

Демченкова А. Ю.¹, Веселова Т. Н.¹, Мартынюк Т. В.¹, Данилов Н. М.¹, Мершин К. В.¹, Терновой С. К.^{1,2}, Чазова И. Е.¹

- 1 ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России, Москва
- 2 ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

Состояние сосудистого русла, паренхимы и перфузии легких при хронической тромбоэмболической легочной гипертензии по данным субтракционной компьютерной томографической ангиопульмонографии

Ключевые слова: хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия, субтракционная компьютерная томографическая ангиопульмонография.

Ссылка для цитирования: 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 тромбоэмболической легочной гипертензии по данным субтракционной компьютерной томографической ангиопульмонографии. Кардиология. 2018;58(5):48–56.

Резюме

Цель исследования. Оценить состояние сосудистого русла, паренхимы и перфузии легких у пациентов с хронической тромбоэм-болической легочной гипертензией (ХТЭЛГ) методом субтракционной компьютерной томографии (КТ). Материалы и методы. Обследованы 45 пациентов в возрасте от 26 до 79 лет с верифицированным диагнозом ХТЭЛГ. Всем пациентам выполнялась КТ на томографе, позволяющем выполнять одновременно 640 срезов за один оборот рентгеновской трубки $(0,275\,c)$ в нативную и артериальную фазы с использованием протокола Lung subtraction. Анализировались параметры состояния паренхимы, кровоснабжения и перфузии легких с расчетом индексов обструкции и перфузионных нарушений. Результаты. Между индексом обструкции и индексом перфузионных нарушений была обнаружена статистически значимая корреляция (r=0,34;p=0,02). Кроме того, обнаружены статистически значимые корреляции между средним давлением в легочной артерии (Ср. ДЛА) и диаметром легочной артерии (r=0,4;p=0,02); Ср. ДЛА и отношением диаметра легочной артерии к диаметру восходящей аорты (r=0,5;p=0,002); Ср. ДЛА и толщиной миокарда правого желудочка – ТМПЖ (r=0,6;p=0,0003); легочным сосудистым сопротивлением (ΛCC) и ТМПЖ (r=0,4;p=0,04). Не выявлены взаимосвязи между сосудисто-перфузионными показателями (индексом обструкции и индексом перфузионных нарушений) и параметрами гемодинамики $(Cp, \Delta \Lambda A, \Lambda CC)$. Не выявлено корреляций между данными КТ и результатами теста с 6-минутной ходьбой. Заключение. Субтракционная КТ-ангиопульмонография позволяет провести комплексную диагностику состояния сосудистого русла, паренхимы и перфузии легких у больных ХТЭЛГ.

Demchenkova A. Yu.¹, Veselova T. N.¹, Martynyuk T. V.¹, Danilov N. M.¹, Mershin K. V.¹, Ternovoy S. K.^{1,2}, Chazova I. E.¹

- ¹ National Medical Research Center for Cardiology, Moscow, Russia
- ² Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

The State of Vascular Bed, Parenchyma and Perfusion of Lungs in Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension According to Data of Subtraction Pulmonary Angiography

Keywords: chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH); subtraction CT pulmonary angiography. For citation: Demchenkova A. Yu., Veselova T. N., Martynyuk T. V., Danilov N. M., Mershin 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. Kardiologiia. 2018;58(5):48–56.

SUMMARY

Aim: to assess the state of vascular bed, parenchyma, and perfusion of lungs in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH) using the method of subtraction computed tomography (CT). *Methods*. CT pulmonary angiography (CTPA) was performed in 45 patients with verified CTEPH (18 men, 27 women, age 26–79 years) by CT scanner using the "Lung subtraction" standard protocol. Parameters analyzed were characteristics of the state of main pulmonary artery (MPA)



and the right ventricle (RV), and calculated CT angiographic (CTA) obstruction and perfusion defect scores. *Results*. Significant correlation was found between CTA obstruction score and perfusion defect score (r=0.34, p=0.02). Mean pulmonary arterial pressure (mPAP) correlated with MPA diameter (r=0.4, p=0.02), RV wall thickness (r=0.6, p=0.0003) and the ratio of MPA diameter to ascending aortic diameter (r=0.5, p=0.002). Significant correlation was also found between RV wall thickness and pulmonary vascular resistance (PVR) (r=0.4, p=0.04). Neither CTA obstruction score nor perfusion defect score correlated with PVR and mPAP. The data of CT did not correlate with results of 6-minute walk test. *Conclusion*. In patients with CTEPH subtraction CTPA allows carrying out complex diagnostics of the state of vascular bed, parenchyma and perfusion of the lungs.

