

УДК 616.12/131-007:616-073.75

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-3-51-57>

## КТ-ДЕНСИТОМЕТРИЯ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД В ДИАГНОСТИКЕ ЛЕГОЧНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ: ПРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Р.И. Рахимжанова<sup>✉\*</sup>, Д. Марденқызы<sup>✉</sup>, Т.Б. Даутов<sup>✉</sup>, Э.С. Ельшибаева<sup>✉</sup>

Медицинский университет Астана, Нур-Султан, Республика Казахстан

**ВВЕДЕНИЕ:** Легочная гипертензия (ЛГ) — это состояние, осложняющее различные по своей природе заболевания, приводящее к бивентрикулярной сердечной недостаточности, а затем к преждевременной смерти. В данной статье представлены результаты компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки с применением КТ-денситометрии, используемой в диагностике различных форм легочной гипертензии.

**ЦЕЛЬ:** Определение диагностической ценности КТ-денситометрии путем сравнительного анализа плотности легочной ткани у пациентов с различными формами легочной гипертензии.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** В исследование вошли 528 пациентов с диагностированной легочной гипертензией посредством катетеризации правых отделов сердца (КПОС) Национального научного кардиохирургического центра, Республики Казахстан. Все пациенты были разделены на 4 группы, согласно классификации легочной гипертензии Всемирной организации здравоохранения (Руководство ESC/ERS) 2015 г. Первая группа — 254 пациента с легочной гипертензией, обусловленной патологиями левых отделов сердца (ЛГПЛС). Вторая группа — 210 пациентов с легочной артериальной гипертензией (ЛАГ). Третья группа — 49 пациентов с хронической тромбоэмболической легочной гипертензией (ХТЛГ). Четвертая группа — 15 пациентов с легочной гипертензией, обусловленной патологией дыхательной системы (ЛГПДЛС). Средний возраст пациентов составил  $52,15 \pm 16,75$  года. КТ-исследование органов грудной клетки с контрастом проводилось на мультиспиральном 64-срезовом компьютерном томографе (Somatom Definition AS, Siemens) с постпроцессинговым определением денситометрических показателей легочной ткани, анализом диаметров легочного ствола и главных ветвей. КТ-исследование проводилось по программе Embolism с внутривенным введением контрастного препарата по показаниям.

*Статистика:* проводилась с использованием пакета программ Statistica 10. Сравнения двух групп по количественным шкалам проводились на основе непараметрического критерия Манна–Уитни и критерия Краскела–Уоллеса. Для описания количественных показателей использовались среднее значение и стандартное отклонение в формате « $M \pm S$ ». Корреляционный анализ проводился на основе непараметрической ранговой корреляции по Спирмену.

**РЕЗУЛЬТАТЫ:** У пациентов с тяжелой легочной гипертензией наиболее четко наблюдалась тенденция к формированию фибротических изменений в группе ЛГ, обусловленной патологиями левых отделов сердца ( $-809,92 \pm 26,52$ ), эмфизематозных изменений в группе легочной артериальной гипертензии ( $-843,27 \pm 43,88$ ).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** КТ-денситометрию легких необходимо проводить всем пациентам с подозрением на ЛГ в качестве дополнительного метода исследования.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** легочная гипертензия, компьютерная томография органов грудной клетки, хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия, легочная артериальная гипертензия, КТ-денситометрия

\*Для корреспонденции: Рахимжанова Раушан Ибжановна, e-mail: [rakhimzhanova01@rambler.ru](mailto:rakhimzhanova01@rambler.ru)

Для цитирования: Рахимжанова Р.И., Марденқызы Д., Даутов Т.Б., Ельшибаева Э.С. КТ-денситометрия как дополнительный метод в диагностике легочной гипертензии: проспективное исследование // *Лучевая диагностика и терапия*. 2022. Т. 13, № 3. С. 51–57. DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-3-51-57>.

## CT DENSITOMETRY AS AN ADDITIONAL DIAGNOSTIC METHOD OF PULMONARY HYPERTENSION: A PROSPECTIVE STUDY

Raushan I. Rakhimzhanova<sup>✉\*</sup>, Damilya Mardenkyzy<sup>✉</sup>, Tairkhan B. Dautov<sup>✉</sup>, Elmira S. Yelshibayeva<sup>✉</sup>  
Medical University Astana, Nur-Sultan, Kazakhstan

**INTRODUCTION:** This article presents the results of application of CT densitometry in the computed tomography (CT) of the chest to diagnose various forms of pulmonary hypertension.

