

Оценка состояния сосудистого русла и перфузии легких у больных хронической тромбоэмболической легочной гипертензией с помощью субтракционной КТ-ангиопульмонографии: результаты предварительного исследования

Т.Н. ВЕСЕЛОВА¹, А.Ю. ДЕМЧЕНКОВА¹, Т.В. МАРТЫНЮК¹, Н.М. ДАНИЛОВ¹, С.К. ТЕРНОВОЙ^{1,2}, И.Е. ЧАЗОВА¹

¹ФГБУ «Российский кардиологический научно-производственный комплекс» Минздрава России, Москва, Россия; ²ФГБОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

Цель исследования. Оценить состояние сосудистого русла и перфузию легких у больных хронической тромбоэмболической легочной гипертензией (ХТЭЛГ) методом компьютерной томографии (КТ); сопоставить выраженность тромботического поражения легочных артерий (ЛА) с перфузионными нарушениями паренхимы, данными ангиопульмонографии, клиническими и гемодинамическими характеристиками.

Материалы и методы. В период с ноября 2015 г. по май 2016 г. обследовали 22 пациента (7 мужчин, 15 женщин) в возрасте от 27 до 67 лет с верифицированным диагнозом ХТЭЛГ на компьютерном томографе Aquilion ONE 640 VISION Edition («Toshiba Medical Systems», Япония) с 320 рядами детекторов. Оценку дефекта перфузии в представленном исследовании выполняли с использованием нового программного обеспечения, позволяющего совмещать контрастные и бесконтрастные изображения методом субтракции. Анализ данных КТ включал визуальную оценку состояния сосудистого русла и паренхимы легких, а также количественную оценку с возможностью построения перфузионных карт, полуавтоматического определения индекса обструкции (ИО) и индекса перфузионных нарушений (ИПН). ИО сопоставлен с ИПН, средним давлением в ЛА по данным катетеризации правых отделов сердца и тестом с 6-минутной ходьбой.

Результаты. Обнаружена статистически значимая корреляция между ИО и ИПН у пациентов с ХТЭЛГ (r Пирсона 0,56; $p=0,0065$). Взаимосвязи среднего давления в ЛА и сосудисто-перфузионными показателями (ИО и ИПН), а также между сосудисто-перфузионными показателями и результатами теста с 6-минутной ходьбой не выявлено.

Заключение. Сочетание КТ-ангиопульмонографии с оценкой легочной перфузии (в рамках одного исследования) позволяет оценить выраженность сосудистого поражения и перфузионных нарушений, а также определить эффективность лечения больных ХТЭЛГ.

Ключевые слова: хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия, КТ-ангиопульмонография, индекс перфузионных нарушений, индекс обструкции.

Subtraction CT angiopulmonary assessment of the vascular bed and lung perfusion in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension: Results of a preliminary study

T.N. VESELOVA¹, A.Yu. DEMCHENKOVA¹, T.V. MARTYNYUK¹, N.M. DANILOV¹, S.K. TERNOVOY^{1,2}, I.E. CHAZOVA¹

¹Russian Cardiology Research and Production Complex, Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia; ²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

Aim. To evaluate the vascular bed and lung perfusion in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH) by computed tomography (CT) and to compare the severity of pulmonary arterial (PA) thrombotic lesions concurrent with parenchymal perfusion disorders with angiopulmonary findings and clinical and hemodynamic characteristics.

Subjects and methods. In the period from November 2015 to May 2016, 22 patients (7 men, 15 women) aged 27 to 67 years with a verified diagnosis of CTEPH were examined using an Aquilion ONE VISION Edition 640 (Toshiba Medical Systems, Japan) CT scanner with a 320-row detector. Perfusion defect in this study was evaluated with the new software allowing one to combine contrast and contrast-free images by a subtraction method. CT data analysis included visual assessment of the vascular bed and lung parenchyma and quantitative assessment with perfusion map construction and semi-automatic determination of the obstruction index (OI) and perfusion defect index (PDI). OI was compared with PDI and mean LA pressure according to the data of right heart catheterization and 6-minute walk test.

Results. A statistically significant correlation was found between OI and PDI in patients with CTEPH (Pearson $r=0.56$; $p=0.0065$). There were no relationships between mean LA pressure and vascular perfusion indices (OI and PDI) or between vascular perfusion parameters and 6-minute walk test results.

Conclusion. CT angiopulmonary in conjunction with pulmonary perfusion assessment (within one study) allows evaluation of the severity of vascular lesions and perfusion disorders and determination of the efficiency of treatment in patients with CTEPH.