троническая тромбоэмболическая легочная гипертензия $({
m XT} {
m Э} {
m \Lambda} {
m \Gamma})$ – редко диагностируемое тяжелое заболевание сердечно-сосудистой системы, которое без необходимого лечения имеет крайне неблагоприятный прогноз [1]. В основе патогенеза ХТЭЛГ лежит хроническая обструкция ветвей легочной артерии (ΛA) ; в совокупности с генерализованным спазмом артериол и прогрессивным ремоделированием микроциркуляторного русла легких эта обструкция приводит к стойкому повышению легочного сосудистого сопротивления (ΛCC) и давления в $\Lambda A [2]$. В зависимости от выраженности тромботического поражения ветвей ЛА, вторичных изменений микроциркуляторного русла легких и степени легочной гипертензии $(\Lambda\Gamma)$ у данной категории больных развивается и прогрессирует правожелудочковая недостаточность.

 $XTЭ\Lambda\Gamma$ является единственной потенциально излечимой формой $\Lambda\Gamma$ [1, 3, 4]. Выбор тактики лечения прежде всего основывается на анализе данных ангиопульмонографии с катетеризацией правых отделов сердца, компьютерной томографии (КТ) и вентиляционно-перфузионной сцинтиграфии легких. Важнейшим критерием эффективности лечения и прогноза у больных $XTЭ\Lambda\Gamma$ помимо оценки клинических показателей и сосудистого русла является состояние перфузии легочной ткани. Новые модальности КТ отвечают основным требованиям современной диагностики $\Lambda\Gamma$, позволяя проводить комплексную оценку состояния кровоснабжения и перфузии легких [5–10].

Цель настоящей работы – оценка состояния сосудистого русла, паренхимы и перфузии легких у пациентов с $XTЭ\Lambda\Gamma$ методом субтракционной KT.

Материал и методы

Проведение исследования одобрено Этическим комитетом. От каждого пациента было получено информированное согласие на выполнение исследования. Отбор пациентов осуществляли на основании следующих критериев: возраст старше 18 лет, верифицированный диагноз ХТЭЛГ (IV функциональный класс – ФК ЛГ), ФК I–III по классификации ВОЗ, наличие стабильной антикоагулянтной терапии в течение не менее 3 мес. Критериями исключения являлись наличие ЛГ другой этиологии, почечная недостаточность (скорость клубочковой

фильтрации менее 50 мл/мин), аллергические реакции на йодосодержащие препараты в анамнезе, беременность и период кормления грудью, а также клаустрофобия.

В период с ноября 2015 г. по декабрь 2016 г. обследованы 45 пациентов в возрасте от 26 до 79 лет (из них 27 женщин) с диагнозом ХТЭЛГ, верифицированным по данным комплексного обследования в соответствии с принятыми рекомендациями по диагностике и лечению $\Lambda\Gamma$ [11, 12].

Катетеризация правых отделов сердца с измерением гемодинамических параметров и ангиопульмонографией выполнена 31 из 45 пациентов.

В отсутствие противопоказаний больным проводили тест с 6-минутной ходьбой (ТШХ), в 11,1% случаев проведение теста было невозможно из-за выраженной одышки.

Клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Все пациенты обследованы на компьютерном томографе Aquilion ONE VISION Edition, позволяющем выполнять одновременно 640 срезов за один оборот рентгеновской трубки (0,275 с), с использованием протокола Lung subtraction. Исследование выполняли в положении больного лежа на спине, в направлении от головы к ногам. Так как для анализа перфузии важно, чтобы томографические срезы в нативную и артери-

Таблица 1. Клинические параметры пациентов с XT Θ Л Γ (n=45)

Показатель	Значение
Возраст, годы	52,7±13,1
Пол, м/ж	18/27 (40/60)
Индекс массы тела, кг/м ²	28,6±5,6
Функциональный класс ЛГ I/II/III/IV	1/8/30/6 (2,2/17,8/66,7/13,3)
Длительность заболевания, мес	24,4±37,9
Расстояние, пройденное в ТШХ, м	364,5±107,9
Индекс по Боргу, баллы	3,8±1,6
Ср. ДЛА, мм рт. ст.	47,9±12,8
ΛСС, дин∙с/см ⁵	938,0±441,4
СИ, л/мин·м²	2,1±0,6
СВ, л/мин	4,0±1,1

Здесь и в табл. 2, 3 данные представлены в виде M \pm SD или абсолютного числа больных (%). ХТЭЛГ – хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия; ЛГ – легочная гипертензия; ТШХ – тест с 6-минутной ходьбой; Ср. ДЛА – среднее давление в легочной артерии; ЛСС – легочное сосудистое сопротивление; СИ – сердечный индекс; СВ – сердечный выброс.



альную фазы совпадали, т.е. выполнялись на одинаковых уровнях легких, применяли специальные ленты фиксаторы грудной клетки, которые способствуют уменьшению разницы экскурсии легких при задержке дыхания. До начала исследования пациент должен по команде сделать максимально глубокий вдох и задержать дыхание, после чего лаборант фиксирует грудную клетку. Такое положение фиксаторов позволяет достигнуть относительно одинаковой глубины вдоха во время исследования. По топограммам в боковой и прямой проекциях устанавливали границы зоны интереса (границы легких) и тестовый срез (на 0,5-1,0 см ниже бифуркации трахеи) для мониторинга рентгеновской плотности контрастного препарата в ЛА. Неионный контрастный препарат (70-80 мл) вводили внутривенно со скоростью 5 мл/с, с последующим введением 50 мл изотонического раствора хлорида натрия. Артериальная фаза исследования выполнялась автоматически при достижении пикового значения рентгеновской плотности в просвете ЛА, соответствующего





Рис. 1. Компьютерные томограммы органов грудной клетки: поперечные томографические срезы легких.

