

УДК 616.124+616.131]-089.819.1

DOI: <http://doi.org/10.31928/1608-635X-2019.6.6576>

Діагностичне значення катетеризації правих відділів серця та легеневої артерії у хворих із підозрою на легенеvu гіпертензію

Частина 1. Методологія виконання процедури, нозологія захворювань та вазодилататорний тест

Ю.М. Сіренко, І.О. Живило, Г.Д. Радченко

ДУ «Національний науковий центр “Інститут кардіології імені акад. М.Д. Стражеска”
НАМН України», Київ

Мета роботи – здійснити критичний перегляд власного досвіду, його відповідності чинним рекомендаціям і даним міжнародних реєстрів, а також оцінити показники легеневої та системної гемодинаміки, отримані у хворих на легенеvu артеріальну гіпертензію (ЛАГ) в Україні.

Матеріали і методи. За 5 років 220 процедур катетеризації правих відділів серця і легеневої артерії виконано 195 пацієнтам із середньою або високою ймовірністю ЛАГ за даними ехокардіографії відповідно до сучасних рекомендацій. Усі пацієнти були госпіталізовані в ННЦ «Інститут кардіології імені акад. М.Д. Стражеска» НАМН України із підозрою на наявність ЛАГ (первинно), або із погіршенням перебігу захворювання (повторно), або для підтвердження статусу вазореактивності (повторно).

Результати та обговорення. Проведено 220 успішних процедур катетеризації. Первинну (діагностичну) катетеризацію провели у 195 хворих, повторну – у 25. Діагноз ЛАГ підтверджено у 178 пацієнтів. У 17 пацієнтів за результатами катетеризації діагноз ЛАГ був знятий: величина середнього тиску в легеневій артерії була менше 20 мм рт. ст. Структура нозологій у хворих, яким було виконано катетеризацію була такою: ідіопатична ЛАГ спостерігалася у 68 (38 %) пацієнтів, з них 11 (6 %) – вазореактивних; ЛАГ, асоційована із захворюваннями сполучної тканини, – у 21 (12 %) пацієнта; ЛАГ, асоційована з ВІЛ-інфекцією, – у 4 (2 %) хворих; ЛАГ, асоційована з портальною гіпертензією, – у 4 (2 %); ЛАГ, асоційована з природженими вадами серця, – у 26 (15 %); хронічна тромбоемболічна легенеvu гіпертензія – у 50 (28 %). Тест на вазореактивність було проведено у 33 хворих на ідіопатичну ЛАГ, з них у 11 (33 %) він був позитивним. У хворих із позитивним вазодилататорним тестом середній тиск у легеневій артерії знизився у середньому на 21,8 мм рт. ст. – до 26,5 мм рт. ст. ($p < 0,0001$), при цьому серцевий індекс збільшився на 31 % – до $3,8 \text{ л} \cdot \text{хв} \cdot \text{м}^{-2}$ ($p < 0,1$). Легеневий судинний опір знизився на 6,4 од. Вуда – до 2,7 од. Вуда ($p < 0,0001$). У хворих із негативним результатом тесту зниження середнього тиску в легеневій артерії і легеневого судинного опору було статистично не значущим ($p > 0,05$), а змін серцевого індексу не виявлено.

Висновки. На підставі досвіду нашого центру оцінювання гемодинаміки за допомогою катетеризації є безпечним і залишається діагностичним стандартом для ЛАГ. Зокрема, катетеризація є необхідною для узгодженого аналізу 4 показників, що мають критичне значення для клінічного профілю пацієнтів з ЛАГ: тиск у правому передсерді, легеневий судинний опір, серцевий викид та тиск заклинювання в легеневій артерії. У пацієнтів з ідіопатичною ЛАГ також необхідно оцінювати вазореактивність для прогнозування чутливості до терапії антагоністами кальцію, наявність якої пов'язана з кращими результатами лікування та виживаності.

Ключові слова: легенеvu гіпертензія, катетеризація правих відділів серця, легенеvu артерія, тиск у легеневій артерії, вазореактивний тест, серцевий індекс.

Живило Ірина Олександрівна, к. мед. н., мол. наук. співр.
03680, м. Київ, вул. Народного Ополчення, 5
E-mail: zhivilka@i.ua

Стаття надійшла до редакції 9 грудня 2019 р.

Легенева артеріальна гіпертензія (ЛАГ) – група рідкісних хронічних захворювань із вкрай несприятливим прогнозом. На сьогодні катетеризація правих відділів серця (КПС) залишається єдиним достовірним методом верифікації діагнозу ЛАГ [6, 8]. Крім власне вимірювання величини середнього тиску в легеневій артерії та тиску заклинювання в легеневій артерії (ТЗЛА), при КПС прямим методом (частіше – термодилуції) вимірюють величину серцевого викиду та розраховують рівень легеневого судинного опору (ЛСО), а також визначають насичення змішаної венозної крові киснем (SvO_2) [5, 16]. Величина ЛСО є ключовим моментом для підтвердження діагнозу ЛАГ, а рівні SvO_2 та серцевого викиду – важливими прогностичними маркерами захворювання [6]. Модифіковані до рекомендацій 6-го Всесвітнього конгресу із легеневої гіпертензії (Ніца, 2018) гемодинамічні критерії діагнозу легеневої гіпертензії представлені в *табл. 1* [17].

В Україні в останні десятиліття у зв'язку із технічними труднощами (відсутність реєстрації, централізованих закупівель катетерів Свана – Ганца тощо) процедуру КПС виконували в редукованому вигляді без вимірювання ТЗЛА, прямого визначення величини серцевого викиду і коректного розрахунку показників системної та легеневої гемодинаміки. Упродовж останніх 5 років на базі ННЦ «Інститут кардіології імені акад. М.Д. Стражеска» НАМН України функціонує Центр легеневої гіпертензії, і протягом цього періоду центр накопичив власний досвід КПС за протоколом, рекомендованим у сучасних світових та європейських настановах [3, 6, 13].

Враховуючи особливості популяції хворих на ЛАГ в Україні (пізні звернення, помилки в діагностиці, недоступність препаратів для специфічної терапії для більшості пацієнтів, відсутність системи диспансерного спостереження тощо), що робить її принципово відмінною від країн Євросоюзу та Північної Америки, становлять

інтерес дані, отримані при КПС у такого контингенту хворих. У доступній літературі ми не знайшли відомостей про подібні вітчизняні дослідження. Сучасний стан знань щодо безпечності процедури КПС у пацієнтів із легеневою гіпертензією в Україні ґрунтується переважно на одноцентрових ретроспективних аналізах з відносно невеликими розмірами вибірки [2].