Keywords: chronic thromboembolic pulmonary hypertension, CT angiopulmonary, perfusion defect index, obstruction index.

АПГ — ангиопульмонография
БАП — баллонная ангиопластика
ИО — индекс обструкции

ИПН — индекс перфузионных нарушений
КТ — компьютерная томография
ЛА — легочная артерия

ЛГ — легочная гипертензия
 САПГ — селективная ангиопульмонография
 СДЛА — систолическое давление в легочной артерии
 ТЛ-БАП — транслюминальная баллонная ангиопластика
 ТШХ — тест с 6-минутной ходьбой

ТЭЛА — тромбоэмболия легочной артерии
 ТЭЭ — тромбэндартериэктомия
 ФК — функциональный класс
 ХТЭЛГ — хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия

Под легочной гипертензией (ЛГ) понимают патологический симптомокомплекс, в основе которого лежит повышение легочного сосудистого сопротивления и давления в легочной артерии (ЛА), что приводит к развитию правожелудочковой недостаточности [1].

Хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия (ХТЭЛГ) — единственной наиболее вероятно потенциально излечимая форма ЛГ, характеризующаяся хронической обструкцией ветвей ЛА после однократной или повторной тромбоэмболии. Частота развития ХТЭЛГ после перенесенной острой тромбоэмболии варьирует от 0,1 до 9,1% [2].

В основе лечения больных ХТЭЛГ лежат хирургический и консервативный подходы. При проксимальном поражении сосудистого русла методом выбора является тромбэндартериэктомия (ТЭЭ), при наличии патологических изменений в сегментарных и субсегментарных ветвях ЛА выполнение ТЭЭ часто невозможно, поэтому единственным методом лечения больных ЛГ с дистальным поражением сосудов до недавнего времени оставалась консервативная терапия. В последние годы появились публикации об эффективности относительно новой стратегии лечения пациентов этой категории с помощью транслюминальной баллонной ангиопластики (ТЛ-БАП) ЛА [3].

В процессе выбора тактики лечения — ТЭЭ, БАП или медикаментозное лечение основную роль играет селективная ангиопульмонография (САПГ). Однако при решении вопроса о тактике и эффективности лечения не менее важной является оценка состояния перфузии легочной ткани.

Известно, что выраженная обструкция или полная окклюзия ЛА способствует формированию типичных дефектов перфузии, что является неотъемлемой частью диагностики ХТЭЛГ. Референтным методом оценки легочной перфузии остается вентиляционно-перфузионная сцинтиграфия, в свою очередь САПГ является «золотым стандартом» оценки состояния сосудистого русла. В на-

стоящее время появилась возможность комплексной неинвазивной диагностики как сосудистых, так и перфузионных нарушений легких с помощью современной компьютерной томографии (КТ) с программой полуколичественной оценки легочного кровотока, которая позволит оптимизировать протокол обследования больных ХТЭЛГ.

Цель настоящей работы заключалась в оценке состояния сосудистого русла и перфузии легких методом КТ, сопоставлении выраженности тромботического поражения ЛА с перфузионными нарушениями паренхимы, а также с данными ангиопульмонографии (АПГ) и клиническими характеристиками больных ХТЭЛГ.

Материалы и методы

В период с ноября 2015 г. по май 2016 г. обследовали 22 пациента (7 мужчин, 15 женщин) в возрасте от 27 до 67 лет с диагнозом ХТЭЛГ. Для верификации диагноза всем пациентам проводили стандартный комплекс обследования в соответствии с принятыми рекомендациями по диагностике и лечению больных ЛГ, включающий лабораторные исследования: клинический и биохимический анализ крови, количественную оценку D-димера, коагулологических параметров, тест с 6-минутной ходьбой (ТШХ), обзорную рентгенографию грудной клетки, электрокардиографию, эхокардиографию, спирометрию, дуплексное сканирование вен нижних конечностей, КТ легких с проведением АПГ и перфузии легких. Клиническая характеристика обследованных пациентов представлена в табл. 1.

Катетеризация правых отделов сердца с измерением гемодинамических параметров (табл. 2) и АПГ выполнена 21 пациенту; в связи с тяжестью состояния и высоким риском развития осложнений в ходе катетеризации правых отделов сердца 1 пациенту проведение было невозможно. ТШХ проведен 20 пациентам; 2 пациента ТШХ не выполнили в силу тяжести состояния.

