

ОСОБЕННОСТИ ПЕРФУЗИИ ЛЕГКИХ У ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКОЙ И ХРОНИЧЕСКОЙ ТРОМБОЭМБОЛИЧЕСКОЙ ЛЕГОЧНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ ПО ДАННЫМ КТЕн М.Ю.¹, Веселова Т.Н.¹, Мартынюк Т.В.¹, Данилов Н.М.¹, Терновой С.К.^{1,2}

1 – Институт клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова» МЗ РФ. г. Москва, Россия.

2 – ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский университет). г. Москва, Россия.

Цель исследования. Изучить особенности перфузии легочной ткани у пациентов с идиопатической легочной гипертензией (ИЛГ) и хронической тромбоэмболической легочной гипертензией (ХТЭЛГ) с дистальным типом поражения легочных артерий методом субтракционной компьютерной ангиопульмонографии.

Материалы и методы. В исследование было включено 30 пациентов с прекапиллярной легочной гипертензией: из них 15 пациентов с идиопатической (группа 1) и 15 пациентов с хронической тромбоэмболической легочной гипертензией с дистальным типом поражения легочных артерий (группа 2). Всем больным была проведена субтракционная КТ-ангиопульмонография на компьютерном томографе Aquilion ONE 640 VISION Edition с 320 рядами детекторов по протоколу Lung subtraction с использованием специальных лент-фиксаторов грудной клетки для достижения относительно одинаковой глубины вдоха. Анализ полученных изображений включал визуальную посегментную оценку перфузии на йодных картах. Нами было выделено 3 типа перфузионных дефектов: клиновидные с четкими контурами (1 тип), пятнистые (2 тип) и гомогенные участки снижения перфузии (3 тип).

Результаты. Всего было проанализировано 600 легочных сегментов: по 10 сегментов в каждом легком у 30 пациентов (по 300 сегментов в каждой группе). Перфузионные нарушения в группе ИЛГ были выявлены у 13 из 15 пациентов (86,6%), а в группе ХТЭЛГ у всех 15 пациентов (100%). Количество сегментов с нормальной перфузией в группе ИЛГ было достоверно больше, чем в группе ХТЭЛГ: 35,6% и 20% соответственно ($p < 0,00001$). Анализ сегментов с измененной перфузией показал, что в группе ХТЭЛГ значительно чаще выявлялись клиновидные дефекты (тип 1) и реже пятнистые дефекты перфузии (тип 2), чем в группе ИЛГ. Различия в особенностях дефектов между группами были статистически значимыми: в группе ИЛГ и ХТЭЛГ количество легочных сегментов с пятнистыми дефектами составляло 92,74% и 77,08% соответственно ($p < 0,00001$), количество сегментов с клиновидными дефектами – 2,59% и 21,66% соответственно ($p < 0,00001$). В обеих группах диффузные гомогенные дефекты перфузии (3 тип) встречались значительно реже, чем дефекты 1-го и 2-го типа.

Обсуждение. Субтракционная КТ-ангиопульмонография в настоящее время рутинно не применяется в диагностике пациентов с легочной гипертензией, однако имеются исследования, в которых показана высокая сопоставимость данного метода с вентиляционно-перфузионной сцинтиграфией легких при оценке легочной перфузии. Полученные нами результаты согласуются с данными немногочисленных исследований по сравнительному анализу перфузионных нарушений у больных с легочной гипертензией. Клиновидные дефекты перфузии при хронической тромбоэмболической легочной гипертензии обусловлены тромботическим поражением легочных артерий. Пятнистые дефекты перфузии при идиопатической легочной гипертензии вызваны структурными изменениями патогенетически измененного микроциркуляторного русла.

Заключение. Оценка типа перфузионных нарушений методом субтракционной КТ-ангиопульмонографии вносит вклад в обследование пациентов с легочной гипертензией и может быть использована в дифференциальной диагностике ИЛГ и ХТЭЛГ с дистальным типом поражения легочных артерий.

Ключевые слова: легочная гипертензия, тромбоэмболия легочных артерий, субтракционная КТ-ангиопульмонография, перфузия легких.

Контактный автор: Ен М.И., e-mail: margaritaen96@yandex.ru

Для цитирования: Эн М.Ю., Веселова Т.Н., Мартынюк Т.В., Данилов Н.М., Терновой С.К. Особенности перфузии легких у пациентов с идиопатической и хронической тромбоэмболической легочной гипертензией по данным КТ. REJR 2025; 15(1):84-94. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-1-84-94.

Статья получена: 16.01.25

Статья принята: 27.01.25

PULMONARY PERFUSION FEATURES IN PATIENTS WITH IDIOPATHIC PULMONARY HYPERTENSION AND CHRONIC THROMBOEMBOLIC PULMONARY HYPERTENSION ACCORDING TO SUBTRACTION COMPUTED TOMOGRAPHY ANGIOPULMONOGRAPHY

En M.I.¹, Veselova T.N.¹, Martynyuk T.V.¹, Danilov N.M.¹, Ternovoy S.K.^{1,2}

1 - A.L. Myasnikov Institute of Clinical Cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of cardiology.

2 - Sechenov University, Moscow, Russia.

To study the characteristics of pulmonary tissue perfusion in patients with idiopathic pulmonary hypertension (IPH) and chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH) with distal type of pulmonary artery lesions using subtraction computed tomography angiography.