Мета роботи – здійснити критичний перегляд власного досвіду, його відповідності чинним рекомендаціям і даним міжнародних реєстрів, а також оцінити показники легеневої та системної гемодинаміки, отримані у хворих на легеневу артеріальну гіпертензію в Україні.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

За 5 років 220 процедур катетеризації правих відділів серця і легеневої артерії виконано 195 пацієнтам із середньою або високою ймовірністю ЛАГ за даними ехокардіографії (ЕхоКГ) відповідно до сучасних європейських рекомендацій [5]. Усі пацієнти були госпіталізовані в Центр легеневої гіпертензії, що на базі ННЦ «Інститут кардіології імені акад. М.Д. Стражеска» НАМН України, з підозрою на наявність ЛАГ (первинно), або із погіршенням перебігу захворювання (повторно), або для підтвердження статусу вазореактивності (повторно). Ми не проводили КПС амбулаторним хворим, як це доволі часто практикується в деяких країнах.

До виконання процедури КПС усім хворим виконували ЕхоКГ на апараті Artida (Toshiba, Японія) – за методикою, рекомендованою у спільній постанові Американського товариства фахівців з ехокардіографії та Європейського товариства кардіологів [12]. При обстеженні пацієнти перебували в положенні на лівому боці. Розміри правого та лівого шлуночків вимірювали в кінці діастолі, визначеної за хвилию R на ЕКГ. Діастолічний діа-

Таблиця 1

Гемодинамічні критерії діагнозу легеневої гіпертензії

Визначення	Характеристики	Клінічні групи
Прекапілярна легенева гіпертензія	СерТЛА > 20 мм рт. ст. ТЗЛА ≤ 15 мм рт. ст. ЛСО ≥ 3 од. Вуда	1, 3, 4 і 5
Ізольована посткапілярна легенева гіпертензія	СерТЛА > 20 мм рт. ст. ТЗЛА > 15 мм рт. ст. ЛСО < 3 од. Вуда	2, 5
Комбінована пре- і посткапілярна легенева гіпертензія	СерТЛА > 20 мм рт. ст. ТЗЛА > 15 мм рт. ст. ЛСО ≥ 3 од. Вуда	2, 5

СерТЛА – середній тиск у легеневій артерії.

Таблиця 2

Ехокардіографічна ймовірність легеневої гіпертензії в пацієнтів із симптомами, підозрілими на легеневу гіпертензію

Максимальна швидкість трикуспідальної регургітації, м/с	Наявність інших ехокардіографічних ознак ЛГ*	Ехокардіографічна ймовірність ЛГ
≤ 2,8 або не піддається вимірюванню	Немає	Низька
≤ 2,8 або не піддається вимірюванню	Є	Проміжна
2,9–3,4	Немає	Проміжна
2,9–3,4	Є	Висока
> 3,4	Не потребуються	Висока

* Див. табл. 3. ЛГ – легенева гіпертензія.

Таблиця 3

Ехокардіографічні ознаки, що свідчать про легеневу гіпертензію, які використовуються для оцінювання ймовірності легеневої гіпертензії на додаток до вимірювання швидкості трикуспідальної регургітації

Шлуночки	Легенева артерія	Нижня порожниста вена та праве передсердя
Відношення базального діаметра правого шлуночка до базального діаметра лівого шлуночка > 1,0	Час прискорення відтоку із правого шлуночка за Допплером < 105 мс та/або наявність середньосистолічної зазубрини	Діаметр НПВ > 21 мм зі зменшеним її спаданням при вдиху (< 50 % під час форсованого вдиху або < 20 % під час повільного вдиху)
Сплющення міжшлуночкової перегородки (показник ексцентричності лівого шлуночка > 1,1 у систолу та/або діастолу)	Швидкість ранньої діастолічної легеневої регургітації > 2,2 м/с	Площа правого передсердя (наприкінці систоли) > 18 см ²
Діаметр легеневої артерії > 25 мм		

метр правого шлуночка вимірювали перпендикулярно від перегородки шлуночків до його вільної стінки на половині довжини перегородки. Розраховували базальне відношення діаметрів правого та лівого шлуночків. За стандартною методикою, коли це було можливо, обчислювали кінцеводіастолічний (КДО) та кінцевосистолічний (КСО) об'єми лівого шлуночка (ЛШ). Розраховували величину ударного об'єму (УО) та хвилинного об'єму кровотоку (ХОК) за допомогою ЕхоКГ:

$$УО = КДО - КСО;$$

$$ХОК = УО \cdot ЧСС,$$

де ЧСС – частота серцевих скорочень за електрокардіограмою.

Рівень систолічного тиску в легеневій артерії (СТЛА) методом ЕхоКГ оцінювали на підставі визначення максимальної швидкості трикуспідальної регургітації (ШТР) з урахуванням тиску в правому передсерді (центральный венозний тиск, ЦВТ) за рекомендованою методикою [12]. Отримані величини використовували для розрахунку за спрощеним рівнянням Бернуллі:

$$СТЛА = 4 \cdot (ШТР)^2 + ЦВТ.$$

Величину ЦВТ визначали за допомогою ЕхоКГ згідно із зазначеними вище рекомендаціями, ґрунтуючись на діаметрі й респіраторних коливаннях діаметра нижньої порожнистої вени (НПВ): при діаметрі НПВ < 2,1 см та інспіраторному спаданні > 50 % під час глибокого вдиху нормальним тиском є 3 мм рт. ст. (діапазон 0–5 мм рт. ст.). Тоді як при діаметрі НПВ > 2,1 см та інспіраторному спаданні під час глибокого вдиху < 50 % або < 20 % під час спокійного вдиху визначали високий рівень ЦВТ до 15 мм рт. ст. (діапазон 10–20 мм рт. ст.). У разі, якщо діаметр НПВ та інспіраторне спадання не вписувалися в цю концепцію, використовували проміжну величину – 8 мм рт. ст. (діапазон 5–10 мм рт. ст.).

Результатом ЕхоКГ ставав висновок про ймовірність наявності ЛАГ (мало ймовірна, ймовірна та високо ймовірна) відповідно до сучасних рекомендацій (табл. 2, 3) [4, 12].