Все пациенты обследованы на компьютерном томографе Aquilion ONE 640 VISION Edition («Toshiba Medical Systems», Япония) с 320 рядами детекторов с использованием протокола Lung subtraction. Исследование выполняли в положении больного лежа на спине, в направлении от головы к ногам, при задержке дыхания на максимальной глубине вдоха в нативную и артериальную фазы при соблюдении одинаковых параметров начала и окончания сканирования. Неионный контрастный препарат (70–80 мл) вводили внутривенно со скоростью 4,5–5 мл/с. Артериальная фаза исследования выполнялась автоматически при достижении пикового значения рентгеновской плотности в просвете ЛА. 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 мЗв.

В визуальный анализ входили оценка состояния просвета легочных сосудов, протяженности и локализации тромботических масс, наличия мелких тромботических структур в виде мембран и перетяжек, извитости легочных сосудов, периферических коллатералей, сосудистых мальформаций, а также оценка состояния легочной паренхимы, а именно наличие симптома «мозаичной перфузии», обеднения сосудистого рисунка, фиброзных и

Сведения об авторах:

Веселова Татьяна Николаевна — д.м.н., с.н.с. отд. томографии Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ РКНПК

Мартынюк Тамара Витальевна — д.м.н., в.н.с. отд. гипертонии, рук. лаб. легочной гипертензии Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ РКНПК

Данилов Николай Михайлович — к.м.н., с.н.с. отд. гипертонии Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ РКНПК

Терновой Сергей Константинович — д.м.н., проф., зав. каф. лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова», рук. отд. томографии Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ РКНПК, акад. РАН

Чазова Ирина Евгеньевна — д.м.н., проф., и.о. ген. дир. ФГБУ РКНПК МЗ РФ, директор Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова, рук. отд. гипертонии Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ РКНПК, акад. РАН

Контактная информация:

Демченкова Анна Юрьевна — асп. отд. томографии Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ РКНПК; тел.: +7(495)414-6497; e-mail: demchenkovaanna89@gmail.com

Таблица 1. Клиническая характеристика 22 пациентов ХТЭЛГ

Показатель	Значение
Возраст, годы	49,8±11,5
Пол, м/ж	7/15 (31,8/68,2)
ФК ЛГ: I/II/III/III—IV/IV	1/4/13/3/1 (4,54/18,2/59,09/13,63/4,54)
ТШХ, м	338,95±113,4
Индекс по Боргу, баллы	3,45±1,39
Рост, см	167,68±7,77
Масса тела, кг	82,29±14,9
Индекс массы тела	29,4±6,46

Примечание. Данные представлены в виде абсолютного числа больных (%) или $M \pm SD$. ФК ЛГ установлен в соответствии с принятыми рекомендациями по диагностике и лечению ЛГ. ФК — функциональный класс.

Таблица 2. Параметры гемодинамики обследованных 22 больных ХТЭЛГ по данным катетеризации правых отделов сердца

Показатель	Значение
СДЛА, мм рт.ст.	86,85±24,86
Ср.ДЛА, мм рт.ст.	47,52±14,25
ДДЛА, мм рт.ст.	26,43±9,37
ПП СД, мм рт.ст.	9,76±5,01
ПП ДД, мм рт.ст.	6,62±5,05
ПП Дср., мм рт.ст.	5,62±3,88
ПЖ СД, мм рт.ст.	88,24±24,54
ПЖ ДД, мм рт.ст.	-3±6,62
ПЖ Дср., мм рт.ст.	10,95±6,17
ДЗЛА, мм рт.ст.	5,14±2,01
SaO ₂ , %	91,14±4,82
SvO ₂ , %	58,43±9,66
СВ, л/мин	4,05±1,04
СИ, л/мин/м ²	2,16±0,65
УО, мл	55,37±14,88
ЛСС, дин·с/см ⁻⁵	914,81±471,4
ОЛСС, дин·с/м ² /см ⁻⁵	1757,35±944,4

Примечание. СДЛА — систолическое давление в легочной артерии; Ср.ДЛА — среднее давление в легочной артерии; ДДЛА — диастолическое давление в легочной артерии; ПП СД — систолическое давление в правом предсердии; ПП ДД — диастолическое давление в правом предсердии; ПП Дср. — среднее давление в правом предсердии; ПЖ СД — систолическое давление в правом желудочке; ПЖ ДД — диастолическое давление в правом желудочке; ПЖ Дср. — среднее давление в правом желудочке; ДЗЛА — давление заклинивания легочной артерии; SaO₂ — сатурация кислорода в артериальной крови; SvO₂ — сатурация кислорода в смешанной венозной крови; СВ — сердечный выброс; СИ — сердечный индекс; УО — ударный объем; ЛСС — легочное сосудистое сопротивление; ОЛСС — общее легочное сосудистое сопротивление.

