

Клиническое значение оценки индекса растяжимости легочной артерии у пациентов с легочной артериальной гипертензией

А.В. Казымлы, А.В. Рыжков, Н.С. Гончарова, А.В. Березина,
А.В. Наймушин, О.М. Моисеева

ФГБУ «Федеральный Центр сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Казымлы А.В. — очный аспирант ФГБУ «Федеральный Центр сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова» Минздрава России (ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова); Рыжков А.В. — врач-рентгенолог отделения магнитно-резонансной томографии ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова; Гончарова Н.С. — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела некоронарогенных заболеваний сердца ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова; Березина А.В. — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, руководитель группы кардиопульмонального тестирования научно-исследовательской лаборатории спортивной медицины ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова; Наймушин А.В. — кандидат медицинских наук, заведующий отделением анестезиологии и реанимации с палатами интенсивной терапии № 2 ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова; Моисеева О.М. — доктор медицинских наук, заведующая научно-исследовательским отделом некоронарогенных заболеваний сердца, заместитель директора Института сердца и сосудов ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова.

Контактная информация: ФГБУ «Федеральный Центр сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург, Россия, 197341. E-mail: kazimli_aygun@yahoo.com (Казымлы Айгюн Вюгаровна).

Резюме

Цель исследования — изучить возможность использования индекса растяжимости легочной артерии для оценки степени тяжести 15 больных легочной артериальной гипертензией (ЛАГ). **Материалы и методы.** Обследовано 44 пациента с ЛАГ (средний возраст — $42,8 \pm 14,5$ года, 33 женщины): 29 больных идиопатической ЛАГ, 4 пациента с ЛАГ на фоне корригированных врожденных пороков сердца, 3 пациента с системной склеродермией, 8 больных с неоперабельной хронической тромбоэмболической легочной гипертензией. Всем пациентам с ЛАГ выполнялись тест с шестиминутной ходьбой (ТШХ), катетеризация правых камер сердца, эхокардиография, магнитно-резонансная томография сердца, кардиопульмональный нагрузочный тест (КПНТ). **Результаты.** У пациентов с ЛАГ выявлено снижение индекса растяжимости легочной артерии 11,9 % (9,3–19,7). У пациентов с индексом растяжимости < 20 % выявлены более высокий уровень систолического давления в легочной артерии ($96,5 \pm 22,4$ и $77,9 \pm 19,4$ мм рт. ст. соответственно; $p < 0,05$), сниженный сердечный выброс ($3,98 \pm 1,1$ и $4,95 \pm 1,21$ л/мин соответственно; $p < 0,05$), более высокий уровень N-концевого предшественника мозгового натрийуретического пептида и эхокардиографические признаки систолической дисфункции правого желудочка. Снижение индекса растяжимости легочной артерии < 20 % было сопряжено с уменьшением пикового потребления кислорода (VO_{2peak}) по данным КПНТ (14,8 и 18,8 мл/мин/кг соответственно; $p = 0,05$). **Вывод.** Определение индекса растяжимости легочной артерии может служить дополнительным критерием для неинвазивной оценки степени тяжести ЛАГ и риска ее прогрессирования.

Ключевые слова: легочная артериальная гипертензия, индекс растяжимости легочной артерии.

The clinical impact of pulmonary artery distensibility index in patients with pulmonary hypertension

A.V. Kazimli, A.V. Ryzhkov, N.S. Goncharova,
A.V. Berezina, A.V. Naymushin, O.M. Moiseeva

Almazov Federal Heart, Blood and Endocrinology Centre, St Petersburg, Russia

Corresponding author: Almazov Federal Heart, Blood and Endocrinology Centre, 2 Akkuratov st., St Petersburg, Russia, 197341. E-mail: kazimli_aygun@yahoo.com (Aygun V. Kazimli, MD, a PhD student at Almazov Federal Heart, Blood and Endocrinology Centre).

