

**Довгань О. М.**<sup>1,2</sup>, д-р. мед. наук, професор, керівник Центру інноваційної кардіохірургії, професор кафедри внутрішньої медицини №4, <https://orcid.org/0000-0002-5815-4382>

**Павловський М. Е.**<sup>1</sup>, керівник Центру Кардіо-ЕКМО, <https://orcid.org/0009-0008-6873-1228>

**Гончаренко А. І.**<sup>1</sup>, лікар-анестезіолог Центру Кардіо-ЕКМО, <https://orcid.org/0009-0006-4361-9366>

**Македон А. В.**<sup>1</sup>, лікар-анестезіолог Центру Кардіо-ЕКМО, <https://orcid.org/0009-0001-6508-2487>

**Пристає Є. В.**<sup>1</sup>, лікар-хірург серцево-судинний Центру інноваційної кардіохірургії, <https://orcid.org/0000-0001-6621-6793>

<sup>1</sup>КЛ «Феофанія» ДУС, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Донецький національний медичний університет, м. Кропивницький, Україна

## Перший досвід застосування екстракорпоральної підтримки кровообігу із використанням PROTEK Duo канюляції у пацієнта з гострою недостатністю правого шлуночка

### Резюме

**Вступ.** Гостра недостатність правого шлуночка є життєво загрозованим станом, який може виникати внаслідок різкого підвищення загального легеневого судинного опору, зокрема через тромбоемболію легеневої артерії. Основна частина пацієнтів із тромбоемболією підлягає лікуванню шляхом тромболітичної терапії, проте в низці випадків перевагу віддають відкритій тромбектомії. Видалення тромбів із легеневого судинного русла та штучний кровообіг можуть провокувати спазм легених артерій та, відповідно, зростання загального легеневого опору, що своєю чергою збільшує післянавантаження на правий шлуночок та може призвести до різкого зниження його насосної функції.

**Мета** – представлення першого досвіду застосування обходу правого шлуночка канюлею PROTEK Duo з метою тимчасової механічної підтримки правого шлуночка.

**Клінічний випадок.** Пацієнту, 63 років, було виконано операцію Штудера з приводу аденокарциноми сечового міхура. На 14-у добу виникла гостра масивна тромбоемболія легеневої артерії з падінням гемодинаміки та наявністю флотною тромба в правому передсерді. Тромболізис мав значні ризики через можливу кровотечу в зоні операції та імовірність фрагментації тромба, у зв'язку з чим було виконано відкрити тромбекстракцію в умовах гіпотермічної зупинки кровообігу. Інтраопераційно в пацієнта розвинулася гостра правошлуночкова недостатність, резистентна до консервативної терапії. Унаслідок цього підключено правошлуночковий обхід за допомогою PROTEK Duo, що дало змогу подолати явища гострої правошлуночкової недостатності в післяопераційному періоді.

**Висновок.** Наш досвід застосування правошлуночкового обходу за допомогою двопроточної канюлі PROTEK Duo демонструє ще одну корисну опцію порятунку пацієнтів з ізольованою недостатністю правого шлуночка.

**Ключові слова:** *тромбоемболія легеневої артерії, тромбектомія з легеневої артерії, недостатність кровообігу, високий легенивий опір, дисфункція правого шлуночка, пристрої механічної підтримки серцевої діяльності.*

**Вступ.** Гостра правошлуночкова недостатність є одним із загрозованих елементів порушення кровообігу у пацієнтів з тромбоемболією легеневої артерії або

інших захворювань, пов'язаних з підвищенням загального легеневого опору.

Дисфункція правого шлуночка (ПШ) виникає внаслідок перевантаження тиском або об'ємом, чи їх комбінацією [1]. Примітно, що тонкостінні камери та менша еластичність структури ПШ краще пристосовуються до змін об'ємного перевантаження, ніж лівого

шлуночка, що робить ПШ більш залежним від післянавантаження [2]. У дорослих людей ПШ не переносить різкого збільшення післянавантаження. Підвищення тиску в легеневій артерії (ЛА) при тромбоемболії ЛА на 20 мм рт. ст. призводить до 30 % зниження ударного об'єму ПШ та до його дилатації і подальшої недостатності з раптовим зменшенням систолічного об'єму ПШ [2].

Сучасні підходи лікування гострої тромбоемболії ЛА переважно полягають у застосуванні тромболітичної та антикоагулянтної терапії. Однак у випадках, де така терапія є протипоказанням (ускладнення внаслідок хірургічних втручань), методом вибору залишається видалення тромбів з ЛА хірургічним шляхом, із застосуванням штучного кровообігу. Після видалення тромбів в умовах штучного кровообігу існує вірогідність реакції легеневого русла у вигляді спазму, через що підвищується загальний легеневий опір, з подальшим збільшенням післянавантаження на ПШ і виникненням гострої правошлуночкової недостатності [3, 4].