**OBJECTIVES:** To determine the diagnostic value of CT densitometry using comparative analysis of lung tissue density in patients with various forms of pulmonary hypertension.

**MATERIALS AND METHODS:** The study included 528 patients diagnosed with pulmonary hypertension by means of right heart catheterization (RHC) of the National Research Cardiac Surgery Center, Republic of Kazakhstan. All patients were divided into 4 groups according to the classification of pulmonary hypertension of the World Health Organization (ESC/ERS Guidelines) from 2015. The first group included 254 patients with pulmonary hypertension due to left heart disease (PHLHD). The second group included 210 patients with pulmonary arterial hypertension (PAH). The third group included 49 patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH). The fourth group — 15 patients with pulmonary hypertension due to respiratory disease (PHDRD). The mean age of the patients was  $52.15 \pm 16.75$  years. Contrast-enhanced chest CT imaging performed with a 64-slice multislice computed tomography system (Somatom Definition AS, Siemens) with post-processing to assess the lung tissue densitometric parameters, analyse the diameters of the pulmonary trunk and its main branches. The CT examination was carried in accordance with an «Embolism» protocol with intravenous administration of a contrast agent according to indications.

**Statistics:** analysis was conducted using the Statistica 10 software. To quantitatively compare the two groups nonparametric Mann-Whitney test and the Kruskal-Wallis test were applied. Mean value and standard deviation in the format of «M±S» were used for quantitative parameters. Correlation analysis was carried out using Spearman's nonparametric rank correlation.

**RESULTS:** In patients with severe pulmonary hypertension a tendency for fibrotic changes was most clearly observed in cases of pulmonary hypertension due to left heart disease ( $-809.92 \pm 26.52$ ), and emphysematous changes in the pulmonary arterial hypertension group ( $-843.27 \pm 43.88$ ).

**CONCLUSION:** CT lung densitometry should be performed in all patients with suspected pulmonary hypertension as an additional method of examination.

**KEYWORDS:** pulmonary hypertension, computed tomography of the chest, chronic thromboembolic pulmonary hypertension, pulmonary arterial hypertension, CT densitometry

\*For correspondence: Raushan I. Rakhimzhanova, e-mail: rakhimzhanova01@rambler.ru

**For citation:** Rakhimzhanova R.I., Mardenkyzy D., Dautov T.B., Yelshibayeva E.S. CT densitometry as an additional method in the diagnosis of pulmonary hypertension: a prospective study // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2022. Vol. 13, No. 3. P. 51–57, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-3-51-57>.

**Введение.** Легочная гипертензия (ЛГ) — это состояние, осложняющее различные по своей природе заболевания, приводящее к бивентрикулярной сердечной недостаточности, а затем к преждевременной смерти. На сегодняшний день важность ранней диагностики ЛГ недооценивается, так как она находится на границе множества нозологий, а специалисты разных отраслей медицины сосредоточены лишь на диагностике и лечении основного заболевания.

Регистры легочной артериальной гипертензии сообщают о выживаемости пациентов от 68% до 93% через 1 год и от 39% до 77% через 3 года [1, с. 315].

Среди нозологий, сочетающихся с легочной гипертензией, наиболее тяжелыми как с диагностической, так и с лечебной точки зрения являются болезни, вызывающие развитие устойчивой легочной артериальной гипертензии (ЛАГ) и хронической тромбоэмболической легочной гипертензии (ХТЭЛГ).

Истинную распространенность ЛАГ и ХТЭЛГ оценить крайне сложно вследствие трудностей диагностики данных заболеваний. По этой причине очень актуальным является усовершенствование методов диагностики ЛГ, в том числе лучевых методов диагностики, и это должно коснуться основ диагностического алгоритма. Один из этих методов — селективная инвазивная ангиография, которая также применяется в качестве альтернативы лекарственной терапии преимущественно при неоперабельной ХТЭЛГ. Манометрия оказывает неоценимую помощь в сборе необходимых данных при инвазивной диагностике ЛГ, в том числе при определении давления заклинивания легочной артерии (ДЗЛА), играющего достаточно важную роль в диагностике ЛГ [2, с. 291]. Существенное значение имеет правильное измерение ДЗЛА, однако не следует забывать о сложностях, возникающих при определении ЛГ ввиду его инвазивности.