Abstract

Objective. Vascular remodeling in patients with pulmonary artery hypertension (PAH) may be assessed by measurement of contrast magnetic-resonance imaging (CMRI) derived pulmonary artery distensibility (PAD) index. The objective of our study was to investigate whether PAD index could be used as a marker for the evaluation of PAH severity. **Design and methods.** Forty four patients with PAH (mean age — $42,8 \pm 14,5$ years, males:females = 11:33) were enrolled: 29 patients with idiopathic pulmonary arterial hypertension, 4 subjects with corrected congenital heart disease, 3 subjects with scleroderma PAH and 8 patients with inoperable chronic thromboembolic pulmonary hypertension. All patients underwent 6-minute walk test, right heart catheterization (RHC), heart ultrasound (ECHO), CMRI, cardiopulmonary exercise testing, and serum N-terminal-pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP) level was defined. **Results.** PAD index was decreased in PAH patients 11,9 % (9,3-19,7). Patients with decreased PAD index < 20 % had higher NT-proBNP level, lower tricuspid annular systolic velocity and right ventricle/left ventricle ratio by ECHO. Patients with PAD index < 20 % had higher pulmonary artery systolic blood pressure ($96,5 \pm 22,4$ versus $77,9 \pm 19,4$ mmHg; $p < 0,05$), and reduced cardiac output which were determined by RHC ($3,98 \pm 1,1$ versus $4,95 \pm 1,21$ l/min; $p < 0,05$). Decreased VO_{2peak} was found in patients with PAD index < 20 % (14,8 versus 18,8 ml/min/kg; $p = 0,05$). **Conclusions.** PA distensibility index may be used for noninvasive assessment of PAH severity and progression.

Key words: pulmonary artery hypertension, pulmonary artery distensibility index.

Статья поступила в редакцию: 11.04.13. и принята к печати: 22.04.13.

Введение

В соответствии с существующими рекомендациями легочная гипертензия диагностируется, если в состоянии покоя при катетеризации правых камер сердца регистрируется повышение среднего давления в легочной артерии ≥ 25 мм рт. ст. Согласно современной классификации легочных гипертензий отдельно выделяют легочную артериальную гипертензию (ЛАГ) — разнородную группу заболеваний, для которых характерно поражение мелких артерий и артериол малого круга кровообращения, приводящее к повышению легочно-сосудистого сопротивления (ЛСС), быстрому развитию правожелудочковой сердечной недостаточности и преждевременной смерти пациентов [1]. В качестве одного из ключевых патогенетических механизмов повышения ЛСС и давления в легочной артерии рассматривается эндотелиальная дисфункция, развитие которой связано со снижением продукции основных вазодилатирующих и увеличением продукции вазоконстрикторных субстанций, что приводит к ремоделированию сосудов малого круга кровообращения, формированию провоспалительных и протромботических условий [1, 2]. Наряду с поражением сосудов микроциркуляторного русла, в условиях повышенного давления структурные изменения возникают в стволе и крупных ветвях легочной артерии, что проявляется повышением жесткости (снижением податливости) сосудистой стенки, увеличением диаметра и толщины комплекса интима-медиа легочной артерии. Ремоделирование как мелких, так и крупных артерий малого круга кровообращения способствует повышению

постнагрузки на правый желудочек и прогрессированию правожелудочковой сердечной недостаточности, которая и определяет прогноз больных ЛАГ [3–7]. Можно предположить, что, благодаря общности патогенетических механизмов, параметры, характеризующие эластические свойства проксимальных отделов легочной артерии, могут отражать структурно-функциональные изменения сосудов микроциркуляторного русла малого круга кровообращения и правых камер сердца. Работы последнего десятилетия показали, что индекс растяжимости легочной артерии, оцениваемый с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ), может использоваться для характеристики морфологических изменений и коррелирует с индексом жесткости сосудистой стенки, который рассчитывается по данным катетеризации правых камер сердца [8, 9]. В связи с этим актуальным представляется оценка перспектив использования индекса растяжимости легочной артерии, определяемого с помощью МРТ, для оценки степени тяжести пациентов с ЛАГ.

Материалы и методы

Исследование проводилось на базе ФГБУ «Федеральный Центр сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова» Минздрава России с сентября 2010 года по 28 февраля 2013 года и носило проспективный характер. Все пациенты перед включением в исследование подписывали информированное согласие, одобренное локальным этическим комитетом. В исследуемую группу входили: 29 больных идиопатической ЛАГ, 4 пациента с ЛАГ на фоне корригированных врожденных пороков сердца,

3 пациента с ЛАГ на фоне системной склеродермии и 8 пациентов с неоперабельной хронической тромбоэмболической легочной гипертензией. Больные были обследованы согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов по диагностике и лечению легочной гипертензии [1]. Критерием включения в исследование были следующие параметры: среднее давление в легочной артерии > 25 мм рт. ст., давление заклинивания легочных капилляров (ДЗЛК) < 15 мм рт. ст., ЛСС > 240 дин $\times$ сек $\times$ см $^{-5}$, отсутствие клинически значимой сопутствующей патологии. Критерием исключения были легочная гипертензия на фоне патологии левых камер сердца и легких, а также легочная гипертензия с многофакторной природой развития.