A – симптом «мозаичной перфузии» (звездочки); B – постинфарктный участок фиброза в верхней доле левого легкого (стрелка).

250 единицам Хаунсфилда. Ток и напряжение на рентгеновской трубке составляли 50–100 мА и 100–120 кВ соответственно. Толщина среза 0,5 мм. Средняя эффективная доза лучевой нагрузки составила 8–10 м3.

После получения серии поперечных томографических срезов в нативную фазу на рабочей станции томографа оценивали состояние легочной паренхимы. Для оценки состояния сосудистого русла легких помимо серии поперечных томографических срезов, полученных в артериальную фазу, оценивали реконструкции изображений: мультипланарные и в проекции максимальной интенсивности.

Повторная КТ-ангиопульмонография с оценкой перфузии легких выполнена 6 пациентам после транслюминальной баллонной ангиопластики (БАП) и 4 пациентам после тромбэндартерэктомии (ТЭЭ) из Λ A.

Анализ полученных изображений Нативная фаза

Визуальная оценка состояния легочной паренхимы включала следующие параметры: симптом «мозаичной перфузии» (чередование участков пониженной и повы-

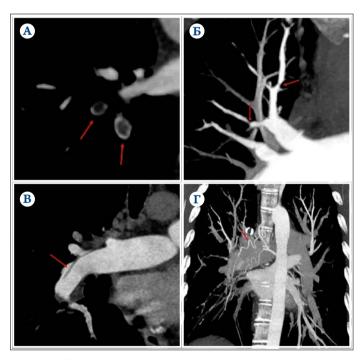


Рис. 2. Компьютерные томографические ангиопульмонограммы: реконструкции в аксиальной плоскости, проекции максимальной интенсивности (МІР) и корональной плоскости.

A – на аксиальном срезе в просвете нижнедолевых сегментарных ветвей правой легочной артерии визуализируются тромботические массы (стрелки); B – на MIP-реконструкции в корональной плоскости в сегментарных ветвях верхней доли правого легкого определяются тромботические структуры в виде перетяжек (стрелки); B – в корональной плоскости в просвете правой легочной артерии видны тромботические структуры в виде мембран (стрелка); Γ – на MIP-реконструкции в корональной плоскости визуализируются расширенные бронхиальные артерии (стрелка).



шенной плотности легочной паренхимы), обеднение легочного рисунка, наличие фиброзных и постинфарктных изменений (рис. 1).

Артериальная фаза

Визуальная оценка состояния сосудистого русла легких включала выявление дефектов контрастирования ΛA ; локализацию и протяженность тромботических масс; наличие мелких тромботических структур в виде мембран и перетяжек, извитости легочных сосудов, периферических коллатералей (рис. 2).

К косвенным КТ-признакам $\Lambda\Gamma$ в соответствии с принятыми рекомендациями относятся расширение ΛA более 2,9 см, отношение диаметра ΛA к диаметру восходящей аорты – $\Delta\Lambda A$ ($\Delta\Lambda A/\Delta BA$) более 1, отношение размера правого желудочка (ΠX) к размеру левого желудочка (ΛX) более 1 и гипертрофия миокарда ΠX более 0,4 см (рис. 3) [13, 14].

Анализ перфузии легких

Построение перфузионных карт и оценку дефекта перфузии выполняли с использованием нового программного обеспечения SURE Subtraction Lung, позволя-

ющего проводить анализ перфузионных нарушений легких по первому прохождению контрастного препарата через правые отделы сердца, ΛA и ее ветви, совмещая контрастные и бесконтрастные изображения методом субтракции (рис. 4).

Расчет индекса перфузионных нарушений выполнялся по формуле:

КТ индекс перфузионных нарушений = $\Sigma(n\times d)/40\times100\%$, где п — число сегментов со сниженной перфузией (3 в верхних долях, 2 в средней доле и язычковой, 5 в нижних долях), d — степень перфузионных нарушений, которая варьировала от 0 баллов до 2 баллов (0 — нормальная перфузия, 1 — умеренное снижение перфузии, 2 — выраженное снижение перфузии или отсутствие перфузии) [15]. Оценку в баллах проводили в зависимости от цветовой маркировки легочной ткани, которая соответствовала нормальному (от желтого до красного), сниженному (от фиолетового до темно-синего) контрастированию или отсутствию контрастирования (от темно-синего до черного) паренхимы легких в единицах Хаунсфилда (рис. 5).