Для КПС застосовували чотирипросвітні термодилуційні катетери Свана – Ганца (Edwards LifeSciences, Argon – США або В. Braun – Німеччина) розміром 5F–7,5F залежно від розміру

тіла пацієнта. Для моніторингу стану пацієнта та визначення показників гемодинаміки при КПС використовували реанімаційно-хірургічний монітор ЮМ 300 I15 виробництва «Ютас» (Україна) із вбудованими електронними блоками інвазивного вимірювання артеріального тиску (АТ) та термодилуції.

Процедуру КПС в умовах рентгеноопераційної виконували за таким протоколом:

1. Після місцевої анестезії за методом Сельдингера катетеризували магістральну вену шиї (перевагу надавали катетеризації правої внутрішньої яремної вени, у низці випадків – правої підключичної вени доступом згори) та вводили інтродюсер відповідного розміру. Розмір інтродюсера був мінімум на 0,5 розміру більшим за розмір катетера Свана – Ганца, який використовували.

2. Через інтродюсер вводили катетер Свана – Ганца зі здутим балоном до рівня правого передсердя (приблизно на 20 см), проводили рентгеноскопічний контроль місця розташування кінчика катетера. За необхідності проводили корекцію його положення. Після чого приєднували дистальний порт катетера до каліброваного датчика визначення інвазивного тиску. Використовували одно-разові одноканальні датчики D-DP.ED-1 («Допомога-1», Україна – Китай). Вимірювали середній тиск у правому передсерді – ЦВТ (рис. 1).

3. Катетер проводили через праві відділи серця до стовбура або основних гілок легеневої артерії. Для проведення роздували балон на кінці катетера, а також попередньо заповнювали фізіологічним розчином другий канал катетера. Проводили вимірювання систолічного та діастолічного тиску в правому шлуночку (рис. 2). Далі під рентгеноскопічним контролем кінець катетера із роздутим балоном проводили через клапан легеневої артерії в стовбур або головну гілку легеневої артерії (рис. 3). Вимірювали діастолічний тиск у легеневій артерії (ДТЛА), СТЛА та СерТЛА.

4. Для вимірювання ТЗЛА катетер під рентгеноскопічним контролем проводили далі на 15–25 см в одну із сегментарних гілок легеневої артерії (справа або зліва) до досягнення характерної графіки тиску заклинювання. Проводили вимірювання ТЗЛА (рис. 4). Після цього балон здували і під рентгеноскопічним контролем катетер підтягували назад до попереднього положення в магістральній гілці легеневої артерії.

5. Рівень серцевого викиду визначали методом термодилуції. Використовували охолоджений до 4° С фізіологічний розчин. Комп'ютер, вбудований у монітор, за отриманою кривою зміни температури

крові автоматично обчислював величини ХОК. Вимірювання проводили 3–4 рази і для подальших розрахунків використовували середню величину ХОК.

6. Системний АТ вимірювали осцилометричним методом за допомогою вбудованого в монітор блока неінвазивного вимірювання АТ. Для розрахунків рівень АТ вимірювали тричі й використовували середнє значення.

7. Проводили забір крові з легеневої артерії та стегнової артерії для визначення газового складу крові та кислотно-лужного балансу за стандартною методикою. При підозрі на наявність внутрішньосерцевих шунтів забір крові проводили з різних ділянок передсердя та правого шлуночка, верхньої та нижньої порожнистої вен.

8. На підставі отриманих результатів вимірювання тиску в правих відділах серця та легеневої артерії, а також величини ХОК обчислювали показники гемодинаміки.

9. Частині хворих з ідіопатичною ЛАГ при відповідних початкових величинах показників гемодинаміки проводили тест на вазореактивність, під час якого вимірювали тиск у легеневій артерії та ХОК до і після інгаляції 20 мкг ілопросту («Вентавіс», Bayer, ФРН) протягом 10–15 хв. Оцінювання тесту проводили за загально рекомендованими критеріями [5].

Розрахунок показників гемодинаміки проводили за такими формулами:

Площа тіла (St):

$$St (m^2) = \text{маса тіла (кг)}^{0,425} \times \text{зріст (см)}^{0,725} \times 0,007184.$$

Серцевий індекс (CI):

$$CI (л \cdot хв \cdot м^{-2}) = ХОК / St.$$

Легеневий судинний опір (ЛСО):

$$ЛСО = (СерТЛА - ТЗЛА) / ХОК,$$

виражений в одиницях Вуда або в дин · с · см⁻⁵ (1 од. Вуда = 80 дин · с · см⁻⁵).

Загальний системний опір (ЗСО):

$$ЗСО = (АТсер - ЦВТ) / ХОК,$$

виражений в одиницях Вуда або в дин · с · см⁻⁵ (1 од. Вуда = 80 дин · с · см⁻⁵).

Газовий склад крові та показники кислотно-лужного балансу визначали за стандартною методикою на аналізаторі ABL 735 (Radiometer, Данія).

Статистичне опрацювання даних проводили за допомогою програми Statistica після створення бази даних у програмі Excel. Використовували середні величини, середнє відхилення та середню похибку. Кореляційний аналіз проводили за Пірсоном. Для визначення статистичної значущості різниці між показниками використовували критерій Стюдента.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Доступ і процедура. Проведено 220 успішних процедур катетеризації. Первинну (діагностичну) катетеризацію провели у 195 хворих, повторну – у 25 хворих для уточнення погіршення для прийняття рішення щодо ескалації специфічної терапії або стабільності вазореактивності. У всіх хворих на момент проведення процедури був синусовий ритм.

В одного пацієнта через анатомічні особливості (зріст 170 см та маса тіла 125 кг) не вдалося провести катетеризацію яремної або підключичної вени (феморальний доступ навіть не обговорювався), і він був вилучений із подальшого дослідження.

У більшості випадків ми використовували доступ через праву внутрішню яремну вену (у 198 (90 %) пацієнтів), у деяких хворих унаслідок невдалої пункції яремної вени – через праву підключичну вену 17 (7,7 %), у 1 (0,5 %) хворого – через стегнову вену та у 4 (1,8 %) – через ліву підключичну вену (у 1 хворого були дані про тромбоз правої підключичної вени, у 1 – природжена аномалія розташування правої яремної вени та у 2 – неможливість пункції правої яремної вени).