Лікування гострої правошлуночкової серцевої недостатності зосереджено на трьох цілях: 1) оптимізації попереднього навантаження; 2) зниженні післянавантаження; 3) покращенні скорочувальної здатності [5]. Основною метою в умовах гострої серцевої недостатності є уникнення системної артеріальної гіпотензії, щоб запобігти наслідкам, таким як ішемія міокарда та подальша артеріальна гіпотензія [6].

**Мета** – висвітлення першого досвіду застосування тимчасової механічної підтримки кровообігу в пацієнта з гострою недостатністю ПШ шляхом застосування обходу правого шлуночка канюлею PROTEK Duo (Cadiac Assist, Inc. Pittsburgh, PA, USA).

**Клінічний випадок.** Хворий О., 63 років, госпіталізований у КЛ «Феофанія» ДУС з приводу злякисного

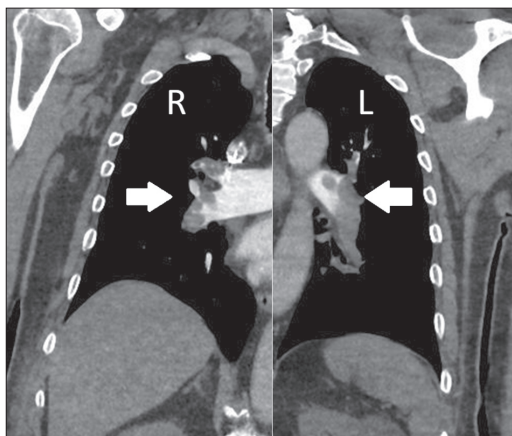
утворення задньої стінки сечового міхура. Йому виконано радикальну цистектомію з ортотопічною кишковою пластиком за Штудером. На 14-у добу після операції виявлено ознаки гострої масивної тромбоемболії обох легеневих артерій і наявність тромботичних мас у правому передсерді (рисунки 1, 2) та виражене падіння гемодинаміки.

В екстреному порядку пацієнту було виконано хірургічне втручання. Проведено серединну стернотомію, розсічено перикард. Ознаки перевантаження правих відділів серця.

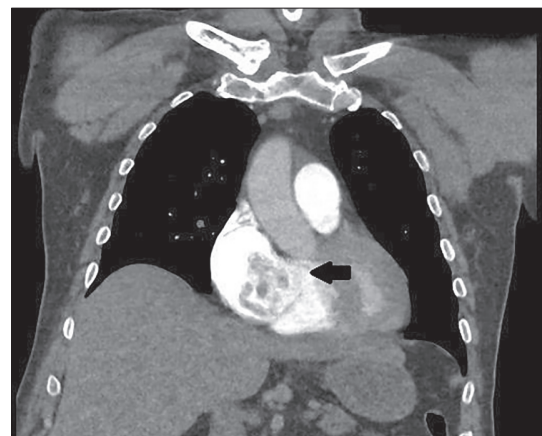
Канюльовані висхідна аорта та обидві порожнисті вени. Запущено апарат штучного кровообігу. Враховуючи глибину поширення тромбоутворення в дистальні відділи легеневих артерій, з метою якісного видалення тромботичних мас, вирішено застосувати на деякий час повну зупинку кровообігу. Для цього хворого охолодили до 20 °С.

Виділені ліва та права легеневі артерії. Після спонтанної зупинки серця внаслідок гіпотермії, розкрито праве передсердя і евакуйовано масивний тромб. Проведено розтин передньої стінки лівої ЛА на повній зупинці кровообігу тривалістю 10 хв, евакуйовано велику кількість тромбів з гілок ЛА до рівня сегментарних артерій. На деякий час відновлено повний кровообіг. Окремим доступом розкрита права ЛА в місці між висхідною аортою та верхньою порожнистою веною. Вдруге зупинено повністю кровообіг (на 10 хвилин) та видалені тромби з гілок правої ЛА, включаючи сегментарні. Ушито розтини на легеневих артеріях та стінки правого передсердя.