Расчет индекса обструкции выполняли согласно формуле [16]:

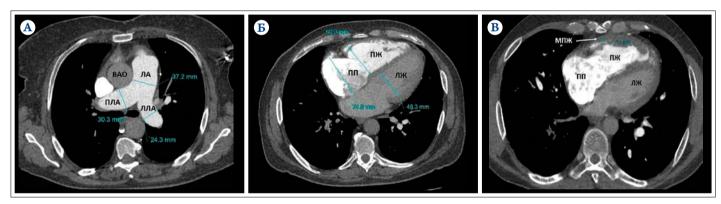


Рис. 3. Компьютерные томографические ангиопульмонограммы: поперечные томографические срезы на уровне ΛA и сердца.

A – расширенный ствол ΛA и ее ветвей; B – расширенные правые отделы сердца; B – гипертрофия миокарда ΠX . BAO – восходящий отдел аорты; ΛA – легочная артерия; $\Pi \Lambda A$ – правая легочная артерия; ΠX – правый желудочек; $\Pi \Pi$ – правое предсердие; ΛX – левый желудочек; ΠX – миокард правого желудочка.

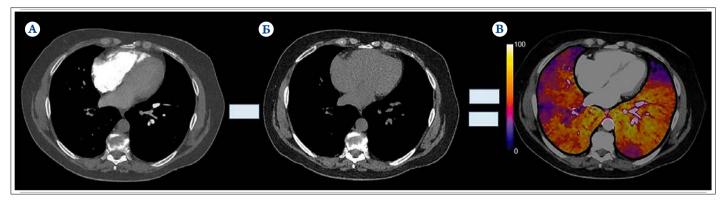


Рис. 4. Схема получения перфузионных карт. Метод субтракции, основанный на вычитании из контрастных (А) изображений бесконтрастных (Б) с получением перфузионных карт (В).



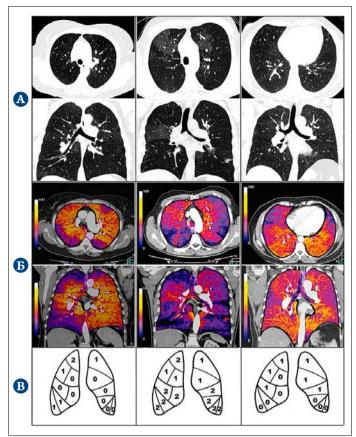


Рис. 5. Субтракционная компьютерная томографическая ангиопульмонография с построением перфузионных карт.

A-KT-изображения легких в аксиальной и фронтальной плоскостях с наличием симптома «мозаичной перфузии»; B- перфузионные карты в аксиальной и фронтальной плоскостях, отражающие контрастирование легочной паренхимы; B- оценки в баллах в зависимости от цветовой маркировки легочной ткани на перфузионных картах.

KT индекс обструкции = $\Sigma (n \times d)/40 \times 100\%$,

где n — число пораженных сегментарных ветвей (минимум 1, максимум 20), d — степень обструкции. Степень обструкции варьировала от 0 баллов до 2 баллов, где 0 баллов — отсутствие обструкции; 1 балл — частичная обструкция; 2 балла — субтотальная или тотальная обструкция. При этом артериальное русло каждого легкого представлено 10 сегментарными артериями (3 в верхних долях, 2 в средней доле и язычковой, 5 в нижних долях).

Статистический анализ полученных данных выполняли с использованием программы Microsoft Excel и статистических программ Statistica 10, MedCalc для Windows. Для количественных значений общей характеристики больных, включенных в исследование, рассчитывали средние значения и стандартные отклонения. Для определения взаимного влияния показателей использовали корреляционный анализ Пирсона. Оценку достоверности различий в динамике проводили с использованием критерия Манна–Уитни. Статистически значимым считали различия при р<0,05.

Таблица 2. Данные КТ-ангиопульмонографии больных ХТЭ $\Lambda\Gamma$ (n=45)

КТ-характеристика состояния сосудов и паренхимы легких	Значение
Визуальные параметры	
Тромботические массы	42 (93,3)
Мембраны	18 (40)
Перетяжки	18 (40)
Извитость	18 (40)
Периферические коллатерали	23 (51,5)
Симптом «мозаичная перфузия»	40 (88,9)
Обеднение сосудистого рисунка	45 (100)
Фиброзные/постинфарктные изменения паренхимы легких	17 (37,8)
Количественные параметры	
Диаметр ЛА, см	3,5±0,5
ΔΛΑ/ΔΒΑ	1,1±0,2
Толщина миокарда ПЖ, см	0,5±0,1
ПЖ/ЛЖ	1,5±0,5
TATES 1 1 1 1	

KT – компьютерная томография; ΛA – легочная артерия; $\Delta \Lambda A/\Delta BA$ – отношение диаметра легочной артерии к диаметру восходящей аорты; ΠX – правый желудочек; $\Pi X/\Lambda X$ – отношение размера правого желудочка к размеру левого желудочка.

Результаты

КТ-ангиопульмонограммы были высокого качества у всей группы пациентов (n=45). Во всех случаях в просветах сосудов легких определялись дефекты контрастирования: у 42 (93,3%) пациентов в виде тромботических масс, в 3 (6,7%) – в виде мембран и перетяжек (табл. 2).