В Республике Казахстан официальных статистических данных о распространенности легочной гипертензии нет. Лучевые методы исследования играют решающую роль в диагностической оценке всех типов легочной гипертензии. Они позволяют не только определять ранние признаки повышения давления, но и напрямую визуализировать правый желудочек, оценить степень компенсации легочной гипертензии после проведенной терапии и/или операции, а также незаменимы для выявления этиологии ЛГ [3, с. 443]. Особенными преимуществами обладают эхокардиография, компьютерная и магнитно-резонансная томография, так как эти неинвазивные методы позволяют выявить ранние признаки ЛГ, установить ее причину и в некоторых случаях тяжесть течения, а также оценить функцию правых отделов сердца.

На сегодняшний день компьютерная томография (КТ) является общедоступным методом диагностики, по ее результатам можно выявить дилатацию ЛА и/или правого желудочка, что помогает заподозрить наличие ЛГ, а также установить этиологию заболевания (ХТЭЛГ, болезни легких, врожденные пороки сердца). Существует множество исследований, оценивающих отношение диаметра легочного ствола к диаметру восходящего отдела аорты, соотношения сегментарного бронха и артерии, нормальные соотношения которых указаны в последних Европейских клинических рекомендациях 2015 года.

Что касается КТ-денситометрии, ранее опубликованные работы основаны на измерении плотности легочной ткани у пациентов с ХОБЛ и интерстициальными заболеваниями легких. Так, например, степень эмфиземы легких (ХОБЛ) определяли на КТ с помощью измерения плотности в единицах Хаунсфилда [4, с. 784], построения гистограмм на основе полученных данных [5, с. 251], сопоставления компьютерной макропической морфометрии (визуальная оценка тремя врачами) с КТ-денситометрией [6, с. 854].

Датские исследователи выявили, что КТ-текстура (окрестность всех вокселей) является более информативным методом ранней диагностики эмфиземы при ХОБЛ и рака легких по сравнению с КТ-денситометрией [7, с. 1273]. При применении КТ-денситометрии в диагностике интерстициальных заболеваний легких было обнаружено, что метод может улавливать минимальные изменения в легких, которые могут быть пропущены в визуальной оценке. Также она применима в оценке склеродермического легкого до и после лечения [8, с. 9468], где проведение КТ-денситометрии крайне необходимо, так как не всегда при системной склеродермии может прогрессировать интерстициальные заболевания легких и тактика лечения будет подбираться индивидуально [9, с. 13]. КТ-денситометрия обладает прогностической ценностью, ввиду наличия высокой корреляционной связи между показателями функции легких и основными денситометрическими гистограммами (асимметрия и эксцесс представляют собой искажение или

несоответствие отклонения гистограммы по сравнению с нормальным распределением, среднего легочного затухания — снижение значения пикселей ниже заданного порога) [10, с. 202].

Упомянутые выше работы основаны на измерении КТ-денситометрии легких в областях, где первоначально поражается легочная ткань.

**Цель.** Определение диагностической ценности метода КТ-денситометрии путем сравнительного анализа плотности легочной ткани у пациентов с различными формами легочной гипертензии.

**Задачами** исследования стали определение диагностической ценности КТ-денситометрии и усовершенствование диагностического алгоритма легочной гипертензии в зависимости от ее формы, а также оценка характера изменений в легочной паренхиме в зависимости от формы легочной гипертензии, исключая легочную гипертензию, обусловленную патологиями дыхательной системы. Гипотеза заключалась в следующем: длительное повышение давления в малом круге кровообращения может тем или иным образом воздействовать на легочную ткань.