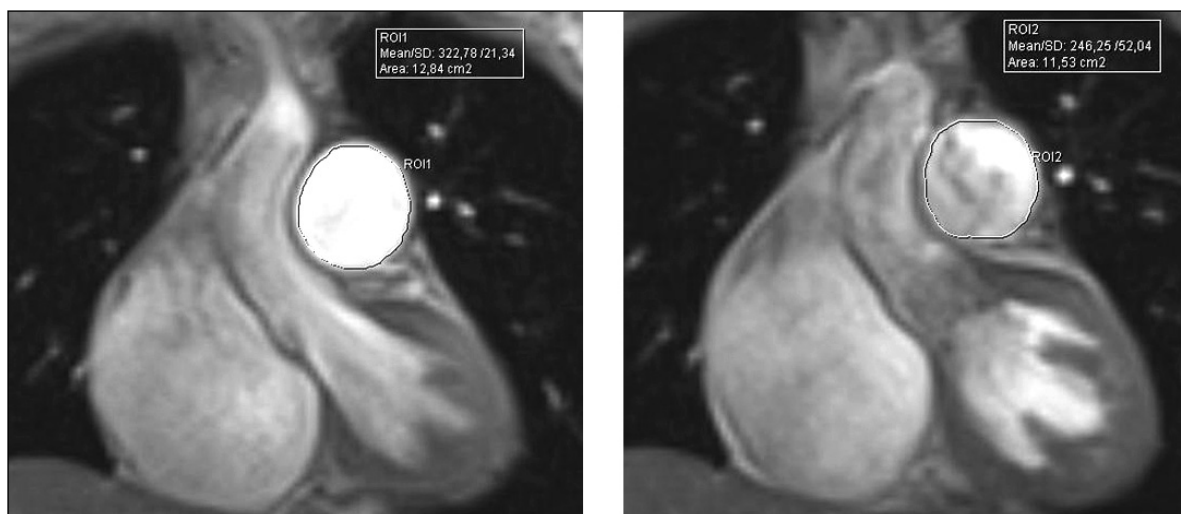
Для оценки гемодинамики малого круга кровообращения всем пациентам в стабильном состоянии выполнялась катетеризация правых камер сердца термодилуционным баллонным катетером (7F Swan — Ganz catheter, Corodyn TD, B. Braun Medical Ltd., Германия). Исследование проводилось в положении лежа на спине, без поддержки кислородом. Сердечный выброс определялся методом термодилуции. Измерение ЛСС производилось по формуле $\text{ЛСС} = [80 \times (\text{среднее давление в легочной артерии} - \text{ДЗЛК}) / \text{СВ}]$, где ДЗЛК — давление заклинивания легочных капилляров, СВ — сердечный выброс. Эхокардиографическое исследование выполнялось на аппарате VIVID 7D (General Electric, США) по стандартному протоколу. Правые камеры сердца оценивались согласно рекомендациям Американского общества по эхокардиографии [10].

MPT сердца проводилось на аппарате MAGNETOM Trio a Tim Sistem 3.0 Тесла (Siemens, Германия) в режиме синхронизации с электрокардиограммой