По данным КТ-ангиопульмонографии, у 3 из 45 (6,7%) обследованных больных Λ А и ее главные ветви были нормальных диаметров (диаметр Λ А 2,5±0,1 см), при этом во всех случаях определялось окклюзирующее поражение Λ А с выраженным обеднением сосудистого рисунка и снижением перфузии (индекс обструкции 55,8±20,2%, индекс перфузионных нарушений 60,0±18,9%), по данным ТШХ и катетеризации правых отделов сердца – умеренная Λ Г: расстояние, пройденное при ТШХ, – 523,3±61,1 м, среднее давление в легочной артерии (Ср. Δ Λ A) – 30,3±1,5 мм рт. ст.

Сравнительный анализ данных инвазивной ангиопульмонографии (АПГ) и КТ-ангиопульмонографии выполнен у 31 пациента. Локализация и степень обструкции совпали у 26 (83,9%) больных. В 3 случаях по данным инвазивной АПГ не удалось визуализировать перетяжки и линейные дефекты контрастирования в виде мембран в мелких ветвях ЛА, которые отчетливо определялись при КТ.

Оценка перфузии была затруднена у 4 из 45 пациентов: в 1 случае из-за артефактов от неполной задержки дыхания; в 2 – из-за выраженных артефактов от контрастного препарата в венозных коллатералях на передней грудной стенке, подключичной и верхней полой венах;



Таблица 3. Оценка степени обструкции сосудов легких и перфузионных нарушений в баллах (n=41)

Параметр	Число больных, абс. (%)
Отсутствие обструкции (степень обструкции = 0 баллов)	3 (7,3)
Частичная обструкция (степень обструкции = 1 балл)	31 (75,6)
Субтотальная или тотальная обструкция (степень обструкции = 2 балла)	11 (26,8)
Умеренное снижение перфузии (степень перфузионных нарушений = 1 балл)	22 (53,6)
Выраженное снижение перфузии или отсутствие перфузии (степень перфузионных нарушений = 2 балла)	23 (56,1)

в 1-из-за отсутствия оптимальной степени контрастирования просвета ΛA и ее ветвей. Данные пациенты были исключены из последующего анализа.

У 41 пациента определялись двусторонние дефекты перфузии, из них у 22 – зоны выраженного снижения или отсутствия перфузии, у 19 – зоны умеренного снижения перфузии в соответствующих тромботическому поражению областях. Тромботические массы в крупных и сегментарных ветвях ЛА не определялись у 3 пациентов: в 2 случаях перфузионные нарушения носили умеренный характер, в 1 определялось выраженное снижение перфузии. Однако у этих пациентов отмечалось обеднение сосудистого рисунка с наличием дефектов контрастирования в виде мембран и перетяжек в сегментарных ветвях.

B T

Рис. 6. Субтракционная КТ-ангиопульмонография пациента Н. с ХТЭЛГ: реконструкции изображений в проекции максимальной интенсивности (МІР); перфузионные карты в аксиальной плоскости.

Пояснения в тексте.

Параметры полуколичественной оценки перфузионных нарушений и степени сосудистой обструкции легких представлены в табл. 3.

Локализация перфузионных нарушений соответствовала зоне кровоснабжения пораженных ΛA у 40 (97,6%) пациентов из 41, при посегментарном анализе – в 800 из 820 (97,6%) сегментов.

Средний индекс обструкции и средний индекс перфузионных нарушений составил $38,1\pm21,3$ и $53,7\pm21,1\%$ соответственно. Между индексом обструкции и индексом перфузионных нарушений обнаружена статистически значимая корреляция (r=0,34; p=0,02), отражающая зависимость перфузионных нарушений легких от степени тромботического поражения ΛA и ее ветвей.

Кроме того, обнаружены статистически значимые корреляции между Ср. ДЛА и диаметром ЛА (r=0,4; p=0,02; Ср. ДЛА и отношением ДЛА/ДВА (r=0,5; p=0,002); Ср. ДЛА и толщиной миокарда правого желудочка – ТМПЖ (r=0,6; p=0,0003); ЛСС и ТМПЖ (r=0,4; p=0,04).

Не выявлены взаимосвязи между сосудисто-перфузионными показателями (индексом обструкции и индексом перфузионных нарушений) и параметрами гемодинамики (Ср. $\Delta\Lambda$ A, Λ CC). Не было корреляций между данными КТ и результатами ТШХ (пройденное расстояние, индекс по Боргу).

При сравнении данных первичной и повторной субтракционной КТ-ангиопульмонографии, выполненной после БАП (n=6) и ТЭЭ (n=4), улучшение контрасти-

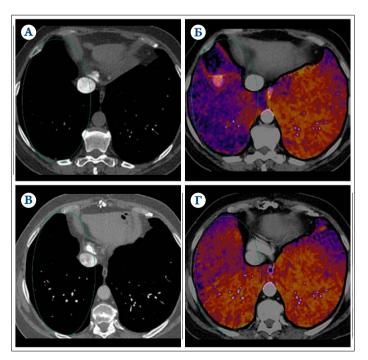


Рис. 7. Субтракционная КТ-ангиопульмонография пациента К. с ХТЭЛГ: реконструкции изображений и перфузионные карты в аксиальной плоскости.