**Материалы и методы.** Набор материалов проводился на базе «Национального научного кардиохирургического центра» Республики Казахстан, в период с 2012 по 2019 гг. Исследование одобрено этическим комитетом АО «Медицинский Университет Астана», протокол № 113, от 03.09.2012 г. Информированное согласие получено от каждого пациента и его законного представителя. Объект исследования — 528 пациентов с диагностированной легочной гипертензией посредством катетеризации правых отделов сердца (КПОС). Возраст пациентов варьировался от 11 до 90 лет (средний возраст  $52,15 \pm 16,75$  года). Все пациенты были разделены на четыре группы согласно классификации легочной гипертензии Всемирной организации здравоохранения (Руководство ESC/ERS) 2015 года. Первую группу составили 254 пациента с легочной гипертензией, обусловленной патологиями левых отделов сердца (ЛГПЛС). Во вторую группу вошли 210 пациентов с легочной артериальной гипертензией (ЛАГ). В третью группу включены 49 пациентов с хронической тромбоэмболической легочной гипертензией (ХТЛГ). Четвертую группу составили 15 пациентов с легочной гипертензией, обусловленной патологией дыхательной системы (ЛГПДЛС). Однако основные методы статистической обработки применялись в отношении групп с ЛАГ и ЛГПЛС, так как выборки были сопоставимы по количеству пациентов.

В рамках исследования пациентам проводились катетеризация правых отделов сердца, эхокардиография, компьютерная томография органов грудной клетки с последующей КТ-денситометрией.

**Критерии включения пациентов в группы наблюдения:**

1) верифицированная легочная гипертензия различной этиологии (среднее давление в легочной

артерии >25 мм рт.ст. по данным катетеризации правых отделов сердца) [11, с. 10];

2) возраст на момент исследования старше 10 лет;

3) подписанное информированное согласие пациентов и их представителей на проведение компьютерной томографии и участие в исследовании.

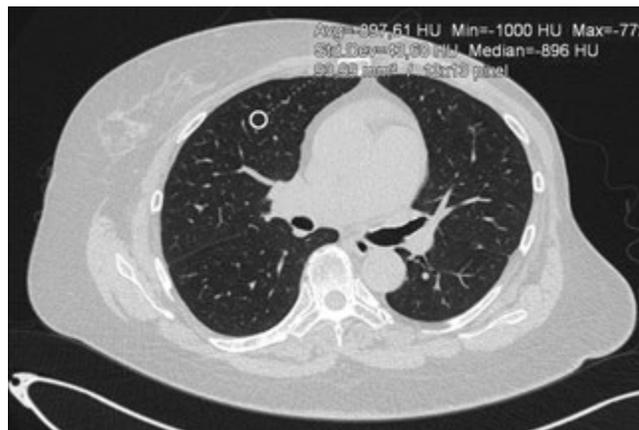
**Критерии исключения из исследования:**

1) нарушение функции почек (высокий уровень креатинина);

2) наличие в истории болезни указаний на непереносимость или аллергическую реакцию на рентгеноконтрастные препараты (за исключением нативного исследования).

В исследование вошли пациенты от 11 до 16 лет и составили 1,5% от общей выборки. В связи с этим сравнение результатов КТ-денситометрии между данными группами пациентов недостоверно. Главной причиной ЛГ у детей и пациентов в группе с легочной артериальной гипертензией был лево-правый шунт, обусловленный различными пороками сердца.

КТ-исследование органов грудной клетки проводилось на мультиспиральном 64-срезовом компьютерном томографе (Somatom Definition AS, Siemens) с постпроцессинговым определением денситометри-



**Рисунок.** Метод диагностики — КТ с определением денситометрических показателей в «легочном» окне (сегмент IV)

**Figure.** CT diagnostic method with the determination of densitometric parameters in the «pulmonary» window (segment IV)

**Результаты и их обсуждение.** В табл. 1 представлен статистический анализ данных КТ-денситометрии легочной паренхимы у исследуемых групп пациентов.

Таблица 1

**Результаты компьютерной томографии у пациентов с различными формами легочной гипертензии**

Table 1

**Computer tomography parameters in patients with various forms of pulmonary hypertension**

Показатель	ЛГПЛС, М±S (n=254)	ЛАГ, М±S (n=210)	Уровень p (df=3)
Средний показатель денситометрии легких, Hu	-811,29±53,49	-829,53±56,71	0,0720
Диаметр ствола легочной артерии, см	3,21±0,57	3,50±0,67	0,2222
Диаметр левой ветви легочной артерии, см	2,29±0,38	2,41±0,48	0,3807

ческих показателей легочной ткани, анализом диаметров легочного ствола и главных ветвей. Техническими требованиями к КТ-сканеру были 64 среза, скорость вращения рентгеновской трубки не более 350 мс, ширина детектора не более 0,625 мм. Сканирование выполнялось в краниокаудальном направлении, в фазе вдоха на одной задержке дыхания. Толщина томографического среза не более 3 мм.