Materials and methods. The study included 30 patients with precapillary pulmonary hypertension: 15 patients with idiopathic (group 1) and 15 patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension with distal type of pulmonary artery disease (group 2). All patients underwent subtraction CT-pulmonary angiography on an Aquilion ONE 640 VISION Edition computed tomograph with 320 rows of detectors according to the Lung subtraction protocol using special chest fixation tapes to achieve a relatively equal inhalation depth. Analysis of the obtained images included visual segment-by-segment assessment of perfusion on iodine maps. We identified 3 types of perfusion defects: wedge-shaped with clear contours (type 1), patchy (type 2) and homogeneous areas of decreased perfusion (type 3).

Results. A total of 600 lung segments were analyzed: 10 segments in each lung from 30 patients (300 segments in each group). Perfusion disorders in the IPH group were detected in 13 of 15 patients (86.6%), and in the CTEPH group in all 15 patients (100%). The number of segments with normal perfusion in the IPH group (107/300, 35.6%) was significantly greater than in the CTEPH group (60/300, 20%) ($p < 0.00001$). Analysis of segments with altered perfusion showed that wedge-shaped defects (type 1) and patchy perfusion defects (type 2) were detected significantly more often in the CTEPH group than in the IPH group. The differences in the characteristics of the defects between the groups were statistically significant: in the IPH and CTEPH groups, the number of lung segments with patchy defects was 92.74% and 77.08%, respectively ($p < 0.00001$), number of segments with wedge-shaped defects – 2.59% and 21.66%, respectively ($p < 0.00001$). In both groups, diffuse homogeneous perfusion defects (type 3) were significantly less common than defects of types 1 and 2.

Discussion. Subtraction CT angiopulmonography is currently not routinely used in the diagnosis of patients with pulmonary hypertension, but there are studies that show the high comparability of this method with ventilation-perfusion lung scintigraphy in assessing pulmonary perfusion. Our results are consistent with the data of a few studies on the comparative analysis of perfusion disorders in patients with pulmonary hypertension. Wedge-shaped perfusion defects in chronic thromboembolic pulmonary hypertension are recorded with thrombotic lesions of the pulmonary arteries. Patchy perfusion defects in idiopathic pulmonary hypertension are caused by structural changes in the pathogenetically altered microvasculature.

Conclusion. Assessing the type of perfusion abnormalities using subtraction CT-pulmonography contributes to the examination of patients with pulmonary hypertension and can be used in the differential diagnosis of IPH and CTEPH with distal type of pulmonary artery lesions.

Keywords: pulmonary hypertension, pulmonary embolism, subtraction CT angiopulmonography, pulmonary perfusion.

Corresponding author: En M.I., e-mail: margaritaen96@yandex.ru

For citation: En M.I., Veselova T.N., Martynyuk T.V., Danilov N.M., Ternovoy S.K. Pulmonary perfusion features in patients with idiopathic pulmonary hypertension and chronic thromboembolic pulmonary hypertension according to subtraction computed tomography angiopulmonography. REJR 2025; 15(1):84-94. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-1-84-94.

Received: 16.01.25

Accepted: 27.01.25

Идиопатическая легочная гипертензия (ИЛГ) и хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия (ХТЭЛГ) являются редкими, наиболее тяжелыми формами прекапиллярной легочной гипертензии, которые характеризуются ремоделированием легочных сосудов, прогрессирующим повышением легочно-сосудистого сопротивления (ЛСС) и развитием правожелудочковой сердечной недостаточности [1, 2].

Одним из основных этапов обследования пациентов с легочной гипертензией является КТ-ангиопульмонография, так как верификация или исключение тромботического поражения легочного сосудистого русла играет ключевую роль в установлении этиологии легочной гипертензии [3]. Как правило, диагностика тромбоза крупных ветвей легочных артерий не вызывает затруднений, в то время как выявление тромботических масс в легочных артериях малого диаметра, в случае ХТЭЛГ с дистальным типом поражения, в большей степени зависит от качества изображений и опыта врача-рентгенолога.

Субтракционная КТ-ангиопульмонография в настоящее время рутинно не применяется в диагностике пациентов с легочной гипертензией, однако в ранее проведенных нами [4, 5] и зарубежными коллегами [6, 7] исследованиях показана высокая сопоставимость данного метода с вентиляционно-перфузионной сцинтиграфией легких, которая является «золотым стандартом» в оценке легочной перфузии.

Известно, что при ХТЭЛГ формируются типичные клиновидные дефекты перфузии, обусловленные обструкцией или полной окклюзией легочной артерии [8, 9]. У пациентов с ИЛГ, несмотря на отсутствие тромботического поражения легочных артерий, имеются нарушения перфузии легких, которые в настоящее время мало изучены, но вероятнее всего обусловлены высоким давлением в легочной артерии и структурными изменениями патогенетически измененного микроциркуляторного русла [10].

В литературе имеются единичные исследования перфузии легочной ткани посредством двухэнергетической КТ и венти-

ляционно-перфузионной сцинтиграфии легких у пациентов с легочной артериальной гипертензией, в том числе идиопатической. Были описаны определенные перфузионные паттерны: диффузные либо пятнистые участки с нарушенной перфузией без четких границ [10–13]. Также было выявлено, что больные ИЛГ с наличием перфузионных нарушений имели тенденцию к более тяжелому течению заболевания с точки зрения худшей легочной гемодинамики и чаще получали лечение ЛАГ-специфическими препаратами, чем пациенты с нормальной перфузией легочной ткани [11].

Таким образом, изучение особенностей перфузионных нарушений легких методом субтракционной КТ-ангиопульмонографии у пациентов с идиопатической и хронической тромбоэмболической легочной гипертензией с дистальным типом поражения легочных артерий представляет особый практический интерес, что и явилось целью нашей работы.

Материалы и методы.