Доступ через праву внутрішню яремну вену, на нашу думку, має певні переваги: короткий прямий шлях до правих відділів серця, легка керованість катетером, практична неможливість виникнення таких ускладнень, як пневмо- або гемоторакс, більш зручний гемостаз, легка ультразвукова візуалізація перед катетеризацією. Для проведення повторної катетеризації ми використовували той самий доступ, що і при первинній.

Ми перейшли до обов'язкової візуалізації правої внутрішньої яремної вени перед катетеризацією після перших 50 успішних процедур КПС, і в подальшому у 4 випадках нам вдалося попередити певні труднощі, які могли б виникнути при спробі катетеризації (аномалія розвитку венозної системи, наявність тромбу у вені до КПС тощо). У серії перших 50 пацієнтів (без ультразвукової візуалізації) у 2 (0,9 %) хворих під час КПС була помилкова пункція сонної артерії, яка не мала подальших клінічних наслідків. Жоден із наших пацієнтів не потребував гемотрансфузії або інфузійної терапії. У подальшому при застосуванні ультразвукової візуалізації помилкових пункцій артерії не було. Також ми не спостерігали температурних реакцій та інфекційних ускладнень: катетер та інтродюсер видаляли відразу ж після завершення процедури.

Окрім згаданого випадку неможливості успішної пункції вен шиї, при проведенні катетеризації в 3 (1,36 %) пацієнтів зафіксовано незначну гематому в ділянці пункції, попри те, що всім пацієнтам, які приймали пероральні антикоагулянти, їх відміняли

мінімум за 48 год до процедури. У деяких пацієнтів на період відміни оральних антикоагулянтів використовували низькомолекулярні гепарини, крім дня перед початком процедури. Тромботичних ускладнень після КПС ми не спостерігали. Також ми не спостерігали ускладнень процедури, які б могли створити загрозу життю пацієнтів. Таким чином, кількість ускладнень при виконанні КПС у цій серії пацієнтів була зіставною з даними міжнародних реєстрів: усі ускладнення – 1,1 % та смертельні ускладнення – 0,055 % [9, 15].

Важливим моментом, який слід враховувати при катетеризації у хворих на ЛАГ, є те, що при тривалому існуванні захворювання спостерігаються помітні анатомічні зміни правих відділів серця: значне збільшення розміру правого передсердя, правого шлуночка та легеневої артерії. Праве передсердя розширюється вправо, вліво і вниз, а правий шлуночок – частково зміщується вліво і вниз. Отвір трикуспідального клапана значно розширюється та зміщується вліво і вниз, а отвір клапана легеневої артерії – вліво і догори (*див. рис. 1–4*) [1]. Крім того, гіпертрофія правого шлуночка супроводжується значним збільшенням його трабекулярності, що може створювати значні перешкоди при проходженні катетера через його збільшену порожнину. На *рис. 5* представлено секційний матеріал хворої, померлої від ЛАГ, що прогресувала, який ілюструє вищезгадані анатомічні особливості серця при цій патології.

Зміни анатомічного розміру порожнин правих відділів призводять до змін функціональних властивостей як трикуспідального, так і клапана легеневої артерії – розвивається значна регургітація, яка так само може суттєво впливати на проходження катетера через ці клапанні отвори. При проходженні катетера через відповідні порожнини серця нечасто спостерігалася відповідна до положення кінчика катетера естрасистолічна аритмія: правопередсердна – 15 % та правошлуночкова – 25 %. Вважають, що екстрасистоля виникає внаслідок механічного подразнення стінок серця, тому найкращим способом її усунення є зміна положення кінчика катетера. Ми не спостерігали епізодів суправентрикулярних або шлуночкових тахікардій, а також не було необхідності застосування антиаритмічних засобів.

Максимально точне визначення рівня ТЗЛА при КПС є вкрай важливим, оскільки на основі його величини визначаються параметри, які використовують для диференціації пре- та посткапілярної ЛГ. Цей параметр також є основним, оскільки безпечність та ефективність терапії, орієнтованої на хворих на ЛАГ, не були підтверджені в пацієнтів з іншими формами ЛГ (при ураженні лівих відділів серця або паренхіми легень).

Водночас технічно отримати точне та якісне значення ТЗЛА не завжди легко чи можливо. У літературі сформульовано 5 вимог до правильного вимірювання ТЗЛА: 1) ТЗЛА менший за діастолічний тиск у легеневій артерії; 2) форма хвилі тиску подібна до форми хвилі тиску в передсерді; 3) при флюороскопії положення кінчика катетера є фіксованим і не змінюється після ін'єкції фізіологічного розчину; 4) присутній вільний потік через дистальний просвіт катетера; 5) з дистального порту, поки катетер розташований в оклюзійному положенні, можливо отримання крові з високим насиченням киснем [14].

Технічно принциповим чинником точного вимірювання є наявність безперервного стовпчика рідини між кінчиком катетера та лівим передсердям. Однак легені складаються з трьох чітких зон фізіологічного тиску з різним співвідношенням тиску в альвеолах, легеневій артерії та легеневих венах (легеневі зони Веста). Зона 1 розташована у верхівці легень, де тиск в альвеолах може перевищувати середній тиск у легеневій артерії та легеневий венозний тиск. Зона 2 розташована в центральній частині легень, а тиск у легеневій артерії перевищує тиск в альвеолах, який своєю чергою перевищує легеневий венозний тиск. Розташування кінчика катетера в цих зонах не рекомендується для оцінювання ТЗЛА, оскільки на підставі наведених співвідношень тиску може спостерігатися спадання капілярів і може бути відсутнім прямий стовпчик крові між лівим передсердям і вклинилим кінчиком катетера. Зона 3 легені представлена основою легені, де альвеолярний тиск нижчий, ніж у легеневій артерії та легеневий венозний тиск, що дозволяє передавати тиск безпосередньо з лівого передсердя до вклиненого кінчика катетера. Зона 3 легень – це місце, де ТЗЛА найбільш точно відображає тиск у лівому передсерді [19]. На щастя, в більшості пацієнтів у положенні лежачи на столі при катетеризації серця більша частина легень розташована в зоні 3. Крім того, оскільки більша частина крові протікає через цю зону, кінчик балонного катетера частіше запливає в неї (див. рис. 4, 5).