Реконструкция проводилась по алгоритму V30s в окне «Lung» и V31s в окне «Medastinum».

Измерение плотности легких производилось вручную, в каждом сегменте легкого (рисунок), исключая ветви крупных сосудов и бронхов вплоть до субсегментарного уровня. Измерение выполнялись двумя специалистами компьютерной томографии для исключения фактора субъективизма.

После проведения КТ органов грудной клетки по стандартному протоколу выполнялось измерение плотности легочной паренхимы во всех сегментах каждого легкого, данные суммировались с получением среднего статистического значения. Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ Statistica 10.

Согласно табл. 1, по показателю денситометрии в группах исследования отмечается уменьшение значения единиц Хаунсфилда в группе ЛАГ (-829,53±56,71), ЛГПЛС (-811,29±53,49). Данный факт можно интерпретировать как преобладание эмфизематозных изменений в легких у пациентов с ЛАГ. При проведении статического анализа по методу Краскела–Уоллиса значимых различий по показателю среднего значения КТ-денситометрии у пациентов исследуемых групп не получено (p=0,0720). Следует отметить, что по показателям диаметра ствола (p=0,2222), ветвей легочной артерии (p=0,1224, p=0,3807) группы ЛГПЛС и ЛАГ значимо не различались.

В табл. 2 представлены данные компьютерной томографии с денситометрией в зависимости от тяжести легочной гипертензии (статистическая обработка проводилась по методу Краскела–Уоллиса).

В данный анализ (см. табл. 2) были включены пациенты, у которых интервал между КПОС и КТ составлял не более суток. По тяжести легочной гипертензии средний показатель денситометрии

Таблица 2

Показатель денситометрии, диаметра ствола легочной артерии в зависимости от тяжести легочной гипертензии

Table 2

Densitometry parameter and diameter of the pulmonary trunk depending on the severity of pulmonary hypertension

Показатель	Легкая (а), М±S (n=106)	Средняя (б), М±S (n=83)	Тяжелая (в), М±S (n=146)	Уровень р (df=2)	Уровень р а) легкая– б) средняя	Уровень р а) легкая– в) высокая	Уровень р б) средняя– в) высокая
Средний показатель денситометрии легких, Ну	-827,41±50,30	-810,23±56,26	-840,06±42,99	0,0492	0,4280	0,5012	0,0508
Диаметр ствола легочной артерии, см	3,24±0,50	3,38±0,83	3,71±0,64	0,0049	0,8291	0,0082	0,1037

значимо различался в группах средней и тяжелой степени (-810,23±56,26 против -840,06±42,99;  $p=0,0508$ ). Мы использовали следующую классификацию тяжести легочной гипертензии: легкая степень легочной гипертензии — до 35 мм рт.ст., средняя степень — 35–45 мм рт.ст., тяжелая степень — выше 45 мм рт.ст. [12, с 54]. По показателю диаметра ствола легочной артерии также выявлены статистически значимые различия между группами пациентов с тяжелой и легкой степенью ЛГ (3,71±0,64 против 3,24±0,50;  $p=0,0082$ ). Разница заключалась в том, что у пациентов с тяжелой ЛГ диаметр ствола легочной артерии значимо был больше, чем у пациентов с легкой степенью ЛГ (табл. 3).

Хаунсфилда в группе ЛГ, обусловленной патологией левых отделов сердца (ЛГПЛС) (-809,92±26,52); а в группе ЛАГ (-843,27±43,88) — снижение показателя единиц Хаунсфилда (табл. 4).

По результатам статистической обработки сделан вывод, что показатель сопротивляемости в легочных сосудах у пациентов с ЛАГ имеет отрицательную связь со средним показателем КТ-денситометрии легких ( $p<0,05$ ).