В отделе томографии ИКК им. А.А. Мясникова ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» МЗ РФ в исследование были включены 30 пациентов с установленным в соответствии с клиническими рекомендациями диагнозом легочной гипертензии: из них 15 пациентов с идиопатической (группа 1) и 15 пациентов с хронической тромбоэмболической легочной гипертензией (группа 2). В группу ХТЭЛГ были включены пациенты с дистальным типом поражения легочных артерий (подтвержденным методом селективной ангиопульмонографии). Клиническая характеристика пациентов представлена в таблице №1.

Всем пациентам была выполнена субтракционная КТ-ангиопульмонография на компьютерном томографе Aquilion ONE 640 VISION Edition с 320 рядами детекторов по протоколу Lung subtraction с использованием специальных лент-фиксаторов грудной клетки для достижения относительно одинаковой глубины вдоха [3].

После выполнения исследования по протоколу Lung subtraction осуществлялось автоматическое построение перфузионных карт в аксиальной, сагитальной и коронарной плоскостях с применением цветово-

Таблица №1. Клиническая характеристика пациентов.

Параметры	Группа 1 (пациенты с ИЛГ) n=15	Группа 2 (пациенты с ХТЭЛГ) n=15	p
Пол (женский/мужской)	13/2 (86,6%/13,3%)	10/5 (66,6/33,3%)	0,2**
Возраст, лет			
Mean ± SD	38,2±12,1	53,5±12,6	0,003*
Median (range)	39 [33;44]	53 [48;62]	
СДЛА, мм рт. ст.			
(КПОС)			
Mean ± SD	99,6±23,9	82±22,3	0,03*
Median (range)	100 [83;118]	79 [71;92]	
ср. ДЛА, мм рт. ст.			
(КПОС)			
Mean ± SD	59,5±13,5	45,1±12,2	0,003*
Median (range)	60 [50;67]	44 [38;50]	

Примечание: ИЛГ – идиопатическая легочная гипертензия, ХТЭЛГ – хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия, СДЛА – систолическое давление в легочной артерии, ср. ДЛА – среднее давление в легочной артерии, КПОС – катетеризация правых отделов сердца; *U-критерий Манна-Уитни, **Критерий хи-квадрат.

го картирования. Данный принцип заключался в окрашивании всех сегментов легких в определенный цвет в зависимости от степени контрастирования паренхимы легких в единицах Хаунсфилда: нормальное контрастирование (от желтого до красного цвета), сниженное (от фиолетового до темно-синего) или отсутствие контрастирования (от темно-синего до черного).

Анализ полученных изображений включал визуальную оценку перфузионных карт. Нами было выделено 3 типа дефектов перфузии: 1 тип – клиновидные дефекты с четкими контурами, 2 тип – пятнистые дефекты с участками чередования нормальной и измененной перфузии и 3 тип – гомогенные участки снижения перфузии. На основании указанной классификации проводилась по-сегментная оценка перфузионных нарушений легочной ткани (рис. 1).

Статистический анализ.

Статистический анализ проводился с использованием программы Microsoft Excel и статистических программ Statistica 10 для Windows. Для количественных значений общей характеристики больных, включенных в исследование, рассчитывались средние значения и стандартные отклонения с применением U-критерия Манна-Уитни. Сравнение процентных долей качественных показателей выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона. Значение p < 0,05 считалось статистически значимым.

Результаты.

Всего было проанализировано 600 легочных сегментов: по 10 сегментов в каждом легком у 30 пациентов (по 300 сегментов в каждой группе). Перфузионные нарушения в группе ИЛГ были выявлены у 13 из 15 пациентов (86,6%), а в группе ХТЭЛГ у всех 15 пациентов (100%) (табл. №2). Количество сегментов с нормальной перфузией в группе

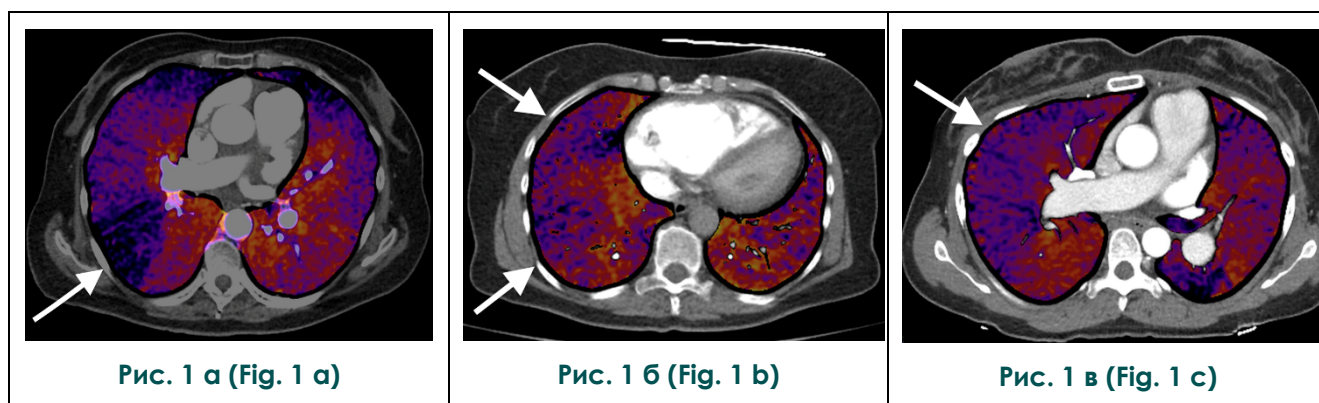


Рис. 1. Субтракционная КТ-ангиопульмонография. Перфузионные карты в аксиальной плоскости.