с использованием контраста «Магневист» в объеме 20 мл. Стандартный протокол включал в себя серию исследований в режиме кино-MPT (TrueFISP retro IPAD cine; толщина среза 8 мм, количество срезов от 10 до 15 мм) в двух- и четырехкамерной проекциях по длинной и короткой оси от основания до верхушки сердца для расчета массы миокарда и объемов. Структура миокарда оценивались на отсроченных постконтрастных изображениях через 10 минут (tfi psir, толщина среза 6 мм). Аналогичная программа использовалась для получения изображения ортогонального сечения легочного ствола и оценки его площади в систолу и диастолу (рис. 1). Расчет индекса растяжимости осуществляли по формуле: индекс растяжимости = [(максимальная площадь поперечного сечения ЛА — минимальная площадь поперечного сечения ЛА)/минимальная площадь поперечного сечения ЛА]. Индекс жесткости « β » легочной артерии рассчитывался по формуле: $\beta = [(\log \text{СДЛА} / \text{ДДЛА}) / (\text{максимальная поперечная S ЛА} - \text{минимальная поперечная S ЛА}) / \text{минимальная S ЛА}]$, а индекс эластичности ЛА (мм рт. ст.) = $[(\text{ПДЛА} \times \text{максимальная поперечная S ЛА} - \text{минимальная поперечная S ЛА})]$, где СДЛА — систолическое давление в легочной артерии, ДДЛА — диастолическое давление в легочной артерии, ПДЛА — пульсовое давление в легочной артерии, ЛА — легочная артерия, S — площадь сечения легочной артерии [8].

Для оценки физической работоспособности проводился тест с 6-минутной ходьбой (ТШХ) согласно рекомендациям Американского торакального общества [11]. До и сразу после выполнения теста проводилось измерение системного артериального давления, частоты сердечных сокращений, сатура-

Рисунок 1. Изображение легочного ствола из ортогонального сечения и измерение его площади в систолу и диастолу



ции кислорода с помощью пульсоксиметра. Для оценки степени выраженности одышки использовали шкалу Борга. Дополнительно физическую работоспособность оценивали с помощью кардиопульмонального нагрузочного теста на эргоспирометре Oxycon Pro (CARDINAL HEALTH, Германия). Потребление кислорода и выделение углекислого газа определяли непрерывно («breath by breath» метод) при выполнении физической нагрузки на велоэргометре. Использовался непрерывно-возрастающий нагрузочный протокол с инкрементом физической нагрузки 10 Вт каждую минуту.

Уровень N-терминального фрагмента мозгового натрийуретического пептида (NT-terminal prohormone of brain natriuretic peptide, NT-proBNP) определяли в сыворотке крови. Исследование проводилось методом электрохемилюминесценции с помощью стандартного набора Elecsys (Roche Diagnostic GmbH, Германия).

Статистический анализ данных, полученных в ходе исследования, проведен с использованием прикладных статистических программ Statistica for Windows ver. 10.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, США). Для показателей, имеющих приближенно нормальное распределение, результаты представлены в виде среднего арифметического значения (M), среднеквадратичного отклонения (σ) и количества

признаков в группе (n), в остальных случаях — в виде медианы и квартилей. Критерий значимости был установлен на уровне $p < 0,05$. Взаимосвязи между парами количественных переменных оценивали с помощью корреляционного анализа с непараметрическим критерием Спирмена. Для выявления независимого влияния на количественные показатели качественных факторов была использована процедура однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA), для показателей с распределением, отличным от нормального, — непараметрические критерии: медианный и Краскела-Уоллиса. Для подбора наилучшего уравнения пересчета индекса растяжимости легочной артерии в индекс жесткости « β » использован метод нелинейного регрессионного анализа.

Результаты и обсуждение

В исследование включено 44 пациента в возрасте от 18 до 73 лет. Большую часть составляли больные идиопатической легочной артериальной гипертензией (ИЛАГ) (66 %). В связи с общностью патогенетических механизмов развития и клинического течения заболевания, наряду с больными ЛАГ, включены пациенты с неоперабельной хронической тромбоэмболической легочной гипертензией. Среди обследованных пациентов у 59 % установлен III

Таблица 1

КЛИНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БОЛЬНЫХ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

Параметры	Больные ЛАГ n = 44
Возраст, годы	42,8 ± 14,5
Женщины, n (%)	33 (75)
Этиология ЛАГ, n (%)	
ИЛАГ	29 (66)
ЛАГ на фоне корригированных ВПС	4 (9)
ЛАГ на фоне системной склеродермии	3 (7)
ХТЭЛГ	8 (18)
Функциональный класс, III:IV, n (%)	26:3 (59:7)
ТШХ, м	355 ± 92
Пиковое потребление кислорода, мл/мин/кг	15,7 ± 4,9
NT-proBNP, пг/мл	1308 (341–2475)
Мочевая кислота, мкмоль/л	443,9 ± 162,9
Терапия, n (%)	
Блокаторы кальциевых каналов	1 (2)
Ингибиторы фосфодиэстеразы 5-го типа	3 (6)
Антагонисты эндотелиновых рецепторов	1 (2)
Диуретики	29 (66)
Варфарин	41 (93)