Легочное сосудистое сопротивление (ЛСС, определяется делением значения транспульмонального градиента на величину сердечного выброса), превышающее или равное трем единицам Вуда, отражает вазоконстрикцию. Вышеописанные гемодинамические

Таблица 3

Сравнение показателей КТ-денситометрии легких и диаметра ствола легочной артерии у пациентов с ЛАГ и ЛГПЛС

Table 3

Comparison of lung densitometry parameters, pulmonary artery diameter in patients with pulmonary arterial hypertension, pulmonary hypertension caused by pathology of the left heart

Категория	Показатель	Степень легочной гипертензии	М±S ЛГПЛС	М±S ЛАГ	Уровень р
Данные компьютерной томографии легких с применением денситометрии	Средний показатель КТ-денситометрии легких, Ну	а) легкая	-827,21±51,75	-826,89±60,11	1,0000
Данные компьютерной томографии легких с применением денситометрии	Средний показатель КТ-денситометрии легких, Ну	б) средняя	-828,94±30,38	-755,39±80,44	0,0833
Данные компьютерной томографии легких с применением денситометрии	Средний показатель КТ-денситометрии легких, Ну	в) тяжелая	-809,92±26,52	-843,27±43,88	0,1070
Данные компьютерной томографии	Диаметр ствола легочной артерии, см	а) легкая	3,09±0,47	3,38±0,51	0,1939
Данные компьютерной томографии	Диаметр ствола легочной артерии, см	б) средняя	3,23±0,44	3,35±0,52	0,7747
Данные компьютерной томографии	Диаметр ствола легочной артерии, см	в) тяжелая	3,20±0,57	3,76±0,63	0,2270

При проведении статистического анализа (метод Манна–Уитни) групп исследования пациентов с ЛАГ и ЛГПЛС по тяжести легочной гипертензии нами не найдено статистически значимых различий. Однако следует отметить, что пациенты с тяжелой легочной гипертензией наиболее четко отражают с точки зрения статистического анализа (метод Манна–Уитни) возрастание показателя единиц

параметры оцениваются при проведении катетеризации правых отделов сердца и входят в обязательной перечень исследуемых показателей у пациентов с ЛГ.

По результатам статистической обработки данных сделан вывод, что показатель диаметра легочной артерии (табл. 5) у пациентов в группе ЛГПЛС имеет положительную связь со средним показателем денситометрии ( $p<0,05$ ).

Таблица 4  
Зависимость показателя сопротивляемости в легочных сосудах от параметров КТ-денситометрии легких

Table 4

## Dependence of the pulmonary vascular resistance with CT densitometry

Показатель	Средний показатель КТ-денситометрии, корреляционный коэффициент	p
Легочное сосудистое сопротивление (ЛАГ)	-0,36	<0,05
Легочное сосудистое сопротивление (ЛГПЛС)	0,19	>0,05

Корреляционный коэффициент (r) был рассчитан для групп исследования с ЛАГ и ЛГПЛС. Корреляционный коэффициент — количественная оценка статистического изучения связи между явлениями, используемая в непараметрических методах. В нашем исследовании был использован метод Спирмена.

легочной артерии и сопротивляемости в легочных сосудах отрицательно коррелируют со средним показателем денситометрии:  $r = (-0,39)$ ,  $r = (-0,35)$ ,  $r = (-0,36)$  ( $p \leq 0,05$ ), соответственно.

Проанализирован средний показатель денситометрии в зависимости от тяжести легочной гипертензии. Выявлено, что данный показатель различал-

Таблица 5

Зависимость диаметра легочной артерии от параметров КТ-денситометрии легких

Table 5

## Dependence of the pulmonary artery diameter parameter with lung CT densitometry

Показатель	Средний показатель КТ-денситометрии, корреляционный коэффициент	p
Диаметр легочной артерии (ЛАГ)	0,31	>0,05
Диаметр легочной артерии (ЛГПЛС)	0,31	<0,05

Задачей исследования было определение диагностической ценности измерения плотности легочной ткани методом КТ-денситометрии. В ходе исследования обнаружено, что по данному показателю группы значимо не различались ( $p = 0,0720$ ). Несмотря на это, при проведении однофакторного анализа рисков возникновения различных форм ЛГ выявлено, что одним из факторов риска возникновения ЛАГ был средний показатель денситометрии легких  $< -819,7$  Ну, а у пациентов с ЛГПЛС фактором риска являлся показатель денситометрии легких  $\geq -819,7$  Ну. При проведении корреляционного анализа (метод Спирмена) в группах с самыми большими выборками пациентов было выявлено, что средний показатель денситометрии у пациентов с ЛГПЛС положительно коррелирует с показателем диаметра ствола легочной артерии  $r = 0,33$  ( $p \leq 0,05$ ). У пациентов с ЛАГ гемодинамические показатели давления в правом желудочке,

ся у пациентов со средним и тяжелым течением легочной гипертензии ( $-827,41 \pm 50,30$  против  $840,06 \pm 42,99$ ;  $p = 0,0508$ ). По показателю диаметра ствола легочной артерии также была выявлена статистически значимая разница между группами пациентов с высокой и легкой степенью легочной гипертензии ( $3,71 \pm 0,64$  против  $3,24 \pm 0,50$ ;  $p = 0,0082$ ). Данный результат можно интерпретировать как взаимосвязь тяжести легочной гипертензии с морфологическими изменениями в легочной ткани и диаметром ствола легочной артерии.