Інші труднощі при вимірюванні ТЗЛА у хворих на ЛГ обумовлені розширенням (часто нерівномірним, особливо у хворих на хронічну тромбоемболічну легеневу гіпертензію (ХТЕЛГ)) проксимальної легеневої судинної системи, що часто може заважати повній оклюзії відповідної артерії балоном. У всіх випадках, коли ТЗЛА при вимірюванні не відповідав 4 із 5 наведених критеріїв, ми використовували такий прийом: здували балон, підтягували кінчик катетера до рівня стовбура легеневої артерії, після чого балон роздували знову і намагалися просунути катетер в іншу частину судинного

русла легень до отримання чіткої форми кривої тиску та стабільного його значення [19]. А в деяких випадках навіть змінювали сторону – легеню, в яку проводили катетер (див. рис. 6). Враховуючи наш досвід, можемо стверджувати, що без отримання точного значення ТЗЛА процедуру катетеризації не можна вважати успішно виконаною.

Ще раз слід наголосити, що ми проводили процедуру КПС тільки госпіталізованим хворим. Усі пацієнти після КПС були виписані додому через 1–3 дні після процедури. Перелічені вище ускладнення процедури жодним чином не вплинули на тривалість перебування хворих у стаціонарі.

Нозологія. Діагноз ЛГ підтверджено у 178 пацієнтів. У 17 пацієнтів за результатами КПС діагноз ЛАГ був знятий: величина СерТЛА була менше 20 мм рт. ст. При цьому, за даними ЕхоКГ, розрахункове значення СТЛА було більше 45 мм рт. ст., а при КПС – менше 30 мм рт. ст.

Структура нозологій у хворих, яким було виконано КПС, була такою:

- ідіопатична ЛАГ спостерігалася у 68 (38 %) пацієнтів, з них 11 (6 %) – вазореактивних;
- ЛАГ, асоційована із захворюваннями сполучної тканини, – 21 (12 %) пацієнта;
- ЛАГ, асоційована з ВІЛ-інфекцією, – у 4 (2 %) пацієнтів;
- ЛАГ, асоційована з портальною гіпертензією, – у 4 (2 %) пацієнтів;
- ЛАГ, асоційована з природженими вадами серця, – у 26 (15 %) пацієнтів;
- ХТЕЛГ – у 50 (28 %) пацієнтів.

Ми не проводили планово процедуру КПС у пацієнтів із явними захворюваннями лівої половини серця або хронічними захворюваннями легень, але в низці випадків, коли діагноз був сумнівним, були вимушені проводити катетеризацію для діагностичних цілей, і цих випадках власне за її результатами було встановлено діагноз: захворювання лівої половини серця (клінічна група 2) – у 5 (3 %) хворих.

Клінічні дані пацієнтів з різними формами ЛАГ у загальній популяції обстежених пацієнтів представлено в табл. 4.

Тест на вазореактивність. Тест на вазореактивність за описаною вище методикою було проведено у 33 хворих на ідіопатичну ЛАГ, з них у 11 (33 %) він був позитивним. У всіх цих пацієнтів через 3–6 місяців ми повторювали процедуру КПС і повторно аналізували результати тесту для того, щоб оцінити можливість продовження лікування антагоністами кальцію. У 2 (18 %) хворих при повторному дослідженні тест на вазореактивність став негативним, і цим пацієнтам ми були вимушені призначити специфічну терапію ЛАГ. Початково ми не проводили тест на вазореактивність пацієнтів

Таблиця 4

Клінічні дані пацієнтів з різними формами легеневої гіпертензії, яким було проведено катетеризацію правих відділів серця

Показник	ІЛАГ (усі) (n=68)	ІЛАГ (не вазоре- активні) (n=57)	ІЛАГ (вазоре- активні) (n=11)	ЛАГ, асо- ційована із ЗСТ (n=21)	ЛАГ, асо- ційована з ВІЛ (n=4)	ЛАГ, асоційо- вана з ПГ (n=4)	ЛАГ, асо- ційована з ПВС (n=26)	ХТЕЛГ (n=50)	ЛГ уна- слідок ЗЛВС (n=5)	Без ЛГ (n=17)
Ступінь ЛГ										
I	5 (7 %)	3 (5 %)	2 (18 %)	10 (48 %)	–	2 (50 %)	5 (19 %)	8 (16 %)	1 (20 %)	–
II	28 (41 %)	19 (33 %)	9 (82 %)	7 (33 %)	1 (25 %)	1 (25 %)	6 (23 %)	30 (60 %)	2 (40 %)	–
III	35 (52 %)	35 (62 %)	–	4 (19 %)	3 (75 %)	1 (25 %)	15 (58 %)	12 (24 %)	2 (40 %)	–
ФК за ВООЗ										
I	2 (3 %)	2 (3 %)	–	–	–	–	–	–	–	10 (59 %)
II	12 (18 %)	8 (14 %)	4 (36 %)	3 (14 %)	–	1 (25 %)	7 (27 %)	10 (20 %)	1 (20 %)	7 (41 %)
III	49 (72 %)	42 (74 %)	7 (64 %)	17 (81 %)	3 (75 %)	2 (50 %)	18 (69 %)	40 (80 %)	3 (60 %)	–
IV	5 (7 %)	5 (9 %)	–	1 (5 %)	1 (25 %)	1 (25 %)	1 (4 %)	–	1 (20 %)	–
ФП	1 (2 %)	1 (2 %)	–	2 (10 %)	–	–	3 (12 %)	7 (14 %)	2 (40 %)	–
ЗДС	16 (24 %)	10 (18 %)	6 (55 %)	1 (5 %)	2 (50 %)	2 (50 %)	9 (35 %)	12 (24 %)	1 (20 %)	5 (29 %)
Синко- пальні стани	17 (25 %)	11 (19 %)	6 (55 %)	3 (14 %)	1 (25 %)	–	5 (19 %)	4 (8 %)	–	–

ІЛАГ – ідіопатична легенева артеріальна гіпертензія; ЗСТ – захворювання сполучної тканини; ВІЛ – вірус імунодефіциту людини; ПГ – портальна гіпертензія; ПВС – природжені вади серця; ХТЕЛГ – хронічна тромбоемболічна легенева гіпертензія; ЛГ – легенева гіпертензія; ЗЛВС – захворювання лівих відділів серця; ФК – функціональний клас; ЗДС – залізодефіцитний стан; ФП – фібриляція передсердь (пароксизмальна).

ентам із низькими значеннями СІ ($< 2,0 \text{ л} \cdot \text{хв} \cdot \text{м}^{-2}$) та рівнем СерТЛА $\geq 65 \text{ мм рт. ст.}$, через високу ймовірність негативного результату та розвитку ускладнень тесту, пов'язаних зі зниженням серцевого викиду.