Примечание: ЛАГ — легочная артериальная гипертензия; ИЛАГ — идиопатическая легочная артериальная гипертензия; ВПС — врожденный порок сердца; ХТЭЛГ — хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия; ТШХ — тест с 6-минутной ходьбой; NT-proBNP — N-терминальный фрагмент мозгового натрийуретического пептида. Результаты представлены в виде среднего арифметического значения (M) и среднеквадратичного отклонения (σ) или медианы и квартилей (Q25–Q75).

Таблица 2

ДАННЫЕ КАТЕТЕРИЗАЦИИ ПРАВЫХ КАМЕР СЕРДЦА
И РЕЗУЛЬТАТЫ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ СЕРДЦА

Параметры	Больные ЛАГ n = 44
Гемодинамика	
Систолическое давление ЛА, мм рт. ст.	94,7 ± 23,4
Диастолическое давление ЛА, мм рт. ст.	36,5 ± 14,9
Среднее давление ЛА, мм рт. ст.	56,3 ± 16
Давление ПП, мм рт. ст.	8 ± 5,6
СИ, л/мин/м ²	2,4 ± 0,6
ЛСС, дин × сек × см ⁻⁵	986,1 ± 464,5
Смешанная венозная сатурация O ₂ , %	64,2 ± 10,9
МРТ сердца	
Ударный объем ЛЖ, мл	55,5 ± 16,5
Конечно-диастолический объем ПЖ, мл	195 ± 71
Конечно-систолический объем ПЖ, мл	137 ± 63
Фракция выброса ПЖ, %	31 ± 11
Индекс растяжимости ЛА, %	11,9 (9,3–19,7)
Индекс жесткости «β» ЛА	6,12 (4,6–10,2)
Индекс эластичности ЛА, мм рт. ст.	379 (254–672)

Примечание: ЛАГ — легочная артериальная гипертензия; МРТ — магнитно-резонансная томография; ПП — правое предсердие; ПЖ — правый желудочек; ЛЖ — левый желудочек; ЛА — легочная артерия; ЛСС — легочное сосудистое сопротивление; СИ — сердечный индекс. Результаты представлены в виде среднего арифметического значения (М), среднеквадратичного отклонения (σ) или медианы и квартилей (Q25–Q75).

функциональный класс. Основные демографические и клинические характеристики пациентов представлены в таблице 1.

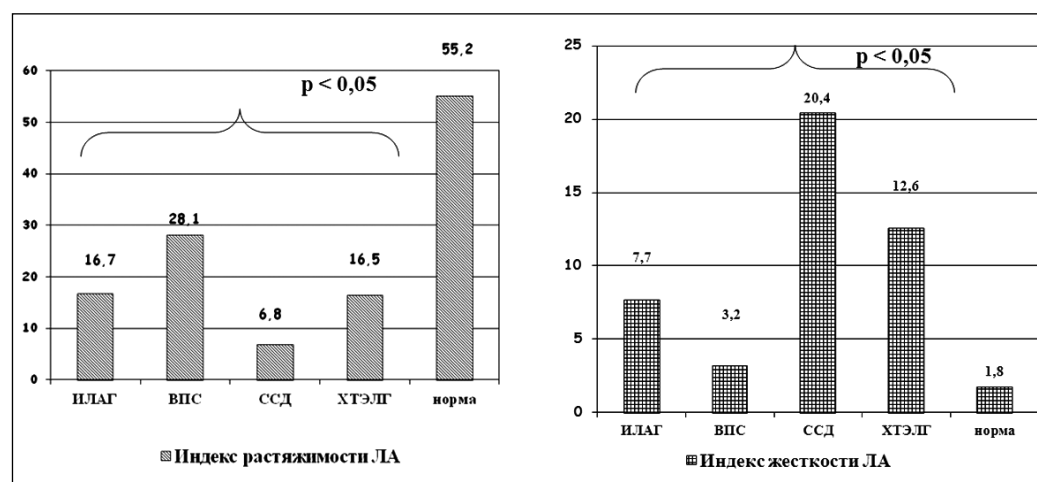
О степени тяжести течения заболевания у включенных в исследование пациентов говорили такие гемодинамические показатели, как повышенный уровень давления в правом предсердии и высокое ЛСС (табл. 2). На наличие правожелудочковой сердечной недостаточности, наряду с повышением давления в правом предсердии, указывало снижение плоскости систолической экскурсии трикуспидального кольца (TAPSE) и систолической скорости движения трикуспидального кольца (TASV). Вместе с тем наибольшую информативность для оценки состояния правых камер сердца имели показатели МРТ. Выявлено увеличение правых камер сердца с признаками гипертрофии правого желудочка, а также снижение его фракции выброса (табл. 2).