постинфарктных изменений. Под термином «мозаичная перфузия» понимается чередование участков пониженной и повышенной плотности легочной паренхимы, при этом диаметр легочных сосудов в областях с пониженной плотностью меньше, чем в областях с повышенной.

К косвенным КТ-признакам ЛГ в соответствии с принятыми рекомендациями по диагностике и лечению данного заболевания относились расширение ЛГ (диаметр ствола ЛГ более 2,9

Таблица 3. КТ-характеристики состояния паренхимы и сосудов легких у обследованных 22 больных ХТЭЛГ

КТ-характеристика состояния сосудов и паренхимы легких	Число больных	
	абс.	%
Визуальные параметры:		
расширение ЛА и ее ветвей	20	90,9
расширение правых отделов сердца	15	68,18
гипертрофия миокарда ПЖ	6	27,27
тромботические массы	20	90,9
мембраны	12	54,54
Перетяжки	10	45,45
Извитость	14	63,63
периферические коллатерали	8	36,36
симптом «мозаичная перфузия»	21	95,45
обеднение сосудистого рисунка	22	100
фиброзные/постинфарктные изменения паренхимы легких	18	81,81
Количественные параметры:		
отсутствие обструкции (степень обструкции 0 баллов)	2	9,09
частичная обструкция (степень обструкции 1 балл)	3	13,63
субтотальная или тотальная обструкция (степень обструкции 2 балла)	17	77,27
нормальная перфузия (степень перфузионных нарушений 0 баллов)	—	—
умеренное снижение перфузии (степень перфузионных нарушений 1 балл)	4	18,18
выраженное снижение перфузии или отсутствие перфузии (степень перфузионных нарушений 2 балла)	18	81,81

см, отношение диаметров ЛГ/восходящего отдела аорты более 1), ее ветвей, правых отделов сердца (отношение диаметров правого желудочка/левого желудочка больше 1) и гипертрофия миокарда правого желудочка (толщина миокарда правого желудочка более 0,4 см) [4–6].

Количественная оценка включала построение перфузионных карт с полуавтоматическим определением индекса обструкции (ИО) и индекса перфузионных нарушений (ИПН).

Построение перфузионных карт и оценку дефекта перфузии в представленном исследовании выполняли с использованием нового программного обеспечения ⁸⁰Subtraction Lung, позволяющего проводить анализ перфузионных нарушений легких по первому прохождению контрастного препарата через правые отделы сердца, ЛА и ее ветви, совмещая контрастные и бесконтрастные изображения методом субтракции (рис. 1 см. на цв. вклейке) [7].

Количественную оценку осуществляли путем расчета ИО и ИПН. При этом расчет ИО выполняли по формуле, описанной S. Qanadli и соавт. [8]: $KT \text{ индекс обструкции} = \sum(n \cdot d) / 40 \cdot 100$, где n — количество сегментарных ветвей (минимум 1, максимум 20), а d — степень обструкции [8–10]. Степень обструкции варьировала от 0 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).

Расчет ИПН выполняли по формуле: $KT \text{ индекс перфузионных нарушений} = \sum(n \cdot d) / 40 \cdot 100$, где n — число сегментов (3 в верхних долях, 2 в средней доле и язычковой, 5 в нижних долях), а d — степень перфузионных нарушений также варьировала от 0 до 2 баллов (0 — нормальная перфузия, 1 — умеренное снижение перфузии, 2 — выраженное снижение перфузии или отсутствие перфузии) [8]. Баллы присваивались в зависимости от цветовой мар-