Після зігрівання хворого і відновлення серцевої діяльності здійснювались спроби відлучення від штучного кровообігу. Однак незважаючи на застосування



**Рисунок 1.** Зображення комп'ютерної томографії із наявними тромботичними масами в гілках легеневої артерії (вказано білими стрілками): R – права гілка легеневої артерії; L – ліва гілка легеневої артерії



**Рисунок 2.** Зображення комп'ютерної томографії з тромботичними масами в правому передсерді (вказано чорною стрілкою)

іотропної підтримки і легеневих вазодилататорів (dobutamin, milrinon), зберігались ознаки низького серцевого викиду, зумовлені гострою правощлуночковою недостатністю. Оскільки за даними черезстравохідної ехокардіографії скорочувальна функція лівого шлуночка залишалась доброю, то вирішено застосувати механічну підтримку діяльності тільки ПШ. Для цього використали канюлю PROTEKDuo (рисунок 3).

Конструкція такої канюлі полягає в тому, що вона містить два ізольовані один від одного канали. Перший, з дистальним виходом, проводиться в легеневий стовбур. Другий, з декількома вхідними отворами, розташованими проксимально, розміщується в порожнині правого передсердя. Таку канюлю доступом через праву внутрішню яремну вену встановили відповідним чином і обидва канали підключили до двигуна-консоли Braile CentriFlux BR-100. Через один канал кров забирали з правого передсердя, а через інший канал подавали в легеневий стовбур (рисунок 4).

Після підключення обходу ПШ поступово зменшили дози іотропної підтримки (таблиця 1) і відключили штучний кровообіг. Швидкість потоку тримали в межах 4,7 л/хв.

На механічній підтримці правого шлуночка гемодинамічні показники покращились (таблиця 2), що дало змогу значною мірою зменшити дози іотропної підтримки серцевої діяльності.

На 2-й день після операції швидкість насоса зменшили до 3,3 л/хв, а на час стабілізації власної серцевої діяльності (5-а доба після операції) ще зменшили до 2 л/хв. Після такого зменшення не було ознак основних показників гемодинаміки, погіршення скоротливості ПШ та/чи наявності нових тромботичних мас за даними черезстравохідної ехокардіографії. Тому було прийнято рішення відлучити пацієнта від екстракорпоральної підтримки і залишити інфузію невеликих доз іотропної підтримки. На 7-у добу після операції іотропну підтримку відключено і пацієнта переведено з відділення інтенсивної терапії в соматичне відділення, а на 13-у добу виписано під нагляд сімейного лікаря за місцем проживання з відповідними рекомендаціями.

### Таблиця 1

Дози медикаментозної підтримки гемодинаміки на різних етапах післяопераційного періоду

Назва препарату	Дози на час відключення ШК	Дози на час підключення ЕКП ПШ	Дози під час ЕКП ПШ	Дози після відключення ЕКП ПШ
Норадреналін, мкг/кг/хв	0,6	1,2	0,1	0,03
Добутамін, мкг/кг/хв	15	15	3	5
Адреналін, мкг/кг/хв	–	0,2	–	–
Мілринон, мкг/кг/хв	0,35	0,35	–	–

Примітка. ШК – штучний кровообіг, ЕКП – екстракорпоральна підтримка.



Рисунок 3. Фото канюлі: вертикальна стрілка, що показує вниз – отвори для взяття крові; вертикальна стрілка, що показує вгору – отвори для повернення крові [7]

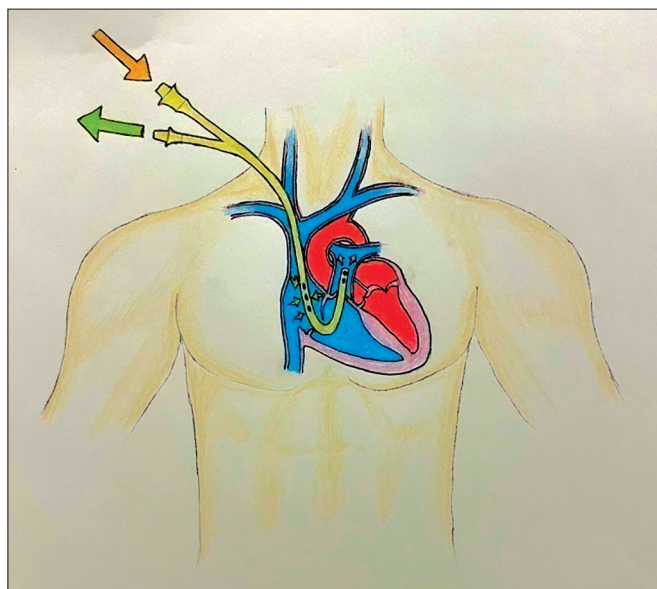


Рисунок 4. Схема встановлення канюлі PROTEKDuo: забірна частина канюлі (масивна стрілка в сторону тіла); поворотна частина канюлі (масивна стрілка від тіла); дрібні стрілки в правому передсерді – взяття крові; дрібні стрілки в легеневій артерії – повернення крові