а – Клиновидный дефект перфузии (1 тип) в С9 справа (стрелка) у пациента с хронической тромбоэмболической легочной гипертензией.

б – Пятнистые дефекты перфузии (2 тип) в С4 и С9 справа (стрелки) у пациентки с идиопатической легочной гипертензией.

в – Участок диффузного гомогенного снижения перфузии без четких контуров (3 тип) в верхней доле справа (стрелка) у пациента с идиопатической легочной гипертензией.

Fig. 1. Subtraction CT angiopulmonography. Perfusion maps in the axial plane.

a – Wedge-shaped perfusion defect (type 1) in C9 on the right (arrow) in a 56-year-old patient with CTEPH.

b – Patchy perfusion defects (type 2) in C4 and C9 on the right (arrows) in a 42-year-old female patient with IPH.

c – An area of diffuse decreased perfusion without clear contours (type 3) in the upper lobe on the right (arrow) in a 38-year-old patient with IPH.

ИЛГ (107/300, 35,6%) было достоверно больше, чем в группе ХТЭЛГ (60/300, 20%) ($p < 0,00001$).

При анализе сегментов с измененной перфузией (193 сегмента в группе 1 и 240 сегментов в группе 2) в группе ХТЭЛГ значительно чаще выявлялись клиновидные дефекты (тип 1) и реже пятнистые дефекты перфузии (тип 2), чем в группе ИЛГ (табл. №2). В обеих группах диффузные гомогенные дефекты перфузии (3 тип) встречались значительно реже, чем дефекты 1-го и 2-го типа (табл. №2).

Различия в особенностях этих дефектов между группами были статистически значимыми: в группе ИЛГ и ХТЭЛГ количество легочных сегментов с пятнистыми дефектами составляло 92,74% (179/193) и 77,08% (185/240) соответственно ($p < 0,00001$), количество сегментов с клиновидными дефектами – 2,59% (5/193) и 21,66% (52/240) соответственно ($p < 0,00001$). В обеих группах диффузные гомогенные дефекты перфузии встречались значительно реже, чем дефекты 1-го и 2-го типа: 4,66% (9/193) в группе 1 и 1,25% (3/240) в группе 2.

Клинический случай №1.

Пациентка П., 39 лет. Поступила в ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» МЗ РФ впервые в мае 2022 года с жалобами на одышку при физических нагрузках низкой интенсивности, синкопальные состояния.

Из анамнеза известно, что синкопальные состояния впервые отмечены с 2020 года. Жалобы на одышку стали беспокоить с 2021 года, тогда же при обследовании по данным ЭхоКГ выявлена высокая легочная гипертензия, увеличение правых отделов сердца. В марте 2022 года при обследовании по месту жительства по данным КТ-ангиопульмонографии выявлены признаки тромбоэмболии мелких ветвей с обеих сторон, антикоагулянтная терапия не назначалась. В мае 2022 года пациентка впервые поступила в ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» МЗ РФ, где было проведено комплексное обследование. По данным трансторакальной эхокардиографии выявлена высокая легочная гипертензия (систолическое давление в легочной артерии – 99 мм рт. ст., среднее давление в легочной артерии – 50 мм рт. ст., давление заклинивания легочной артерии – 10 мм рт. ст.), дилатация правых отделов сердца с признаками перегрузки правого

Таблица №2. Данные сравнительного анализа перфузии легких в группах пациентов с идиопатической легочной гипертензией и хронической тромбоэмболической легочной гипертензией.

Анализируемые параметры	Группа 1 (ИЛГ) n=15	Группа 2 (ХТЭЛГ) n=15	<i>p</i>
Пациенты с измененной перфузией, <i>n</i> (%)	13 (86,6%)	15 (100%)	-
Проанализированные сегменты, <i>n</i>	300	300	
Сегменты с дефектами перфузии, <i>n</i> (%)	193 (64,3%)	240 (80%)	<0,00001*
Типы дефектов перфузии:			
- клиновидные дефекты, <i>n</i> (%)	5/193 (2,59%)	52/240 (21,66%)	<0,00001*
- пятнистые дефекты, <i>n</i> (%)	179/193 (92,74%)	185/240 (77,08%)	<0,00001*
- диффузные гомогенные дефекты, <i>n</i> (%)	9/193 (4,66%)	3/240 (1,25%)	0,03*

*Критерий хи-квадрат

желудочка давлением. После проведенного комплексного клиничко-лабораторного обследования, включая катетеризацию правых отделов сердца, данных за легочную гипертензию вследствие патологии левых отделов сердца, врожденных пороков сердца, патологии легких получено не было. По данным субтракционной КТ-ангиопульмонографии признаков массивного тромбоза ствола легочной артерии и ее крупных ветвей не выявлено, однако отмечалось снижение контрастирования просветов субсегментарных ветвей СЗ справа – не исключалось наличие тромбоза (рис. 2 а). При анализе перфузионных йодных карт были выявлены лишь незначительные пятнистые дефекты перфузии в периферических отделах легких, не характерные для ХТЭЛГ, при этом в СЗ справа

перфузионных нарушений выявлено не было (рис. 2 б). При проведении селективной ангиопульмонографии тромботического поражения ветвей легочной артерии также не выявлено (рис. 2 в).

По результатам обследования пациентке был установлен диагноз идиопатической легочной гипертензии. Снижение контрастирования сегментарных ветвей в верхней доле правого легкого и наличие небольших дефектов перфузии в периферических отделах легких было расценено как следствие высокой легочной гипертензии и развития васкулопатии.

Клинический случай №2.