Вибір ілопросту для вазореактивного тестування в нашому дослідженні був зумовлений не тільки його присутністю на ринку України. За даними Z. Jing та співавторів, як аденозин, так і ілопрост приводили до значного зниження СерТЛА та ЛСО та значного збільшення СІ. При цьому побічні ефекти були в більшості пацієнтів при тестуванні з аденозином, і поодинокі випадки з ілопростом. Більше того, тест з ілопростом вия-

вив більше хворих із гострою відповіддю, ніж інфузійний аденозин, відповідно до критеріїв, рекомендованих в останніх рекомендаціях щодо консенсусу [10].

Результати вазореактивного тесту наведено в *табл. 5*.

Початково за показниками гемодинаміки пацієнти вазореактивної підгрупи мали менший СТЛА та СерТЛА відповідно на 17 та 11 мм рт. ст. (різниця на межі статистичної значущості: $p=0,06$) та тенденцію до більшого показника СІ. У хворих із позитивним вазодилататорним тестом СерТЛА знизився у середньому на 21,8 мм рт. ст. – до 26,5 мм рт. ст. ($p<0,0001$), при цьому СІ збільшився на

Таблиця 5

Результати вазореактивного тесту в підгрупах з позитивним і негативним його результатом

Показник	Вазореактивні (n=11)		Не вазореактивні (n=22)	
	До тесту	Після тесту	До тесту	Після тесту
СТЛА, мм рт. ст.	72,5±3,5	44,4±3,5*	89,6±3,9	78,9±3,7
ДТЛА, мм рт. ст.	33,8±2,0	17,5±1,6*	43,6±1,9	38,2±2,1
СерТЛА, мм рт. ст.	48,3±2,4	26,5±2,1*	59,3±2,4	52,1±2,5
СІ, л · хв · м ⁻²	2,9±0,2	3,8±0,4	2,4±0,1	2,4±0,1
ЛСО, од. Вуда	9,1±0,9	2,7±0,5*	12,6±0,8	9,1±0,4

* Різниця показників між початковими даними та результатом після вазореактивного тесту статистично значуща ($p<0,0001$).

31 % – до $3,8 \text{ л} \cdot \text{хв} \cdot \text{м}^{-2}$ ($p < 0,1$). ЛСО знизився на 6,4 од. Вуда – до 2,7 од. Вуда ($p < 0,0001$). У хворих із негативним результатом тесту зниження СерТЛА і ЛСО було статистично не значущим ($p > 0,05$), а змін СІ не виявлено.

Ми не спостерігали ускладнень при проведенні тесту, можливо, через указану вище селекцію хворих для його проведення.

У 2005 р. O. Sitbon та співавтори [18] у великій серії з 557 пацієнтів з ЛГ продемонстрували, що гостра вазодилататорна реакція може спостерігатися у 12,5 % хворих на ідіопатичну ЛАГ, а загалом у 6,8 % пацієнтів відзначається тривале клінічне та гемодинамічне поліпшення при тривалому прийомі антагоністів кальцію. Це дослідження визначило оптимальні сучасні критерії для оцінювання гострої вазодилататорної проби.

Експертний консенсусний документ Американської колегії кардіологів та Американської асоціації серця, опублікований у 2009 р., рекомендує проводити тест на вазореактивність усім пацієнтам з ідіопатичною ЛАГ [13]. Ця позиція також підтримується європейськими рекомендаціями, які на додаток до хворих на ідіопатичну ЛАГ також рекомендують проводити тестування в пацієнтів зі спадковою ЛАГ та ЛАГ, асоційованою з прийомом лікарських засобів [6, 20]. Більшість доказових даних щодо тестування на вазореактивність випливає із даних досліджень у хворих на ідіопатичну ЛАГ. Усі настанови не рекомендують тестування на вазореактивність в інших групах легеневої гіпертензії (тобто групах 2, 3, 4 і 5). Це особливо важливо для пацієнтів із підвищеним тиском наповнення лівих відділів, ТЗЛА (група 2), в яких антагоністи кальцію можуть мати негативний ефект. Однак гостра відповідь на вазодилататори не прогнозує тривалу реакцію на лікування в пацієнтів з ЛАГ, асоційованою із захворюваннями сполучної тканини, легеневою венооклюзійною хворобою, гемангіоматозом легеневих капілярів та природженими вадами серця, в яких призначення терапії антагоністами кальцію може призводити до клінічного погіршення.

Патофізіологія ЛАГ із вазореактивністю залишається невідомою. Нещодавно A.R. Hemnes та співавтори показали, що ЛАГ з вазореактивністю

Конфлікту інтересів немає.

Участь авторів: концепція і проєкт дослідження – Ю.С., Г.Р.; збір матеріалу – Ю.С., І.Ж.; написання тексту, формування висновків, огляд літератури – Ю.С.; статистичне опрацювання даних – І.Ж., Г.Р.; редагування тексту – І.Ж.

Література

1. Митрофанова Л.Б., Аминев Х.К. Макроскопический и органометрический анализ сердца в патологии: пособие для врачей / Под ред. Г.Б. Ковальского. – Санкт-Петербург: ГПАБ, 1998. – 60 с.
2. Сіренко Ю.М., Радченко Г.Д., Живилю І.О. та ін. Досвід катетеризації правих відділів серця та легеневої артерії у хворих на легеневу гіпертензію // Серце і судини. – 2016. – № 4. – С. 23–29.

характеризувалася специфічними ознаками, виявленими в крові (за допомогою ДНК-мікрочіпів культивованих лімфоцитів) та різними варіантами генів (виявлених методом секвестрування екзому) порівняно з ідіопатичною ЛАГ [7]. Ці результати свідчать про особливу сутність такого типу захворювання із чітким клінічним перебігом, що характеризується значно кращим прогнозом, специфічним лікуванням та відмінною патофізіологією, що врешті-решт привело до виділення цієї підгрупи хворих в окрему категорію.

У літературі наведено дані про проведення тесту із вазодилатацією у хворих із іншими формами ЛАГ та при ХТЕЛГ, але водночас підкреслено, що його результати для цих пацієнтів не мають значення ні для прогнозу, ні для вибору засобів лікування [11]. Відповідно для реальної клінічної практики таке тестування не показано і може бути пов'язане з виникненням певних ускладнень при його проведенні.