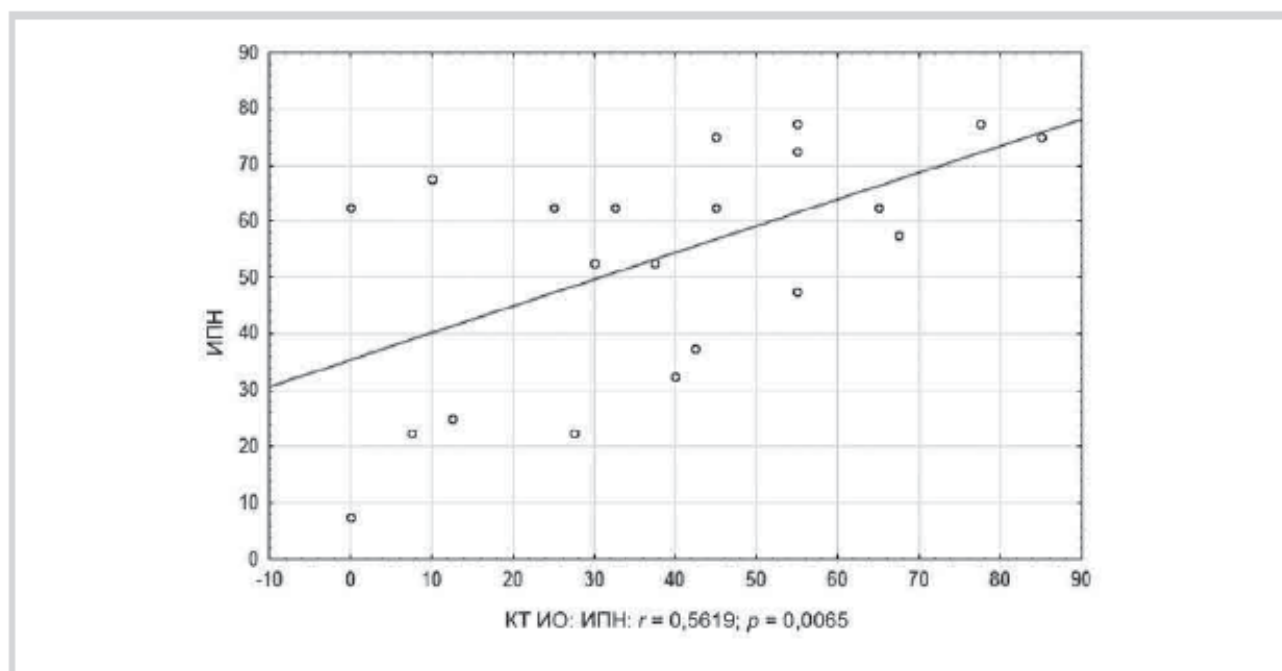


Рис. 2. График корреляции между ИО и ИПН ($r=0,56$; $p=0,0065$).

кировки легочной ткани, которая соответствовала нормальному (от желтого до красного), снижению (от фиолетового до темно-синего) контрастированию или отсутствию контрастирования (от темно-синего до черного) паренхимы легких в единицах Хаунсфилда. Параметры визуальной и полуколичественной оценки состояния паренхимы и сосудов легких по данным КТ представлены в табл. 3.

Результаты

В ходе исследования у 20 пациентов в сегментарных ветвях обоих легких определялись тромботические массы, из них у 17 (85%) выявлены двусторонние зоны выраженного снижения или отсутствия перфузии, у 3 (15%) — зоны умеренного снижения перфузии в соответствующих тромботическому поражению областях. У 2 пациентов тромботические массы в крупных и сегментарных ветвях ЛА не определялись, однако выявлены обеднение сосудистого рисунка, линейные дефекты контрастирования в виде мембран, наличие перетяжек в сегментарных ветвях. При этом в одном случае отмечалось умеренное снижение перфузии, в другом — выраженное снижение перфузии. Средние значения ИО и ИПН составили $38,18 \pm 24,05$ и $53,52 \pm 20,38\%$ соответственно.

Между ИО и ИПН у пациентов с ХТЭЛГ обнаружена статистически значимая корреляция (r Пирсона $0,56$; $p=0,0065$), отражающая зависимость перфузионных нарушений легких от степени тромботического поражения ЛА (рис. 2).

Взаимосвязей СДЛА и сосудисто-перфузионных показателей (ИО и ИПН), а также сосудисто-перфузионных показателей и результатов ТШХ не выявлено.

При сравнении данных КТ-АПГ и САПГ локализация и протяженность дефектов контрастирования совпала в 20 (90,9%) случаях. У 2 больных при САПГ не удалось визуализировать перетяжки и линейные дефекты контра-

стирования в виде мембран в мелких ветвях ЛА, которые отчетливо определялись на КТ-изображениях.

Для демонстрации клинической значимости КТ в алгоритме обследования пациентов с ХТЭЛГ представляем клинический случай динамического наблюдения пациентки Н. с подтвержденным диагнозом ХТЭЛГ, которой проведено 6 сеансов БАП, КТ-исследование выполнено до и после лечения (рис. 3 см. на цв. вклейке).

Женщина 41 года, впервые поступила в Институт кардиологии им. А.Л. Мясникова в декабре 2015 г. с жалобами на резкое нарастание одышки при умеренных физических нагрузках в течение последних месяцев, общую слабость, сердцебиение, отеки нижних конечностей. Из анамнеза известно, что в марте 2015 г. больная госпитализирована по месту жительства в связи с резко возникшей отеком левой голени и одышкой. По данным обследования выявлен тромбоз глубоких вен левой ноги и предположена тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА), проводилось консервативное лечение непрямыми антикоагулянтами.