По данным ранее опубликованных исследований, у пациентов без легочной гипертензии индекс растяжимости легочной артерии варьировал от 27,3 до 64,6 % (в среднем 55,2 %), индекс жесткости «β» легочной артерии составлял 1,8 (1,5–3,3), а индекс эластичности — 32,6 мм рт. ст. (23,2–51,4) [12]. В настоящем исследовании у пациентов с ЛАГ выявлено снижение индекса растяжимости 11,9 % (9,3–19,7) повышение индекса жесткости «β» 6,1 (4,6–10,2) и индекса эластичности легоч-

ной артерии 379 (254–672) мм рт. ст. Не выявлено негативного влияния этиологии заболевания на индекс растяжимости легочной артерии. Однако у больных системной склеродермией отмечены более низкие значения индекса растяжимости и более высокие показатели жесткости легочной артерии, что, вероятно, связано с этиопатогенезом данной патологии (рис. 2). В настоящем исследовании не выявлено гендерных различий, а также влияния возраста на индекс растяжимости легочной артерии у больных ЛАГ. Установлена отрицательная взаимосвязь между индексом растяжимости и индексом жесткости «β» легочной артерии ($r = -0,890$; $p < 0,001$), а также индексом эластичности ($r = -0,898$; $p = 0,001$). Эти данные позволяют предположить, что неинвазивный маркер, каким является индекс растяжимости, может отражать структурно-функциональные изменения в проксимальных отделах легочной артерии, которые ранее оценивались с помощью инвазивного метода — катетеризации правых камер сердца. Аналогичные взаимосвязи ранее были продемонстрированы и в исследовании К.-W. Kang с соавторами (2011).

Разделив группу больных ЛАГ в зависимости от уровня растяжимости легочной артерии, мы выявили у пациентов с индексом растяжимости < 20 % более высокий уровень СДЛА ($96,5 \pm 22,4$ против

Рисунок 2. Распределение индекса растяжимости и индекса жесткости легочной артерии в зависимости от этиологии легочной гипертензии



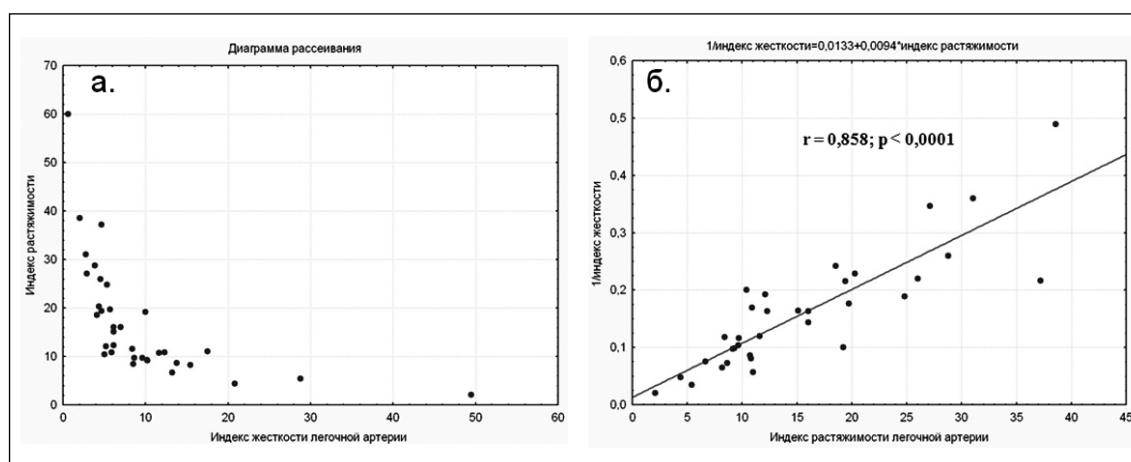
Примечание: ЛА — легочная артерия; ИЛАГ — идиопатическая легочная артериальная гипертензия; ВПС — врожденный порок сердца; ССД — системная склеродермия; ХТЭЛГ — хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия. Контрольные значения взяты из работы Sanz J., Kariisa M., Dellegrottaglie S. et al. Evaluation of pulmonary artery stiffness in pulmonary hypertension with cardiac magnetic resonance // J. Am. Coll. Cardiol. Cardiovasc. Imag. — 2009. — Vol. 2, № 3. — P. 286–295.