**Заключение.** Можно предположить, что результаты КТ-денситометрии у пациентов с легочной гипертензией могут стать определяющими при выборе пересадки сердца либо одномоментной трансплантации комплекса легкие–сердце как метод лечения. Однако это предположение требует более масштабного исследования.

## Сведения об авторах:

*Рахимжанова Раушан Ибжановна* — доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель Республики Казахстан, академик Академии профилактической медицины, почетный заведующий кафедрой радиологии имени академика Ж. Х. Хамзабаева некоммерческого акционерного общества «Медицинский университет Астана»; Республика Казахстан, 010000, г. Нур-Султан, ул. Бейбитшилик, д. 49а; e-mail: rakhimzhanova01@rambler.ru; ORCID 0000-0001-9564-1609;

*Марденқызы Дамиля* — ассистент кафедры радиологии имени академика Ж. Х. Хамзабаева некоммерческого акционерного общества «Медицинский университет Астана»; Республика Казахстан, 010000, г. Нур-Султан, ул. Бейбитшилик, д. 49а; e-mail: Gallyamova.damilya@gmail.com; ORCID 0000-0002-2411-9028;

*Даутов Таирхан Бекполотович* — доктор медицинских наук, заведующий отделением радиологии акционерного общества «Национальный научный кардиохирургический центр», директор департамента радиологии и ядерной медицины Корпоративного фонда «УМС», Республика Казахстан, 010000, г. Нур-Султан, пр. Туран, д. 38; e-mail: tairkhan.dautov@gmail.com; ORCID 0000-0002-5267-0108;

*Ельшибаева Эльмира Сериккалиевна* — доцент кафедры радиологии имени академика Ж. Х. Хамзабаева некоммерческого акционерного общества «Медицинский университет Астана»; Республика Казахстан, 010000, г. Нур-Султан, ул. Бейбитшилик, д. 49а; e-mail: elmiraelshibaeva@gmail.com; ORCID 0000-0001-6264-1880.

## Information about authors:

*Raushan I. Rakhimzhanova* — Dr. of Sci. (Med.), Professor, Honored Worker of Kazakhstan, Academician of the Academy of Preventive Medicine, Honorary Head of the Department of Radiology named after Academician Zh. H. Khamzabayev of non-profit joint stock company «Astana Medical University»; 49a Beibitshilik str., Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan; e-mail: Gallyamova.damilya@gmail.com; ORCID 0000-0002-2411-9028;

*Damilya Mardenkyzy* — Assistant of the Department of Radiology named after Academician Zh. H. Khamzabayev of non-profit joint stock company «Astana Medical University»; 49a Beibitshilik str., Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan; e-mail: Gallyamova.damilya@gmail.com; ORCID 0000-0002-2411-9028;

*Tairkhan B. Dautov* — Dr. of Sci. (Med.), Head of the Radiology Department of joint-stock company «National Research Cardiac Surgery Center», Director of the Department of Radiology and Nuclear Medicine of the «University Medical Center» Corporate Fund, 38 Turan Ave., Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan; e-mail: tairkhan.dautov@gmail.com; ORCID 0000-0002-5267-0108;

*Elmira S. Yelshibaeva* — Associate Professor of the Department of Radiology named after Academician Zh. N. Khamzabayev of non-profit joint stock company «Astana Medical University»; 49a Beibitshilik str., Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan; e-mail: elmiraelshibaeva@gmail.com; ORCID 0000-0001-6264-1880.

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: концепция и план исследования — *Р.И. Рахимжанова, Т.Б. Даутов*; сбор и математический анализ данных — *Д. Марденқызы, Э.С. Ельшибаева*; подготовка рукописи — *Р.И. Рахимжанова, Д. Марденқызы, Т.Б. Даутов, Э.С. Ельшибаева*.