Больной Н., 55 лет, поступил в ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» МЗ РФ в марте 2023 года с жалобами на одышку при незна-

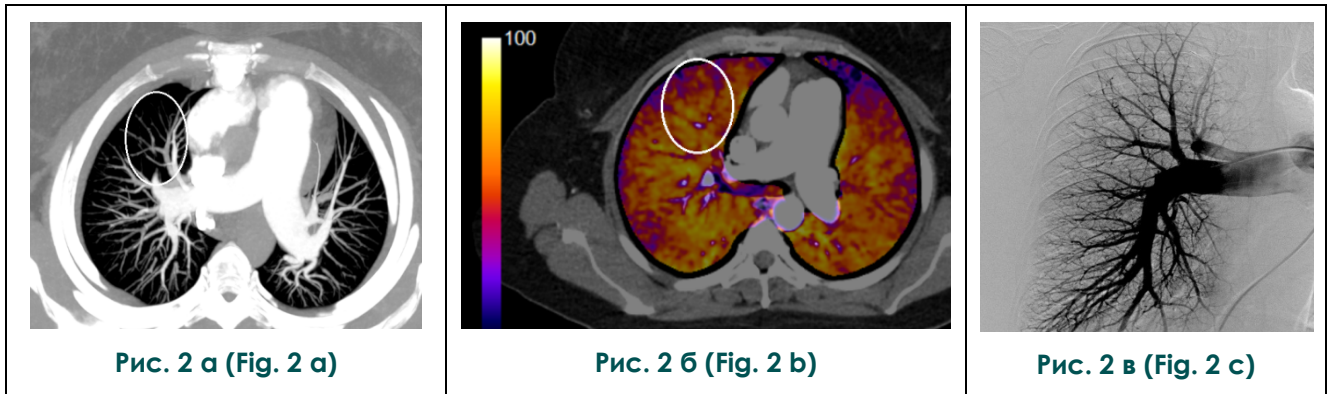


Рис. 2. Субтракционная КТ-ангиопульмонография и селективная ангиопульмонография. Пациентка П., 39 лет, идиопатическая легочная гипертензия.

а – Субтракционная КТ-ангиопульмонография, аксиальная плоскость, реконструкция максимальной интенсивности изображения. Определяется снижение контрастирования просветов субсегментарных ветвей легочной артерии в С3 верхней доли правого легкого (овал).

б – Субтракционная КТ-ангиопульмонография, аксиальная плоскость, перфузионная карта. Дефектов перфузии в С3 правого легкого (овал) не выявлено.

в – Селективная ангиопульмонография. Тромботического поражения легочных артерий не определяется.

Fig. 2. Patient P., 39 years old with idiopathic pulmonary hypertension. Subtraction CT angiopulmonography and selective angiopulmonography.

a – Subtraction CT angiopulmonography, axial plane, maximum image intensity reconstruction. A decrease in contrast of the lumens of the subsegmental branches of the pulmonary artery in C3 of the upper lobe of the right lung (oval) is determined.

b – Subtraction CT angiopulmonography, axial plane, perfusion map. No perfusion defects were detected in C3 of the right lung (oval).

c – Selective angiopulmonography. Thrombotic lesions of the pulmonary arteries are not determined.

чительных физических нагрузках, пресинкопальные состояния. Из анамнеза известно, что с 2020 года отмечалось постепенное снижение толерантности к физическим нагрузкам. В конце 2022 года при обследовании по месту жительства по данным ЭхоКГ выявлена легочная гипертензия, повышение систолического давления в легочной артерии до 75 мм рт. ст., дилатация правых отделов сердца.

В ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» МЗ РФ по данным субтракционной КТ-ангиопульмонографии определялись признаки легочной гипертензии, тромбоз сегментарных и субсегментарных ветвей средней и нижнедолевой легочных артерий, выраженное снижение перфузии легочной ткани в соответствующих сегментах правого легкого (рис. 3 а, б).

По результатам комплексного обследования пациенту был установлен диагноз хронической тромбоэмболической легочной гипертензии и принято решение о проведении эндоваскулярного лечения. В период с марта 2023 года по декабрь 2023 года пациенту

было выполнено 4 этапа баллонной ангиопластики легочных артерий (ЛА) с положительным эффектом: больной отметил повышение толерантности к физическим нагрузкам, в динамике зафиксировано снижение давления в ЛА и легочно-сосудистого сопротивления. При контрольной КТ определяется частичное восстановление кровотока со значительным улучшением перфузии в средней и нижней долях правого легкого (рис. 3 в, г).

Обсуждение.

В нашем исследовании проведена оценка особенностей перфузии легких у пациентов с идиопатической легочной гипертензией и дистальной формой хронической тромбоэмболической легочной гипертензии методом субтракционной КТ-ангиопульмонографии. В обеих группах у большинства пациентов были выявлены пятнистые дефекты перфузии, а клиновидные дефекты значительно чаще встречались у больных с хронической тромбоэмболической легочной гипертензией, чем у больных с идиопатической легочной гипертензией (21,66% и 2,59% соответственно).

