy with a Course of Additional Professional Training, SSMU, Smolensk, <https://orcid.org/0000-0003-4983-5300>.

E-mail: t.g.morozova@yandex.ru.

Alexey V. Kovalev, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy with a Course of Additional Professional Training, SSMU, Smolensk, <https://orcid.org/0000-0002-7754-5477>.

E-mail: alcoon@mail.ru.

 **Aleksey V. Bormyshev**, e-mail: aleksei-bormyshev@mail.ru.

Поступила 07.03.2024
рецензия получена 17.05.2024;
принята к публикации 14.11.2024.

Received 07.03.2024;
review received 17.05.2024;
accepted for publication 14.11.2024.