**Author contribution.** All authors met the ICMJE authorship criteria. Special contribution: *RJR, TBD* aided in the concept and plan of the study; *DM, ESYe* provided collection and mathematical analysis of data; *RJR, DM, TBD, ESYe* preparation of the manuscript.

**Потенциальный конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Disclosure.** The authors declare no conflicts of interest.

**Соответствие принципам этики:** Исследование одобрено этическим комитетом АО «Медицинский университет Астана», протокол № 113, от 03.09.2012 г., информированное согласие получено от каждого пациента и законного представителя.

**Adherence to ethical standards:** The study was approved by the AS «Astana Medical University (protocol No. 113 from 03/09/2012) informed consent is obtained from each patient and legal representative of the patient.

Поступила/ Received: 21.12.2021

Принята к печати/ Accepted: 26.08.2022

Опубликована/ Published: 30.09.2022

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Hoeper M.M., Humbert M., Souza R. et al. A global view of pulmonary hypertension // *Lancet Respir. Med.* 2016. Vol. 4, No. 4. P. 306–322. doi: 10.1016/S2213-2600(15)00543-3.
- Gilbertson A. Pulmonary artery catheterization and wedge pressure measurement in the general intensive care unit // *Survey of anesthesiology.* 1975. Vol. 19, No. 3. P. 291. doi: 10.1093/bja/46.2.97.
- Okajima Y., Ohno Y., Washko G. et al. Assessment of Pulmonary Hypertension: What CT and MRI Can Provide // *Academic Radiology.* 2011. Vol. 18, No. 4. P. 437–453. doi: 10.1016/j.acra.2011.01.003.
- Muller N.L., Stapels C.A., Miller R.R. et al. «Density Mask»: an objective method to quantitate emphysema using computed tomography // *Chest.* 1998. Vol. 94. P. 782–787. doi: 10.1378/chest.94.4.782.
- Uppaluri R., Mitsa T., Sonka M. et al. Quantification of pulmonary emphysema from lung computed tomography images // *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine.* 1997. Vol. 156, No. 1. P. 248–254. doi: 10.1164/ajrccm.156.1.9606093.
- Bankier A.A., de Maertelaer V., Keyzer C. et al. CT of pulmonary emphysema: subjective assessment and objective quantification by densitometry and macroscopic morphometry; Detection of emphysema with computed tomography: correlation with pulmonary function tests and chest radiography // *Radiology.* 1999. Vol. 211, No. 3. P. 851–858. doi: 10.1148/radiology.211.3.r99jn05851.
- Lauge S., Mads N., Jens P. et al. Chronic obstructive pulmonary disease quantification using CT texture analysis and densitometry: Results from the Danish lung cancer screening trial // *American Journal of Roentgenology.* 2020. Vol. 214. P. 1269–1279. doi: 10.2214/AJR.19.22300.
- Marialuisa B., Dario B., Michele D., Performance of a new quantitative computed tomography index for interstitial lung disease assessment in systemic sclerosis // *Scientific reports.* 2019. Vol. 9, No. 1. 9468. doi: 10.1038/s41598-019-45990-7.
- Cottin V., Brown K.K. Interstitial lung disease associated with systemic sclerosis (SSc-ILD) // *Respir. Res.* 2019. Vol. 20, No. 1. P. 13. doi: 10.1186/s12931-019-0980-7.
- Van Royen F.S. et al. Automated CT quantification methods for the assessment of interstitial lung disease in collagen vascular diseases: A systematic review // *Eur. J. Radiol.* 2019. Vol. 112. P. 200–206. doi: 10.1016/j.ejrad.2019.01.024.
- Simonneau G., Montani D., Celermajer D.S. et al. Haemodynamic definitions and updated clinical classification of pulmonary hypertension // *Eur. Respir. J.* 2019. Vol. 53, No. 1. P. 1–13. doi: 10.1183/13993003.01913-2018.
- Swetabh P., Arsh G., Vinod J. et al. Evaluation of Pulmonary Hypertension in Stable Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients using Transthoracic Echocardiography // *Biomedical and Biotechnology Research Journal (BBRJ).* 2019. Vol. 3, No. 1. P. 53–56. doi: 10.4103/bbrj.bbrj\_4\_19.

Открыта подписка на 1-е полугодие 2023 года.

Подписной индекс:

Объединенный каталог «Пресса России» 42177