ВИСНОВКИ

1. На підставі досвіду Центру легеневої гіпертензії, оцінювання гемодинаміки за допомогою катетеризації правих відділів серця і легеневої артерії є безпечним і залишається діагностичним стандартом для легеневої артеріальної гіпертензії. Зокрема, катетеризація правих відділів серця необхідна для узгодженого аналізу 4 показників, що мають критичне значення для клінічного профілю пацієнтів з легеневою артеріальною гіпертензією: тиск у правому передсерді, легеневий судинний опір, рівень серцевого викиду та тиск заклинювання в легеневій артерії.

2. У пацієнтів з ідіопатичною легеневою артеріальною гіпертензією також необхідно оцінювати вазореактивність для прогнозування чутливості до терапії антагоністами кальцію, наявність якої пов'язана з кращими результатами лікування та виживаності.

3. Відповідність виконання процедури катетеризації правих відділів серця та вазореактивного тестування прописаним у настановах стандартам гарантує оптимально безпечне використання її у клінічній практиці в спеціалізованому центрі.

3. Chatterjee K. Swan-Ganz catheters: past, present, and future: a viewpoint // *Circulation*.– 2009.– Vol. 119.– P. 147–152. doi: 10.1161/circulationaha.108.811141.
4. Frost A., Badesch D., Gibbs J.S.R. et al. Diagnosis of pulmonary hypertension // *Eur. Respir. J.*– 2019.– Vol. 53.– P. 1801904. doi.org/10.1183/13993003.01904-2018
5. Gaine S.P., Naeije R., Peacock A.J. *The Right Heart*. – London: Springer-Verlag, 2014. – 323 p. doi: 10.1007/978-1-4471-2398-9.
6. Galie N., Humbert M., Vachiery J.L. 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. Respir. J.*– 2015.– Vol. 46.– P. 903–975. doi: 10.1183/13993003.51032-2015.
7. Hemnes A.R., Zhao M., West J. et al. Critical genomic networks and vasoreactive variants in idiopathic pulmonary arterial hypertension // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*– 2016.– Vol. 194.– P. 464–475. doi: 10.1164/rccm.201508-1678oc.
8. Hoeper M.M., Bogaard H.J., Condliffe R. et al. Definitions and diagnosis of pulmonary hypertension // *J. Am. Coll. Cardiol.*– 2013.– Vol. 62 (25).– P. 42–50. doi: 10.1016/j.jacc.2013.10.032.
9. Hoeper M.M., Lee S.H., Voswinckel R. et al. Complications of right heart catheterization procedures in patients with pulmonary hypertension in experienced centers // *J. Am. Coll. Cardiol.*– 2006.– Vol. 48.– P. 46–52. doi: 10.1016/s0734-3299(08)70488-x.
10. Jing Z.C., Jiang X., Han Z.Y. et al. Iloprost for pulmonary vasodilator testing in idiopathic pulmonary hypertension // *Eur. Respir. J.*– 2009.– Vol. 33 (6).– P. 1354–1360. doi: 10.1183/09031936.00169608.
11. Lang I.M. Measuring vasoreactivity in pulmonary hypertension: a simple test, but do we understand it? // *J. Heart Lung Transplant.*– 2015.– Vol. 34 (3).– P. 306–307. doi: 10.1016/j.healun.2014.12.002.
12. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // *J. Am. Soc. Echocardiogr.*– 2015.– Vol. 28 (1).– P. 1–39. doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
13. McLaughlin V.V., Archer S.L., Badesch D.B. et al. ACCF/AHA 2009 expert consensus document on pulmonary hypertension a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents and the American Heart Association developed in collaboration with the American College of Chest Physicians, American Thoracic Society and the Pulmonary Hypertension Association // *J. Am. Coll. Cardiol.*– 2009.– Vol. 53 (17).– P. 1573–619. doi: 10.1016/j.jacc.2009.01.004.
14. Morris A.H., Chapman R.H., Gardner R.M. Frequency of technical problems encountered in the measurement of pulmonary artery wedge pressure // *Crit. Care Med.*– 1984.– Vol. 12 (3).– P. 164–170. doi: 10.1097/00003246-198403000-00003.
15. Nossaman B.D., Scruggs B.A., Nossaman V.E. et al. History of Right Heart Catheterization: 100 Years of Experimentation and Methodology Development // *CARDIOL. REV.*– 2010.– Vol. 18(2).– P. 94–101. doi: 10.1097/crd.0b013e3181ceff67.
16. Rosenkranz S., Behr J., Ewert R. et al. Rechtsherzkatheter-Untersuchung bei pulmonaler Hypertonie [Right heart catheterization in pulmonary hypertension] // *Dtsch. Med. Wochenschr.*– 2011.– Vol. 136.– P. 2601–2616. doi: 10.1055/s-0031-1292858.
17. Simonneau G., Montani D., Celermajer D.S. et al. Haemodynamic definitions and updated clinical classification of pulmonary hypertension // *Eur. Respir. J.*– 2019.– Vol. 53.– P. 1801913. doi: 10.1183/13993003.01913-2018.
18. Sitbon O., Humbert M., Jaïs X. et al. Long-term response to calcium channel blockers in idiopathic pulmonary arterial hypertension // *Circulation*.– 2005.– Vol. 111.– P. 3105–3111. doi: 10.1016/j.ccr.2005.09.056.
19. Tonelli A.R., Mubarak K.K., Li N. et al. Effect of Balloon Inflation Volume on Pulmonary Artery Occlusion Pressure in Patients With and Without Pulmonary Hypertension // *CHEST*.– 2011.– Vol. 139 (1).– P. 115–121. doi: 10.1378/chest.10-0981.
20. Volk K.W. The assessment of acute vasoreactivity during right heart catheterization for the evaluation of pulmonary arterial hypertension // *Cath. Lab. Digest*.– 2018.– Vol. 26 (May) – online (<https://www.cathlabdigest.com/article/Assessment-Acute-Vasoreactivity-During-Right-Heart-Catheterizations-Evaluation-Pulmonary>).

Диагностическое значение катетеризации правых отделов сердца и легочной артерии у больных с подозрением на легочную гипертензию. Часть 1. Методология выполнения процедуры, нозология заболевания и вазодилататорный тест

Ю.Н. Сиренко, И.А. Живилю, А.Д. Радченко

ГУ «Национальный научный центр “Институт кардиологии имени акад. Н.Д. Стражеско” НАМН Украины», Киев

Цель работы – осуществить критический пересмотр собственного опыта, его соответствия действующим рекомендациям и данным международных реестров, а также оценить показатели легочной и системной гемодинамики, полученные у больных легочной артериальной гипертензией (ЛАГ) в Украине.