В ходе первой госпитализации, по данным стандартного клинического и лабораторно-инструментального обследования, впервые установлен диагноз ХТЭЛГ, ФК III, легочное сердце: относительная недостаточность трикуспидального клапана II степени. При проведении САПГ с катетеризацией правых отделов сердца в ветвях ЛА выявлены двусторонние дефекты наполнения (1 долевая и 4 сегментарных ветви), гемодинамически значимые стенозы (5 сегментарных ветвей) и окклюзии (5 сегментарных ветвей), определялось повышение среднего давления в ЛА до 50 мм рт.ст.

По данным КТ-АПГ с оценкой перфузии легких выявлен двусторонний тромбоз сегментарных и субсегментарных ветвей ЛА той же локализации, признаки ЛГ: расширение правых отделов сердца, ствола ЛА и ее ветвей.

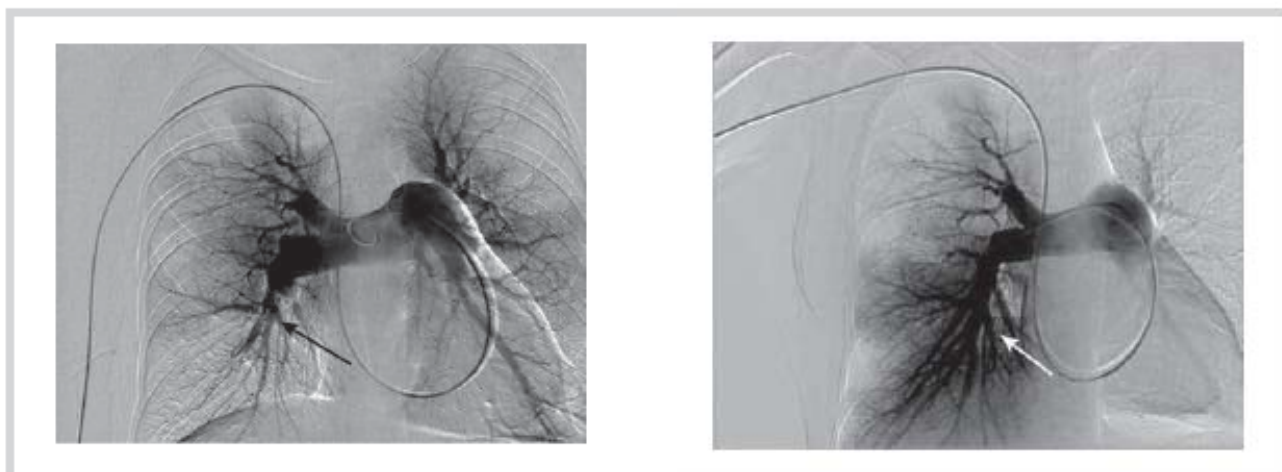


Рис. 4. Результаты САПГ больной Н. до (а) и после (б) проведения 6 сеансов ТЛ-БАП ЛА.

а — субтотальные стенозы, в просвете сосудов дефекты наполнения (стрелка) в устьях сегментарных ветвей нижней доли правого легкого до проведения ТЛ-БАП ЛА; б — значительное улучшение кровоснабжения нижней доли правого легкого (стрелка) после проведения 6 сеансов ТЛ-БАП ЛА.

При построении и визуальной оценке перфузионных карт в соответствующих тромботическому поражению областях определялись участки снижения перфузии, наиболее выраженные в нижней доле правого легкого (общий ИПН 77,5%).

С учетом дистального типа поражения, а также отсутствия клинического эффекта от консервативной терапии (индапамид 1,5 мг/сут, эноксапарин натрия 100 мг/сут, силденафил 60 мг/сут, спиронолактон 100 мг/сут, ивабрадин 15 мг/сут) принято решение о проведении эндоваскулярного лечения в бассейнах сегментарных ветвей нижних долей легких. Повторное КТ-исследование выполнено после 6 сеансов БАП. По данным контрольного исследования (КТ и САПГ) отмечались значительное улучшение кровоснабжения и перфузии нижней доли правого легкого, уменьшение диаметра ствола ЛА и снижение степени выраженности «мозаичной перфузии» (рис. 3 см. на цв. вклейке; рис. 4), определялось снижение среднего давления в ЛА с 50 до 27 мм рт.ст. Значительно улучшились клинические показатели: уменьшилась одышка, увеличилось пройденное в ТШХ расстояние с 235 до 624 м, что сопровождалось снижением ФК с III до II—III.