$77,9 \pm 19,4$ мм рт. ст.; $p < 0,05$), а также сниженный сердечный выброс ($3,98 \pm 1,1$ против $4,95 \pm 1,21$ л/мин; $p < 0,05$). Кроме того, эта группа больных характеризовалась повышенным уровнем NT-proBNP — 1558 (738 – 4341) пг/мл по сравнению с 306 (178 – 370) пг/мл у больных с индексом растяжимости более 20% ($p < 0,05$), наличием эхокардиографических признаков систолической дисфункции правого желудочка: систолическая скорость TASV $8,7 \pm 2,3$ и $12,4 \pm 2,3$ см/сек, соответственно ($p < 0,01$) и TAPSE $1,59 \pm 0,38$ и $2,10 \pm 0,41$ см соответственно ($p < 0,002$). Наряду с этим, больные с индексом растяжимости $< 20\%$ имели доминирующий правый желудочек — соотношение диаметров правого и левого желудочков $1,41 \pm 0,17$ и $1,15 \pm 0,18$ соответственно ($\chi^2 = 7,3$; $p < 0,01$). По мнению К.-W. Kang и соавторов, индекс растяжимости $< 20\%$, имеет высокую предсказательную ценность (82% чувствительность и 94% специфичность) в отношении снижения физической работоспособности, о чем свидетельствует дистанция прохождения в ТШХ, которая, как известно, используется в качестве прогностического маркера у больных ЛАГ [8, 1]. По результатам настоящего исследования не выявлено связи между дистанцией прохождения в ТШХ и индексом растяжимости. Однако снижение индекса растяжимости легочной артерии $< 20\%$ было сопряжено с уменьшением пикового потребления кислорода ($14,8 \pm 4,3$ и $18,8 \pm 5,3$ мл/мин/кг соответственно; $p = 0,05$) при эргоспирометрии, которое также используется в качестве прогностического критерия у больных легочной гипертензией [1].

В ходе настоящего исследования получены данные, согласующиеся с представлениями о патофизиологических механизмах формирования легочной гипертензии. Структурно-функциональные изменения мелких сосудов малого круга кровообращения с доминирующими вазоконстрикторными реакциями, пролиферацией гладкомышечных клеток средней оболочки с уменьшением их просвета и снижением плотности сосудистой сети способствуют увеличению легочного сосудистого сопротивления и гемодинамической нагрузки на стенку проксимальных легочных артерий, что приводит к повышению их жесткости (снижению податливости). В ранее опубликованных работах показано, что жесткость легочной артерии может рассматриваться в качестве предиктора неблагоприятного прогноза у больных ЛАГ [4, 13]. Для упрощения оценки жесткости легочной артерии нами предложена математическая формула, в которой за основу взят неинвазивный МРТ параметр — индекс растяжимости. На рисунке 3 представлена диаграмма рассеивания индекса растяжимости и индекса жесткости « β », а также формула их пересчета. Значения индекса жесткости можно рассчитать, зная значение индекса растяжимости легочной артерии и используя следующую формулу: $1/\text{индекс жесткости «}\beta\text{» легочной артерии} = 0,0133 + 0,0094 \times \text{индекс растяжимости легочной артерии}$.