Пояснения в тексте.



рования сосудистого русла отмечалось у всех пациентов, что сопровождалось статистически значимым снижением Ср. ДЛА (47,6 \pm 18,1 и 32,4 \pm 16,7 мм рт. ст.; р<0,0001), ЛСС (927,1 \pm 367,9 и 467,1 \pm 333,3 дин·с/см⁵; р<0,0001), увеличением расстояния, пройденного в ТШХ (323,4 \pm 97,0 и 487,4 \pm 104,9 м; р<0,0001). При сравнением ФК ЛГ (2,9 \pm 0,8 и 1,75 \pm 0,9; р<0,0001). При сравнении перфузионных карт 3 пациента были исключены из анализа из-за артефактов от неполной задержки дыхания при повторном исследовании; у 5 пациентов показатели перфузии улучшились (у 2 – после БАП; у 3 – после ТЭЭ); у 3 динамики не наблюдалось (рис. 6, 7).

У одного из них (см. рис. 6) на МІР-реконструкциях (А) и перфузионных картах (Б) до эндоваскулярного лечения определялись окклюзия сегментарных ветвей и снижение перфузии нижней доли правого легкого. На МІР-реконструкциях (В) и перфузионных картах (Г) после эндоваскулярного лечения отмечалось улучшение контрастирования и перфузии нижней доли правого легкого. У другого пациента (см. рис. 7) на изображениях в аксиальной плоскости (А) и перфузионных картах (Б) до ТЭЭ определялись окклюзия сегментарных ветвей и снижение перфузии нижней доли правого легкого. На изображениях в аксиальной плоскости (В) и перфузионных картах (Г) после ТЭЭ отмечалось улучшение контрастирования и перфузии нижней доли правого легкого.

Обсуждение

Возможность комплексной оценки состояния сосудистого русла, паренхимы и перфузии легких у пациентов с ХТЭЛГ является крайне актуальной задачей, так как наибольшие трудности диагностики, связанные с визуальной оценкой состояния просвета сосудов, возникают при дистальном поражении. Кроме того, состояние перфузии легочной ткани, помимо оценки клинических показателей и сосудистого русла, является важнейшим критерием эффективности лечения и прогноза у больных ХТЭЛГ.

Оценка кровоснабжения легких стала возможна с появлением нового программного обеспечения, позволяющего совмещать контрастные и бесконтрастные изображения методом КТ-субтракции с последующим построением перфузионных карт. Диагностическая значимость субтракционной КТ при ХТЭЛГ была впервые изучена в нашей предыдущей работе [17]. В последующем М. Татига и соавт. выявили хорошую сопоставимость данных субтракционной КТ и вентиляционно-перфузионной сцинтиграфии [18].

В представленном исследовании данные КТ-ангио-пульмонографии и инвазивной АПГ совпали в 83,9% случаев, при этом локализация перфузионных нарушений соответствовала зоне кровоснабжения пораженных

АА в 97,6% случаев. Степень обструкции сосудов коррелировала с выраженностью перфузионных нарушений (p=0,02), что согласуется с данными Е. Chae и соавт. и Ү. Zhou и соавт., которые показали высокую взаимосвязь между индексом обструкции и индексом перфузии у пациентов с острой тромбоэмболией ЛА (p<0,001) [15, 19]. Однако в работе Е. Т. Ноеу и соавт. корреляции между сосудисто-перфузионными показателями не выявлено, что может быть связано с небольшой группой пациентов и недостаточным качеством перфузионных карт [20].

Известно, что одним из основных КТ-критериев $\Lambda\Gamma$ является расширение ΛA [13, 14]. Нами выявлены взаимосвязи между косвенными признаками $\Lambda\Gamma$ по данным КТ и количественными показателями гемодинамики. В частности, показатель Ср. $\Delta\Lambda A$ коррелировал с диаметром ΛA , отношением $\Delta\Lambda A/\Delta BA$ и ТМПЖ, также выявлена взаимосвязь между ΛCC и ТМПЖ, что согласуется с данными M. Liu и соавт. [21].

В то же время нам не удалось выявить достоверных взаимосвязей сосудисто-перфузионных показателей с Ср. ДЛА, ЛСС, что совпало с данными Е.Т. Ноеу и соавт. [20]. Индекс обструкции не коррелировал с ЛСС, аналогичные результаты были получены в работах M. Liu и соавт. и F.G. Meinel и соавт. [22, 23]. Кроме этого, не выявлено статистически значимой корреляции между результатами ТШХ и индексом обструкции, что показано в исследовании F. G. Meinel и соавт. [23]. Отсутствие достоверных взаимосвязей между сосудисто-перфузионными, гемодинамическими и клиническими показателями может быть обусловлено сложным многофакторным патогенезом ХТЭЛГ и компенсаторными механизмами гемодинамики у данной категории больных. В качестве примера мы представили данные 3 пациентов с умеренной ЛГ І-ІІ ФК при наличии окклюзирующего поражения сосудистого русла и снижения перфузии легких.