**Обговорення.** На сьогодні в світі існують декілька пристроїв механічної підтримки діяльності ПШ при гострій недостатності. Їх поділяють на ті, які забезпечують прямий обхід ПШ і непрямий [8]. Непрямий пристрій полягає у використанні методики вено-артеріальної мембранної оксигенації (VA-ЕСМО). Вона є більш громіздкою порівняно з методиками прямого

Таблиця 2

Основні показники гемодинаміки на різних етапах раннього післяопераційного періоду

Показник гемодинаміки	На час відключення ШК	Після підключення ЕКП ПШ	Перед відключенням ЕКП ПШ	Після відключення ЕКП ПШ
Артеріальний тиск, мм рт. ст.	85/55 ± 10/5	110/70 ± 8/6	130/70 ± 12/9	130/70 ± 11/8
Тиск в ЛА, мм рт. ст.	80/40 ± 6/3	60/30 ± 6/4	40/10 ± 7/4	50/15 ± 3/2
Тиск заклинювання в ЛА, мм рт. ст.	8 ± 2	12 ± 2	7 ± 3	6 ± 3
ЗЛСО, дин×с×см <sup>-5</sup>	327 ± 16	389 ± 17	142 ± 5	121 ± 3
	або 4,0875	або 4,8625	або 1,775	або 1,5125
	Од., Wood	Од., Wood	Од., Wood	Од., Wood
СІ, л/хв/м <sup>2</sup>	1,8 ± 0,3	2,8 ± 0,2	2,7 ± 0,2	2,5 ± 0,1

Примітка. ШК – штучний кровообіг, ЕКП ПШ – екстракорпоральна підтримка правого шлуночка, ЗЛСО – загальний легеневий судинний опір, СІ – серцевий індекс.

обходу ПШ, оскільки потребує артеріальної та венозної канюляції і більше підходить для випадків, де є комбінована недостатність обох шлуночків.

Для прямого обходу ПШ розроблено декілька варіантів механічної підтримки. Найбільш сучасним і зручним є мініінвазивний пристрій механічної підтримки Impella RP, який складається з мікрососового насоса, що включає приводний двигун і робоче колесо [9]. Маленький профіль (діаметр 6,4 мм і вага 17 г) полегшує вставлення та видалення такого пристрою.

Інша методика, так звана Tandem RVAD, передбачає безпосередню канюляцію окремими канюлями правого передсердя і легеневого стовбура, які під'єднуються до центрифужного насоса.

Останній прямий обхід ПШ, який ми використали в цьому випадку, полягає в застосуванні нової канюлі PROTEK Duo з двома каналами, що вставляється перкутанно через праву внутрішню яремну вену і проводиться в легеневий стовбур. Обидва канали під'єднуються до центрифужного насоса.

Усі прямі варіанти екстракорпоральної підтримки ПШ забирають кров з правого передсердя і доставляють у легеневий стовбур, тим самим безпосередньо оминається ПШ. В той час як при використанні VA-ЕСМО венозна кров забирається з порожнистих вен та насичує кров киснем в оксигенаторі і доставляється в стегнову артерію, тим самим опосередковано оминає ПШ. У результаті ці системи дають різні гемодинамічні ефекти залежно від того, чи у пацієнта діагностована ізольована недостатність ПШ чи бівентрикулярна недостатність.

Перевага застосованого нами варіанта механічної підтримки ПШ полягала в тому, що завдяки двоканальній канюлі PROTEK Duo, під'єднаної до двигуна-консоли Braile CentriFlux BR-100, було використано зручний доступ через пункцію правої внутрішньої яремної артерії. Крім того, що таким способом за-

безпечується адекватна механічна підтримка ПШ, у пацієнта зменшується вірогідність виникнення ускладнень (кровотечі, інфекції, тромбоемболії), характерних для VA-ЕСМО. Крім того, пацієнт з таким варіантом механічної підтримки залишається більш мобільним, що полегшує догляд за ним у відділенні інтенсивної терапії.

**Висновок.** Отже, наш перший досвід застосування канюлі PROTEK Duo, під'єднаної до двигуна-консоли Braile CentriFlux BR-100, є зручним і ефективним тимчасовим методом механічної підтримки кровообігу у пацієнтів з ізольованою гострою правшлуночковою недостатністю.