Таким образом, неинвазивный показатель — индекс растяжимости легочной артерии — может успешно применяться для оценки структурных изменений сосудов малого круга кровообращения, а наличие корреляции с пиковым потреблением кисло-

Рисунок 3. Диаграмма рассеивания индекса жесткости и индекса растяжимости легочной артерии (а) и формула расчета индекса жесткости на основании неинвазивного показателя растяжимости легочной артерии по данным магнитно-резонансной томографии (б)



рода и уровнем NT-proBNP говорит о возможности его использования в качестве прогностического критерия у больных ЛАГ. Вместе с тем представленная работа имеет ограничения в связи с небольшим числом наблюдений, особенно в группах пациентов с системной склеродермией, скорректированными врожденными пороками сердца и хронической тромбэмболической легочной гипертензией. Нельзя исключить и неадекватную оценку индекса растяжимости у больных с выраженной пульмональной регургитацией. Кроме того, в дальнейшем необходимо оценить вариабельность МРТ показателей при измерении различными исследователями.

Выводы

1. Предложена формула пересчета неинвазивного МРТ параметра — индекса растяжимости легочной артерии в инвазивный показатель — индекс жесткости легочной артерии, получаемый при катетеризации правых камер сердца.

2. Выявлена связь между индексом растяжимости легочной артерии и такими показателями прогноза легочной гипертензии, как сниженный сердечный выброс, повышенный уровень NT-proBNP, эхокардиографические критерии систолической дисфункции правого желудочка и пиковое потребление кислорода.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

- Galie N., Hoeper M.M., Humbert M. et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension // *Eur. Heart J.* — 2009. — Vol. 30, № 20. — P. 2493–2537.
- Tuder R.M., Abman S.H., Braun T. et al. Development and pathology of pulmonary hypertension // *J. Am. Coll. Cardiol.* — 2009. — Vol. 54, № 1. — P. S3–S9.

- Joseph C., Greenfield J.C., Douglas M. et al. Relation between pressure and diameter in main pulmonary artery of man // *J. Appl. Physiol.* — 1963. — Vol. 18, № 3. — P. 557–559.

- Gan C.T., Lankhaar J.W., Westerhof N. et al. Noninvasively assessed pulmonary artery stiffness predicts mortality in pulmonary arterial hypertension // *Chest.* — 2007. — Vol. 132, № 6. — P. 1906–1912.

- Lau E.M., Iyer N., Ihsar R. et al. Abnormal pulmonary artery stiffness in pulmonary arterial hypertension: in vivo study with intravascular ultrasound // *PloS One.* — 2012. — Vol. 3, № 7. — P. e 33331.

- Rodes-Cabau J., Domingo E., Roman A. et al. Intravascular ultrasound of the elastic pulmonary arteries: a new approach for the evaluation of primary pulmonary hypertension // *Heart.* — 2003. — Vol. 89, № 3. — P. 311–315.

- Wang Z., Chesler N.C. Pulmonary vascular wall stiffness: an important contributor to the increased right ventricular afterload with pulmonary hypertension // *Pulm. Circ.* — 2011. — Vol. 1, № 2. — P. 212–223.

- Kang K.W., Chang H. J., Kim Y. J. et al. Cardiac magnetic resonance imaging-derived pulmonary artery distensibility index correlates with pulmonary artery stiffness and predicts functional capacity in patients with pulmonary arterial hypertension // *Circ. J.* — 2011. — Vol. 75, № 9. — P. 2244–2251.

- Berger R.M., Cromme-Dijkhuis A.H., Hop W.C. et al. Pulmonary arterial wall distensibility assessed by intravascular ultrasound in children with congenital heart disease: an indicator for pulmonary vascular disease? // *Chest.* — 2002. — Vol. 122, № 2. — P. 549–557.

- Rudski L. G., Lai W. W., Afilalo J. et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* — 2010. — Vol. 23, № 7. — P. 685–713.

- Brooks D., Solway S., Gibbons W.J. Guidelines for the six-minute walk test // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* — 2002. — Vol. 166, № 1. — P. 111–117.

- Sanz J., Kariisa M., Dellegrattaglie S. et al. Evaluation of pulmonary artery stiffness in pulmonary hypertension with cardiac magnetic resonance // *J. Am. Coll. Cardiol. Cardiovasc. Imag.* — 2009. — Vol. 2, № 3. — P. 286–295.

- Mahapatra S., Nishimura R.A., Sorajja P. et al. Relationship of pulmonary arterial capacitance and mortality in idiopathic pulmonary arterial hypertension // *J. Am. Coll. Cardiol.* — 2006. — Vol. 47, № 4. — P. 799–803.