Материалы и методы. За 5 лет 220 процедур катетеризации правых отделов сердца и легочной артерии выполнено 195 пациентам со средней или высокой вероятностью ЛАГ по данным эхокардиографии согласно современным рекомендациям. Все пациенты были госпитализированы в центр легочной гипертензии с подозрением на наличие ЛАГ (первично) или с ухудшением течения заболевания (повторно) или для подтверждения статуса вазореактивности (повторно).

Результаты и обсуждение. Проведено 220 успешных процедур катетеризации. Первичную (диагностическую) катетеризацию провели у 195 больных, и повторную – у 25. Диагноз легочной гипертензии был подтвержден у

178 пацієнтів. У 17 пацієнтів по результатам катетеризації діагноз ЛАГ був снят: величина середнього тиску в легочній артерії була менше 20 мм рт. ст. Структура нозології у больних, которым була виконана катетеризація: ідіопатическа ЛАГ була у 68 (38 %) пацієнтів, из них 11 (6 %) – вазореактивних; ЛАГ, асоційована з захворюваннями з'єднательної ткани, – у 21 (12 %) пацієнта; ЛАГ, асоційована з ВІС-інфекцією, – у 4 (2 %) больних; ЛАГ, асоційована з портальною гіпертензією, – у 4 (2 %); ЛАГ, асоційована з вродженими пороками серця, – у 26 (15 %); хроническа тромбоемболіческа легочна гіпертензія – у 50 (28 %). Тест на вазореактивність був проведений у 33 больних с ідіопатическою ЛАГ, из них у 11 (33 %) он був позитивним. У больних с позитивним вазодилататорним тестом середнє тиску в легочній артерії снизилось в середнє на 21,8 мм рт. ст. – до 26,5 мм рт. ст. ($p < 0,0001$), при этом серцевий індекс збільшився на 31 % – до $3,8 \text{ л} \cdot \text{мин} \cdot \text{м}^{-2}$ ($p < 0,1$), легочное судинное спротивлення снизилось на 6,4 ед. Вуда – до 2,7 ед. Вуда ($p < 0,0001$). У больних с отрицательним результатом теста сниженіє середнє тиску в легочній артерії и легочного судинного спротивлення было статистически не значимым ($p > 0,05$), а изменений величини серцевого індекса не виявлено.

Выводы. На основе опыта Центра легочной гипертензии оценка гемодинамики с помощью катетеризации является безопасной и остается диагностическим стандартом для ЛАГ. Катетеризация является необходимой для уточнения 4 показателей, которые имеют критическое значение для клинического профиля пациентов с легочной гипертензией: давление в правом предсердии, легочное судинное спротивлення, серцевий выброс и давление заклинивания в легочній артерії. У пацієнтів с ідіопатическою ЛАГ также необходимо оценивать вазореактивность для прогнозирования чувствительности к терапии антагонистами кальция, наличие которой связано с лучшими результатами лечения и выживаемости.

Ключевые слова: легочна гіпертензія, катетеризація правих відділів серця, легочна артерія, тиску в легочній артерії, вазореактивний тест, серцевий індекс.

Diagnostic value of right heart and pulmonary artery catheterization in patients with suspected pulmonary hypertension. Part 1. Methodology of the procedure, nosology of the diseases and vasoreactivity testing

Yu.M. Sirenko, I.O. Zhyvylo, G.D. Radchenko

National Scientific Center “M.D. Strazhesko Institute of Cardiology” of NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The aim – critical review of our own experience, its compliance with current recommendations and data from international registries, as also assessment of pulmonary and systemic hemodynamics obtained in patients with pulmonary arterial hypertension (PAH) in Ukraine.

Materials and methods. 220 procedures of the right heart and pulmonary artery catheterization were performed in 195 patients with medium or high probability of PAH according to echocardiography in compliance with current recommendations. All patients were hospitalized at National Scientific Center “M.D. Strazhesko Institute of Cardiology” of NAMS of Ukraine with suspected PAH (primary) or with worsening of the disease course (repeatedly) or in order to confirm the status of vasoreactivity (repeated).

Results and discussion. 220 successful catheterization procedures were performed. Primary (diagnostic) right heart catheterization was performed in 195 patients, and repeated – in 25. A diagnosis of pulmonary hypertension was confirmed in 178 patients. In 17 patients, according to the results of catheterization, the diagnosis of PAH was excluded: the mean pressure in the pulmonary artery was less than 20 mm Hg. The structure of nosology in patients who underwent right heart catheterization was as follows: idiopathic PAH was fixed in 68 (38 %) patients, of which 11 (6 %) were vaso-reactive; PAH associated with connective tissue diseases – in 21 (12 %) patients; PAH associated with HIV infection in – 4 (2 %) patients; PAH associated with portal hypertension – in 4 (2 %) patients; PAH associated with congenital heart disease – in 26 (15 %) patients; chronic thromboembolic pulmonary hypertension – in 50 (28 %) patients. Vasoreactivity testing was performed in 33 patients with idiopathic PAH. In 11 of them it was positive (33 %). In patients with a positive vasoreactivity testing, the mean pulmonary artery pressure decreased by an average of 21.8 mm Hg to the level of 26.5 mm Hg ($p < 0.0001$), while the cardiac index increased by 31 % and reached $3.8 \text{ l} \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-2}$ ($p < 0.1$). Pulmonary vascular resistance decreased by 6.4 Wood units to the level of 2.7 Wood units ($p < 0.0001$). In patients with a negative vasoreactivity testing, the decrease in mean pulmonary artery pressure and pulmonary vascular resistance was not statistically significant ($p > 0.05$), and no changes in the cardiac index were detected.

Conclusions. Based on the experience of our center, hemodynamic assessment using catheterization is safe and remains the diagnostic standard for PAH. Catheterization is necessary to clarify 4 parameters that are critical for the clinical profile of patients with pulmonary hypertension: right atrium pressure, pulmonary vascular resistance, cardiac output, pulmonary wedge pressure. Patients with idiopathic PAH also need to have vasoreactivity evaluated in order to predict sensitivity to calcium channel blockers therapy, the presence of which is associated with better treatment and survival outcomes.

Key words: pulmonary hypertension, right heart catheterization, pulmonary artery, pulmonary artery pressure, vasoreactivity testing, cardiac index.