### Список використаних джерел

#### References

1. Apostolakis S, Konstantinides S. The Right Ventricle in Health and Disease: Insights into Physiology, Pathophysiology and Diagnostic Management. *Cardiology*. 2012;121(4):263-273. <https://doi.org/10.1159/000338705>
2. Walker LA, Buttrick PM. The Right Ventricle: Biologic Insights and Response to Disease: Updated. *Curr Cardiol Rev*. 2013;9(1):73-81. <https://doi.org/10.2174/157340313805076296>
3. Fayad FH, Sellke FW, Feng J. Pulmonary hypertension associated with cardiopulmonary bypass and cardiac surgery. *J Card Surg*. 2022;37(12):5269-5287. <https://doi.org/10.1111/jocs.17160>
4. Naveed A, Azam H, Murtaza HG, Ahmad RA, Baig MAR. Incidence and risk factors of Pulmonary Complications after Cardiopulmonary bypass. *Pak J Med Sci*. 2017 Jul-Aug;33(4):993-996. <https://doi.org/10.12669/pjms.334.12846>
5. Lahm T, McCaslin CA, Wozniak TC, Ghumman W, Fadl YY, Obeidat OS, et al. Medical and Surgical Treatment of Acute Right Ventricular Failure. *J Am Coll Cardiol*. 2010;56(18):1435-1446. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.05.046>

6. Skhiri M, Hunt SA, Denault AY, Haddad F. Evidence-Based Management of Right Heart Failure: a Systematic Review of an Empiric Field. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63(4):451-471. [https://doi.org/10.1016/S1885-5857\(10\)70094-3](https://doi.org/10.1016/S1885-5857(10)70094-3)
7. Aggarwal V, Einhorn BN, Cohen HA. Current status of percutaneous right ventricular assist devices: first-in-man use of novel dual lumen Cannula. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2016;88(3):390-396. <https://doi.org/10.1002/ccd.26348>
8. Kapur NK, Esposito ML, Bader Y, Morine KJ, Kiernan MS, Pham DT, et al. Mechanical Circulatory Support Devices for Acute Right Ventricular Failure. *Circulation*. 2017;136(3):314-326. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025290>
9. Margey R, Chamakura S, Siddiqi S, Senapathi M, Schilling J, Fram D, et al. First experience with implantation of a percutaneous right ventricular Impella right side percutaneous support device as a bridge to recovery in acute right ventricular infarction complicated by cardiogenic shock in the United States. *Circ Cardiovasc Interv*. 2013;6(3):e37-e38. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.113.000283>

## The First Local Experience of Use of Extracorporeal Circulatory Support with PROTEKDuo Dual-Lumen Cannula in a Patient with Acute Right Ventricular Failure

Oleksandr M. Dovgan<sup>1,2</sup>, Maksim E. Paulouski<sup>1</sup>, Alona I. Honcharenko<sup>1</sup>, Anton V. Makedon<sup>1</sup>, Yevhen V. Prystaia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Feofaniya Clinical Hospital, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Donetsk National Medical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

### Abstract

**Introduction.** Acute right ventricular failure is a life-threatening condition that can occur as a result of a sudden increase in total pulmonary vascular resistance, in particular, as a result of pulmonary embolism. Most patients with thromboembolism are treated with thrombolytic therapy, but in some cases open thrombectomy is preferred. Removal of blood clots from the pulmonary vascular bed and cardiopulmonary bypass can lead to spasm of the pulmonary artery and to the elevation of total pulmonary resistance, which, in turn, increases the afterload on the right ventricle and can lead to a dramatic decrease in its mechanical function.

**The aim.** The aim of this report is to present the first experience of using the right ventricular bypass with the PROTEKDuo cannula for the purpose of temporary mechanical support of the right ventricle.

**Case presentation.** We studied a 63-year-old patient who underwent Studer technique for bladder adenocarcinoma. On the 14th day an acute massive pulmonary embolism occurred with a drop in hemodynamics and the presence of a floating clot on the right atrium. Thrombolysis carried significant risks due to possible bleeding and clot fragmentation in the right atrium with subsequent embolization of the pulmonary arteries. In these circumstances, open thrombectomy under hypothermic arrest was performed. Intraoperatively, the patient developed acute right ventricular failure resistant to all conservative therapy, therefore, right ventricular bypass was connected using PROTEKDuo, which made it possible to overcome the phenomena of acute right ventricular failure in the postoperative period.

**Conclusions.** Our experience with right ventricular bypass using the PROTEKDuo dual-lumen cannula demonstrates another useful option for saving patients with isolated right ventricular failure.

**Keywords:** *pulmonary embolism, pulmonary thrombectomy, circulatory failure, high pulmonary resistance, right ventricular dysfunction, devices for mechanical support of circulation.*

Стаття надійшла в редакцію / Received: 03.05.2023

Після доопрацювання / Revised: 01.06.2023

Прийнято до друку / Accepted: 23.06.2023