Обсуждение

КТ-АПГ на протяжении последних 25 лет входит в стандартный алгоритм обследования пациентов с подозрением на острую ТЭЛА, а с появлением высокоскоростных компьютерных томографов стала методом выбора для этой категории больных [11].

При острой ТЭЛА тромботические массы в большинстве случаев определяются в крупных и средних ветвях, не вызывая сложности визуальной оценки состояния их просвета. Наибольшие трудности диагностики возникают при дистальном поражении сосудистого русла, в частности у больных ХТЭЛГ без типичной клинической картины ТЭЛА в анамнезе и постепенном нарастании симптомов ЛГ. Поэтому актуальность комплексного подхода к диагностике у больных этой категории с использовани-

ем современных методов визуализации не вызывает сомнения.

С появлением двухэнергетической КТ стала возможна оценка не только состояния сосудов и паренхимы легких, но и перфузии легочной ткани, что особенно важно при дистальном поражении сосудистого русла. Принцип работы двухэнергетической КТ основан на разнице поглощения тканями рентгеновского излучения при различном напряжении на рентгеновской трубке [12, 13]. Помимо оценки перфузии легочной ткани в режиме двухэнергетического сканирования в настоящее время появилась возможность оценки легочного кровотока с помощью метода субтракции с последующим построением перфузионных карт [7].

В зарубежной литературе опубликовано достаточное количество работ по изучению роли КТ в диагностике перфузионных нарушений легких [8, 14, 15]. Единичные отечественные публикации, посвященные этой теме, касались оценки состояния артерий и перфузии легких методом двухэнергетической КТ у больных ХТЭЛГ до и после ТЭЭ [16, 17].

Известно, что обструкция ветвей ЛА способствует повышению легочного сосудистого сопротивления, что в дальнейшем приводит к развитию ЛГ. Поэтому степень выраженности тромботического поражения и состояние перфузии легочной ткани играют важную роль в определении эффективности терапии, указывая на необходимость изменения тактики лечения, отдаленного прогноза и стратификации риска.

В представленной работе мы впервые применили метод КТ-субтракции для оценки перфузии при ХТЭЛГ. У всех обследованных больных на перфузионных картах определялись дефекты контрастирования легочной ткани. При этом изображения дефектов контрастирования на перфузионных картах, полученных с помощью метода КТ-субтракции и двухэнергетической КТ, оказались идентичными. Логично предположить, что чем больше тромботических масс в просветах легочных сосудов, тем хуже кровоснабжение легочной ткани. С помощью корре-

ляционного анализа нами выявлена связь между степенью тромботической обструкции ЛА и выраженностью перфузионных нарушений ($r=0,56$; $p=0,0065$). Среди 440 сегментов соответствие между перфузионными нарушениями и обструкцией сосудов выявлено у 9 (41%) пациентов. У 13 (59%) пациентов степень перфузионных нарушений оказалась выше, чем степень обструкции, что, вероятно, связано с нарушением перфузии легочной ткани на уровне мелких ветвей ЛА.

Наши данные совпали с работой Е. Чае и соавт. [9], в которой также выявлена прямая корреляция между ИО и индексом перфузии, но у пациентов с острой ТЭЛА ($r=0,56$; $p<0,05$). Авторы работы пришли к выводу, что получение перфузионных карт с помощью двухэнергетической КТ и предложенный ИПН могут быть полезными для объективной оценки тяжести острой ТЭЛА.

При проведении корреляционного анализа нам не удалось выявить достоверных связей между сосудисто-перфузионными (ИО и ИПН) и клиническими показателями (средним давлением в ЛА и результатами ТШХ), что можно объяснить сложным патогенезом ЛГ, а также недостаточным числом больных для проведения такого анализа. Кроме того, стоит отметить, что имелись некоторые ограничения, включающие полосовидные артефакты от сердечных сокращений и контрастного препарата в верхней полой вене, из-за которых можно пропустить или недооценить дефект перфузии. Таким образом, полученные нами результаты указывают на необходимость дальнейших исследований.

Что касается лечения неоперабельных пациентов с ХТЭЛГ, то до недавнего времени единственным методом выбора оставалась консервативная терапия. В последние годы появились публикации об эффективности относительно новой стратегии лечения пациентов этой категории с помощью ТЛ-БАП ЛА. В Институте клинической кардиологии впервые в России выполнена ТЛ-БАП дистального русла ЛА у больных ХТЭЛГ с положительным клиническим эффектом [3]. Важно подчеркнуть, что комплексный анализ состояния сосудов и перфузии легких методом КТ позволяет выявлять необструктивное поражение дистального русла в виде мембран и перетяжек, а также объективно оценивать эффективность лечения, что подтверждает представленный нами клинический случай.