По данным повторной КТ-ангиопульмонографии с оценкой перфузии легких, выполненной после эндоваскулярного и хирургического лечения, у всех пациентов отмечалось снижение степени обструкции сосудистого русла с положительным клиническим эффектом. При этом в 37,7% случаев перфузионные нарушения остались без изменений, что может быть обусловлено прогрессирующим ремоделированием микрососудистого русла и генерализованным спазмом артериол у этих пациентов.

Заключение

Субтракционная компьютерная томографическая ангиопульмонография позволяет провести комплексную оценку состояния сосудистого русла, паренхимы и перфузии легких, в том числе для объективной



оценки эффективности лечения больных хронической тромбоэмболической легочной гипертензией. Индексы обструкции и перфузии, наличие гипертрофии миокарда правого желудочка, расширение легочной артерии отражают тяжесть легочной гипертензии. В то же время

отсутствие статистически значимой взаимосвязи между степенью обструктивного поражения легочных артерий и легочным сосудистым сопротивлением свидетельствует о сложном многофакторном патогенезе хронической тромбоэмболической легочной гипертензии.

Сведения об авторах:

Терновой С. К. – д. м. н., акад. РАН, проф., руков. отдела томографии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России, Москва; зав. кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва.

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России, Москва

Демченкова А. Ю. – аспирант отдела томографии.

Веселова Т. Н. – д. м. н., ст. н. с. отдела томографии.

Мартынюк Т.В. – д. м. н., руков. отдела легочной гипертензии и заболеваний сердца.

Данилов Н. М. – к. м. н., ст. н. с. отдела гипертонии.

Мершин К. В. – к. м. н., хирург отдела сердечно-сосудистой хирургии.

Чазова И. Е. – д. м. н., акад. РАН, проф., руков. отдела гипертонии, директор Института клинической кардиологии им. А. Л. Мясникова, зам. ген. директора Центра.

E-mail: demchenkovaanna89@gmail.com

Information about the author:

National Medical Research Center for Cardiology, Moscow, Russia

Anna Yu. Demchenkova – graduate student of the department.

E-mail: demchenkovaanna89@gmail.com.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- 1. Chazova I. E., Martynyuk T. V., Akchurin R. S. et al. Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Eurasian heart journal 2016;2:7–27. Russian (Чазова И. Е., Мартынюк Т. В., Акчурин Р. С. и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению хронической тромбоэмболической легочной гипертензии. Евразийский кардиологический журнал 2016;2:7–27).
- Piazza G., Goldhaber S.Z. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension. N Engl J Med 2011;4 (364):351–360. DOI: 10.1056/NEJMra0910203
- Gopalan D., Delcroix M., Held M. Diagnosis of chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Eur Respir Rev 2017;26:160– 108. DOI: 10.1183/16000617.0108–2016
- 4. Kim N. H., Delcroix M., Jenkins D. P. et al. Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. J Am Coll Cardiol 2013;62: D92–D99. https://DOI.org/10.1016/j. jacc. 2013.10.024
- s. Meinel F. G., Graef A., Thierfelder K. M. et al. Automated Quantification of Pulmonary Perfused Blood Volume by Dual-Energy CTPA in Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. Fortschr Röntgenstr 2014;186 (2):151–156. DOI: 10.1055/s-0033–1350412
- 6. Renard B., Remy-Jardin M., Santangelo T. et al. Dual-energy CT angiography of chronic thromboembolic disease: can it help recognize links between the severity of pulmonary arterial obstruction and perfusion defects? Eur J Radiol 2011;79:467–472. DOI: 10.1016/j. ejrad. 2010.04.018
- 7. Hoey E. T., Mirsadraee S., Pepke-Zaba J. et al. Dual-energy CT angiography for assessment of regional pulmonary perfusion in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension: initial experience. Am J Roentgenol 2011;196:524–532. DOI: 10.2214/AJR. 10.4842
- 8. Mershina E.A., Sinitsyn V.E., Frolova Yu.V. et al. Dual-energy MDCT in diagnosis and follow-up of chronic thromboembolic pul-