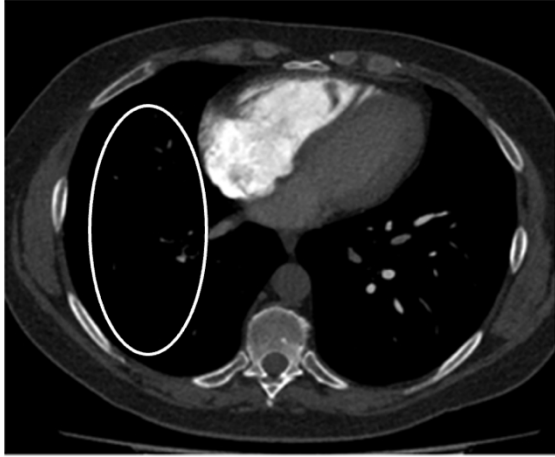


Рис. 3 а (Fig. 3 а)

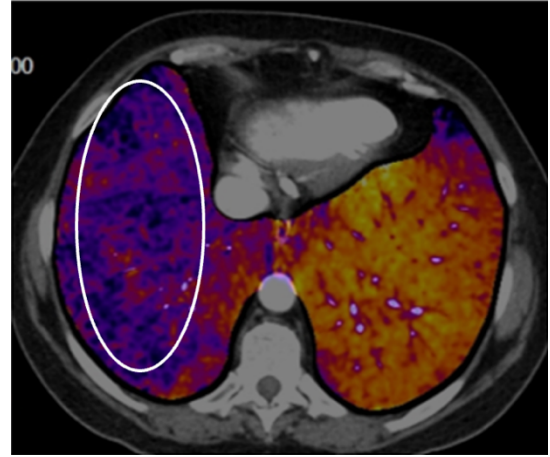


Рис. 3 б (Fig. 3 б)

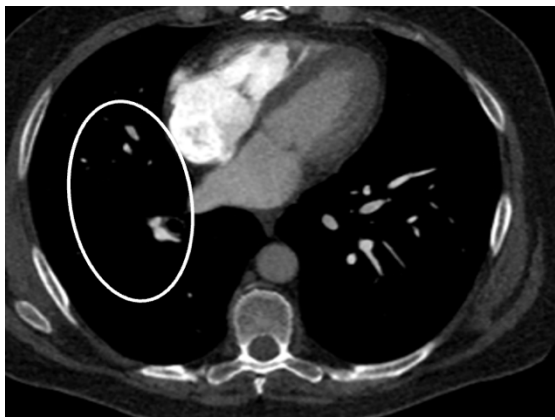


Рис. 3 в (Fig. 3 с)

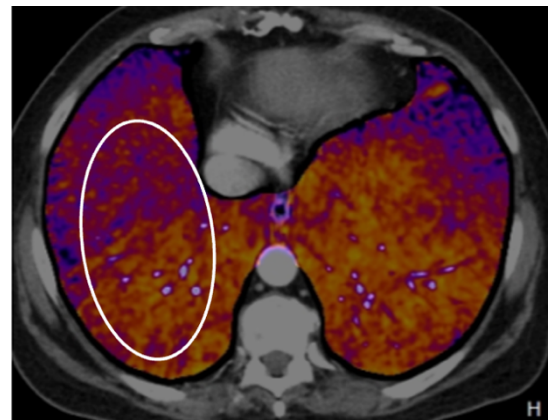


Рис. 3 г (Fig. 3 д)

Рис. 3. Субтракционная КТ-ангиопульмонография (аксиальная плоскость) до и после баллонной ангиопластики легочных артерий. Пациент Н., 55 лет, хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия.

а – Отсутствие контрастирования сегментарных и субсегментарных артерий в средней и нижней долях правого легкого (овал).

б – Перфузионная карта. Выраженный дефект перфузии в средней и нижней долях правого легкого (овал).

в, г – Субтракционная КТ-ангиопульмонография после эндоваскулярного лечения. Определяется частичное восстановление кровотока и улучшение перфузии в средней и нижней долях правого легкого (овалы).

Fig. 3. Patient N., 55-year-old with chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Subtraction CT angiopulmonography (axial plane) before and after balloon angioplasty of the pulmonary arteries .

a – Subtraction CT angiopulmonography, cross-section. Lack of contrast enhancement of segmental and subsegmental arteries in the middle and lower lobes of the right lung (oval).

b – Subtraction CT angiopulmonography, perfusion map. Severe perfusion defect in the middle and lower lobes of the right lung (oval).

c, d – Subtraction CT angiopulmonography after endovascular treatment. Partial restoration of blood flow and improvement of perfusion in the middle and lower lobes of the right lung (ovals) are determined.

Полученные результаты согласуются с данными немногочисленных исследований по сравнительному анализу перфузионных нарушений у больных с легочной гипертензией [10, 12].

В исследование Giordano J. и соавт. был включен 31 пациент с легочной артериальной гипертензией и хронической тромбоэмболической легочной гипертензией с дистальным типом поражения легочных артерий. Всем пациентам была выполнена оценка перфузии легочной ткани методом двухэнергетической

КТ-ангиопульмонографии. В группе легочной артериальной гипертензии выявлено 47,4% пациентов с нормальной перфузией, в группе хронической тромбоэмболической легочной гипертензии все 100% пациентов имели измененную перфузию. При посегментном анализе легких было выявлено, что в обеих группах преобладали пятнистые дефекты перфузии (в оригинальной статье описаны как «patchy»), а в группе хронической тромбоэмболической легочной гипертензии достоверно чаще встречались клиновидные дефекты, что согласуется с данными нашего исследования [12]. С другой стороны, в нашем исследовании в группе идиопатической легочной гипертензии чаще выявлялись дефекты перфузии по сравнению с данными Giordano J. и соавт.: 86,6% и 52,6% соответственно. Данные расхождения, возможно, связаны с разной методикой оценки перфузионных нарушений и разной исходной клинической характеристикой пациентов.