Заключение

КТ оценка перфузии легких с помощью метода субтракции находится на раннем этапе научных исследований и нуждается в дальнейшем изучении, однако имеет диагностически значимый потенциал в выборе оптимальной стратегии лечения и оценке эффективности лечения у больных ХТЭЛГ.

Сочетание КТ-АПГ с оценкой легочной перфузии (в рамках одного исследования) позволяет выявить сосудистые и перфузионные нарушения у пациентов с дистальным поражением ЛА.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- McLaughlin V, Archer S, Badesch D et al. ACCF/AHA 2009 Expert Consensus Document on Pulmonary Hypertension. *Journal of the American College of Cardiology*. 2009;53(17):1573-1619. doi:10.1016/j.jacc.2009.01.004
- 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;2:8-27.
- Данилов Н.М., Матчин Ю.Г., Мартынюк Т.В. и др. Транслюминальная баллонная ангиопластика легочных артерий у больных с неоперабельной хронической тромбоэмболической легочной гипертензией (первый опыт в России). *Consilium Medicum*. 2015;10:61-66.
- Galiè N, Humbert M, Vachiery J et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eur Heart J*. 2015;37(1):67-119. doi:10.1093/eurheartj/ehv317
- Lewis G, Hoey ETD, Reynolds JH, Ganeshan A, Ment J. Multi-detector CT assessment in pulmonary hypertension: techniques, systematic approach to interpretation and key findings. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*. 2015;5(3):423-432. doi:10.3978/j.issn.2223-4292.2015.01.05
- Grosse CGrosse A. CT Findings in Diseases Associated with Pulmonary Hypertension: A Current Review. *RadioGraphics*. 2010;30(7):1753-1777. doi:10.1148/rg.307105710
2016. Available at: [ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ АРХИВ 04, 2017](http://Iodine Mapping of the Lung Using Subtraction Imaging for Pulmonary Embolism: Technique and Initial Clinical Experience LL-CHE4249, in RSNA 2013: Chicago. Accessed September 12, 2016.
Qanadli S, El Hajjam M, Vieillard-Baron A et al. New CT Index to Quantify Arterial Obstruction in Pulmonary Embolism. <i>American Journal of Roentgenology</i>. 2001;176(6):1415-1420. doi:10.2214/ajr.176.6.1761415
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. <i>American Journal of Roentgenology</i>. 2010;194(3):604-610. doi:10.2214/ajr.09.2681
Yu T, Yuan M, Zhang Q, Shi H, Wang D. Evaluation of computed tomography obstruction index in guiding therapeutic decisions and monitoring percutaneous catheter fragmentation in massive pulmonary embolism. <i>Journal of Biomedical Research</i>. 2011;25(6):431-437. doi:10.1016/s1674-8301(11)60057-2
Reichelt A, Hoepfer M, Galanski M, Keberle M. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension: Evaluation with 64-detector row CT versus digital subtraction angiography. <i>European Journal of Radiology</i>. 2009;71(1):49-54. doi:10.1016/j.ejrad.2008.03.016
Lu G, Wu S, Yeh B, Zhang L. Dual-energy computed tomography in pulmonary embolism. <i>The British Journal of Radiology</i>. 2010;83(992):707-718. doi:10.1259/bjr/16337436

</div>
<div data-bbox=)

13. Lu G, Zhao Y, Zhang L, Schoepf U. Dual-Energy CT of the Lung. *American Journal of Roentgenology*. 2012;199(5,Suppl.):S40-S53. doi:10.2214/ajr.12.9112
14. Meinel F, Graef A, Thierfelder K et al. Automated Quantification of Pulmonary Perfused Blood Volume by Dual-Energy CTPA in Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. *RöFo — Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren*. 2013;186(02):151-156. doi:10.1055/s-0033-1350412
15. Thieme S, Ashoori N, Bamberg F et al. Severity assessment of pulmonary embolism using dual energy CT — correlation of a pulmonary perfusion defect score with clinical and morphological parameters of blood oxygenation and right ventricular failure. *Eur Radiol*. 2011;22(2):269-278. doi:10.1007/s00330-011-2267-3
16. Мершина Е.А., Синицын В.Е., Плотникова М.Л. и др. Применение двухэнергетической компьютерно-томографической ангиопульмонографии у пациентов с хронической тромбоэмболической легочной гипертензией до и после тромбэндартерэктомии из легочной артерии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2013;2:27-31.
17. 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. Ссылка активна на 12.09.2016. Доступно по: <http://rejr.ru/volume/11/mershina.pdf>

Поступила 23.09.2016