- monary hypertension (СТЕРН). Russian electronic journal of radiology 2013;3 (3):52–56. Russian (Мершина Е. А., Синицын В. Е., Фролова Ю. В. и др. Диагностика и оценка результатов лечения хронической тромбоэмболической легочной гипертензии (ХТЭЛГ) с помощью двухэнергетической МСКТ. Российский электронный журнал лучевой диагностики 2013;3 (3):52–56).
- 9. Udin K.A., Masina O.V., Kitavina S.I., Agapov V.V. MSCT pulmonary angiography in pulmonary embolism diagnosis. Russian electronic journal of radiology 2012;2 (2):39–42. Russian (Юдин К.А., Масина О. В., Китавина С.И., Агапов В.В. Возможности МСКТ-ангиопульмонографии в диагностике ТЭЛА. Российский электронный журнал лучевой диагностики 2012;2 (2):39–42).
- 10. Khayt G. Ya., Epanov V. A., Rebus M. A. et al. The role of multislice computed tomography in current diagnostics of pulmonary artery thromboembolism. Russian electronic journal of radiology 2015;5 (4):41–48. Russian (Хайт Г.Я., Епанов В. А., Ребус М. А. и др. Значение компьютерной томографии в современной диагностике ТЭЛА. Российский электронный журнал лучевой диагностики 2015;5 (4):1–48).
- 11. Galiè N., Humbert M., Vachiery J. et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. Russian journal of cardiology 2016;5 (133):5–64. DOI: 10.15 829/1560-4071-2016-5-5-64. Russian (Galiè N., Humbert M., Vachiery J. et al. Рекомендации ESC/ERS по диагностике и лечению легочной гипертензии 2015. Российский кардиологический журнал 2016;5 (133):5–64. DOI: 10.15829/1560-4071-20 16-5-5-64).
- 12. Galiè N., Humbert M., Vachiery J. et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association



- for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). Eur Heart J 2016;37 (1):67–119. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv317
- 13. Lewis G., Hoey E. T., Reynolds J. H. et al. Multi-detector CT assessment in pulmonary hypertension: techniques, systematic approach to interpretation and key findings. Quantitat Imag Med Surg 2015;5 (3):423–432. DOI:10.3978/j. issn. 2223–4292.2015.01.05
- 14. Grosse C., Grosse A. CT Findings in Diseases Associated with Pulmonary Hypertension: A Current Review. Radio Graphics 2010;30 (7):1753–1777. DOI:10.1148/rg. 307105710
- 15. Chae E., Seo J., Jang Y. et al. Dual-Energy CT for Assessment of the Severity of Acute Pulmonary Embolism: Pulmonary Perfusion Defect Score Compared With CT Angiographic Obstruction Score and Right Ventricular/Left Ventricular Diameter Ratio. Am J Roentgenol 2010;194 (3):604–610. DOI:10.2214/ajr. 09.2681
- 16. Qanadli S. D., El. Hajjam M., Vieillard-Baron A. et al. New CT Index to Quantify Arterial Obstruction in Pulmonary Embolism. Am J Roentgenol 2001;176 (6):1415–1420. DOI:10.2214/ajr. 176.6.1761415
- 17. Veselova T.N., Demchenkova A.Y., Martynyuk T.V. et al. Subtraction CT angiopulmonographic assessment of the vascular bed and lung perfusion in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension: A pilot study. Terapevticheskij arkhiv 2017;89 (4):8–14. DOI: 10.17116/terarkh20178948–14. Russian (Веселова Т. Н., Демченкова А. Ю., Мартынюк Т. В. и др. Оценка сосудистого русла и перфузии легких у больных хронической тромбоэмболической легочной гипертензией с помощью субтракционной КТ-ангиопульмонографии: результаты предварительного исследования. Терапевтический архив 2017;89 (4):8–14. DOI: 10.17116/terarkh20178948-14).

- 18. Tamura M., Yamada Y., Kawakami T. et al. 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;243:538–543. DOI: 10.1016/j. ijcard. 2017.05.006
- 19. Zhou Y., Shi H., Wang Y. et al. Assessment of correlation between CT angiographic clot load score, pulmonary perfusion defect score and global right ventricular function with dual-source CT for acute pulmonary embolism. Br J Radiol 2012;85 (1015):972–979. DOI: 10.1259/bjr/40850443
- 20. Hoey E. T., Mirsadraee S., Pepke-Zaba J. et al. Dual-energy CT angiography for assessment of regional pulmonary perfusion in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension: initial experience. Am J Roentgenol 2011;196 (3):524–532. DOI: 10.2214/AJR. 10.4842
- 21. Liu M., Ma Z., Guo X. et al. Computed tomographic pulmonary angiography in the assessment of severity of chronic thromboembolic pulmonary hypertension and right ventricular dysfunction. Eur J Radiol 2011;80 (3):e462–4629. DOI: 10.1016/j.ejrad. 2010.08.035
- 22. Liu M., Ma Z., Guo X. et al. Cardiovascular parameters of computed tomographic pulmonary angiography to assess pulmonary vascular resistance in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Int J Cardiol 2013;164 (3):295–300. DOI: http://dx.DOI.org/10.1016/j. ijcard. 2011.07.019
- 23. Meinel F. G., Graef A., Thierfelder K. M. et al. Automated Quantification of Pulmonary Perfused Blood Volume by Dual-Energy CTPA in Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. Fortschr Röntgenstr 2014;186 (2):151–156. DOI: 10.1055/s-0033–1350412

Поступила 17.09.17 (Received 17.09.17)