В исследовании Kenneth Chan и соавт. 136 пациентам с впервые выявленной легочной гипертензией была выполнена вентиляционно-перфузионная сцинтиграфия легких в сочетании с однофотонной эмиссионной компьютерной томографией. Перфузионные нарушения были выявлены у 44 пациентов, однако при дальнейшей диагностике, на этапе инвазивной ангиопульмонографии, у 19 пациентов не было выявлено тромботического поражения легочного сосудистого русла и диагноз хронической тромбоэмболической легочной гипертензии в итоге был установлен всего 25 больным. Среди 19 пациентов с неизменными легочными артериями, 15

(78,9%) был установлен диагноз легочной артериальной гипертензии и у большинства из них были выявлены пятнистые дефекты перфузии, что согласуется с данными нашего исследования. Авторы статьи предположили связь выявленных изменений с развившейся облитерацией легочных артерий вследствие изменений гемодинамики [13].

К ограничениям нашего исследования следует отнести небольшую выборку пациентов и отсутствие референсной методики по оценке перфузии легочной ткани. Однако, в ранее проводимых нами исследованиях [5] была выявлена высокая сопоставимость метода субтракционной КТ-ангиопульмонографии и сцинтиграфии легких, что позволило внедрить данный метод в алгоритм обследования пациентов с легочной гипертензией в ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» МЗ РФ.

Заключение.

Оценка типа перфузионных нарушений методом субтракционной КТ-ангиопульмонографии вносит вклад в обследование пациентов с легочной гипертензией и может быть использована в дифференциальной диагностике ИЛГ и ХТЭЛГ с дистальным типом поражения легочных артерий.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Информация о соблюдении этических норм.

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской Декларации. Протокол исследования был одобрен Независимым этическим комитетом клинических исследований ФГБУ «НМИЦК им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России (выписка из протокола №277 заседания Комитета от 28 февраля 2022 г.). До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Список литературы:

1. Чазова И.Е., Мартынюк Т.В., Шмальц А.А., Грамович В.В., Данилов Н.М., Веселова Т.Н., Коробкова И.З., Сарыбаев А.Ш., Стукалова О.В., Азизов В.А., Барбараш О.Л., Галявич А.С., Горбачевский С.В., Медведева Е.А., Матчин Ю.Г., Мукаров М.А., Наконечников С.Н., Филиппов Е.В., Черногризов И.Е. *Евразийские рекомендации по диагно-*

стике и лечению лёгочной гипертензии (2023). Евразийский Кардиологический Журнал. 2024; 1: 6-85. DOI: 10.38109/2225-1685-2024-1-6-85

2. Валиева З.С., Мартынюк Т.В. *Хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия: от патогенеза к выбору тактики лечения. Терапевтический архив. 2022; 94*

(7): 791-796. DOI: 10.26442/00403660.2022.07.201741

3. Хроническая тромбоземболическая легочная гипертензия: Руководство для врачей. Под ред. Т.В. Мартынюк, акад. РАН И.Е. Чазовой. Москва, ООО «Медицинское информационное агентство», 2023. 416 с.

4. Демченкова А. Ю., Веселова Т. Н., Мартынюк Т. В., Данилов Н. М., Мершин К. В., Терновой С. К., Чазова И. Е. Состояние сосудистого русла, паренхимы и перфузии легких при хронической тромбоземболической легочной гипертензии по данным субтракционной компьютерной томографической ангиопульмонографии. Кардиология. 2018; 58 (5): 48-56.

5. Веселова Т.Н., Демченкова А.Ю., Ен М.Ю., Аншелев А.А., Мартынюк Т.В. Оценка перфузии легких у больных хронической тромбоземболической легочной гипертензией методами компьютерной томографии и сцинтиграфии. REJR. 2022; 12 (2): 94-103. DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-2-94-103.

6. Tamura M, Yamada Y, Kawakami T, Kataoka M, Iwabuchi Y, Sugiura H, Hashimoto M, Nakahara T, Okuda S, Nakatsuka S, Sano F, Abe T, Maekawa Y, Fukuda K, Jinzaki M. Diagnostic accuracy of lung subtraction iodine mapping CT for the evaluation of pulmonary perfusion in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension: Correlation with perfusion SPECT/CT. *Int J Cardiol.* 2017 Sep 15; 243: 538-543. doi: 10.1016/j.ijcard.2017.05.006. Epub 2017 May 4. PMID: 28526539.

7. Wang M, Wu D, Ma R, Zhang Z, Zhang H, Han K, Xiong C, Wang L, Fang W. Comparison of V/Q SPECT and CT Angiography for the Diagnosis of Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. *Radiology.* 2020 Aug;296(2):420-429. doi: 10.1148/radiol.2020192181. Epub 2020 May 19. PMID:

References:

1. Irina E. Chazova, Tamila V. Martynyuk, Anton A. Shmalts, Vladimir V. Gramovich, Nikolay M. Danilov, Tatiana N. Veselova, Irina Z. Korobkova, Akpaj Sh. Sarybaev, Ol'ga V. Stukalova, Olga L. Barbarash, Vasadat A. Azizov, Albert S. Galyavich, Sergey V. Gorbachevsky, Elena A. Medvedeva, Yuriy G. Matchin, Murat A. Mukarov, Sergey N. Nakonechnikov, Evgeniy V. Filippov, Igor E. Chernogrivov. Eurasian guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension (2023). *Eurasian heart journal.* 2024; 1: 6-85. DOI: 10.38109/2225-1685-2024-1-6-85 (in Russian).

2. Valieva ZS, Martynyuk TV. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension: from pathogenesis to the choice of treatment tactics. *Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.).* 2022;94(7):791-796. DOI: 10.26442/00403660.2022.07.201741 (in Russian).

3. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension: A guide for physicians. Ed. T.V. Martynyuk, Academician of the Russian Academy of Sciences I.E. Chazova. Moscow, ООО "Medical Information Agency", 2023. 416 p. (in Russian).

4. Demchenkova A. Yu., Veselova T. N., Martynyuk T. V., Danilov N. M., Meršin K. V., Ternovoy S. K., Chazova I. E. The State of Vascular Bed, Parenchyma and Perfusion of the Lungs in Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension According to Data of Subtraction Pulmonary Angiography. *Kardiologiya.* 2018; 58 (5): 48-56 (in Russian).

5. Veselova T.N., Demchenkova A.Yu., En M.Yu., Ansheles

32427559.

8. Мершина Е.А., Синицын В.Е., Фролова Ю.В., Благова О.В., Дземешкевич С.Л., Глазкова М.А. Диагностика и оценка результатов лечения хронической тромбоземболической легочной гипертензии (ХТЭЛГ) с помощью двухэнергетической МСКТ. REJR. 2013; 3 (3):52-56

9. Хайт Г.Я., Епанов В.А., Ребус М.А., Рымаревич Л.В., Лукиди М.И. Значение компьютерной томографии в современной диагностике ТЭЛА. REJR. 2015; 5 (4):41-48

10. Kim EY, Seo JB, Oh SY et al. Assessment of perfusion pattern and extent of perfusion defect on dual-energy CT angiography: correlations between the causes of pulmonary hypertension and vascular parameters. *Korean J Radiol.* 2014; 15: 286-294.

11. Wang M, Ma R, Wu D, Xiong C, He J, Wang L, Sun X, Fang W. Value of lung perfusion scintigraphy in patients with idiopathic pulmonary arterial hypertension: a patchy pattern to consider. *Pulm Circ.* 2019 Jan-Mar;9(1):2045894018816968.

12. Giordano J, Khung S, Duhamel A, Hossein-Foucher C, Bellèvre D, Lamblin N, Remy J, Remy-Jardin M. Lung perfusion characteristics in pulmonary arterial hypertension (PAH) and peripheral forms of chronic thromboembolic pulmonary hypertension (pCTEPH): Dual-energy CT experience in 31 patients. *Eur Radiol.* 2017 Apr;27(4):1631-1639. doi: 10.1007/s00330-016-4500-6. PMID: 27480438.

13. Chan K, Ioannidis S, Coghlan JG, Hall M, Schreiber BE. Pulmonary Arterial Hypertension With Abnormal V/Q Single-Photon Emission Computed Tomography. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2018 Oct;11(10):1487-1493.

A.A., Martynyuk T.V. The assessment of lung perfusion in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension using CT and scintigraphy. REJR. 2022; 12 (2): 94-103. DOI: 10.21569/2222-7415-2022-12-2-94-103. (in Russian).

6. Tamura M, Yamada Y, Kawakami T, Kataoka M, Iwabuchi Y, Sugiura H, Hashimoto M, Nakahara T, Okuda S, Nakatsuka S, Sano F, Abe T, Maekawa Y, Fukuda K, Jinzaki M. Diagnostic accuracy of lung subtraction iodine mapping CT for the evaluation of pulmonary perfusion in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension: Correlation with perfusion SPECT/CT. *Int J Cardiol.* 2017 Sep 15; 243: 538-543. doi: 10.1016/j.ijcard.2017.05.006. Epub 2017 May 4. PMID: 28526539.

7. Wang M, Wu D, Ma R, Zhang Z, Zhang H, Han K, Xiong C, Wang L, Fang W. Comparison of V/Q SPECT and CT Angiography for the Diagnosis of Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. *Radiology.* 2020 Aug;296(2):420-429. doi: 10.1148/radiol.2020192181. Epub 2020 May 19. PMID: 32427559.

8. Meršina E.A., Sinitsyn V.E., Frolova Yu.V., Blagova O.V., Dzemeshkevich S.L., Glazkova M.A. Dual-energy MDCT in diagnosis and follow-up of chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH). REJR. 2013; 3 (3): 52-56.

9. Khayt G.Ya., Epanov V.A., Rebus M.A., Rymarevich L.V., Lukidy M.I. The role of multislice computed tomography in current diagnostics of pulmonary artery thromboembolism.

REJR. 2015; 5 (4): 41-48.

10. Kim EY, Seo JB, Oh SY et al. Assessment of perfusion pattern and extent of perfusion defect on dual-energy CT angiography: correlations between the causes of pulmonary hypertension and vascular parameters. *Korean J Radiol.* 2014; 15: 286-294.

11. Wang M, Ma R, Wu D, Xiong C, He J, Wang L, Sun X, Fang W. Value of lung perfusion scintigraphy in patients with idiopathic pulmonary arterial hypertension: a patchy pattern to consider. *Pulm Circ.* 2019 Jan- Mar; 9(1):2045894018816968.

12. Giordano J, Khung S, Duhamel A, Hossein-Foucher C, Bellèvre D, Lamblin N, Remy J, Remy-Jardin M. Lung perfusion characteristics in pulmonary arterial hypertension (PAH) and peripheral forms of chronic thromboembolic pulmonary hypertension (pCTEPH): Dual-energy CT experience in 31 patients. *Eur Radiol.* 2017 Apr;27(4):1631-1639. doi: 10.1007/s00330-016-4500-6. PMID: 27480438.

13. Chan K, Ioannidis S, Coghlan JG, Hall M, Schreiber BE. Pulmonary Arterial Hypertension With Abnormal V/Q Single-Photon Emission Computed Tomography. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2018 Oct;11(10):1487-1493.