INFUSION &CHEMOTHERAPY

ТОМ 9 • НОМЕР 1 • СІЧЕНЬ-БЕРЕЗЕНЬ 2026
VOLUME 9 • ISSUE 1 • JANUARY-MARCH 2026

ІНФУЗІЯ & ХІМІОТЕРАПІЯ
НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

INFUSION & CHEMOTHERAPY
SCIENTIFIC JOURNAL

ISSN 2663-0338 (PRINT)
ISSN 2709-0957 (ONLINE)
DOI: 10.32902/2663-0338

Заснований у жовтні 1997 року під назвою «Український Хіміотерапевтичний Журнал».
З 2016 року випускається за підтримки Громадської Спілки «Асоціація з інтенсивного лікування інфекційних захворювань» (INCURE).
З 2018 року випускається під назвою «Інфузія & Хіміотерапія».
Засновники: ДУ «Національний науковий центр фтизіатрії, пульмонології та алергології ім. Ф.Г. Яновського НАМН України» і Громадська Спілка «Асоціація з інтенсивного лікування інфекційних захворювань» (INCURE).

ПОЧЕСНИЙ РЕДАКТОР
Ю.І. Фещенко

РЕДАКТОР ВИПУСКУ
О.С. Денисов

HONORARY EDITOR
Y.I. Feshchenko

PRODUCTION EDITOR
O.S. Denysov

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР
М.І. Гуменюк

EDITOR-IN-CHIEF
M.I. Gumeniuk

ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА
Я.О. Дзюблик

АДМІНІСТРАТОР
Л.Д. Канцидайло

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF
Ya.O. Dziublyk

ADMINISTRATOR
L.D. Kantsydailo

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ
Д.О. Бутов
О.А. Галушко
Н.Г. Горовенко
Д.В. Добрянський
С.В. Зайков
Л.І. Конопкіна
М.М. Кужко
Н.А. Литвиненко
М.І. Линник
В.П. Мельник
Т. Міхаеску (Румунія)
М.М. Островський
Н.Н. Парпієва (Узбекистан)
О.М. Разнатовська
Р. Русламі (Індонезія)
І. Соловіц (Словаччина)
Л.Д. Тодоріко
Й.М. Чакайя (Кенія)

EDITORIAL BOARD
D.O. Butov
O.A. Halushko
N.H. Horovenko
D.V. Dobrianskyi
S.V. Zaikov
L.I. Konopkina
M.M. Kuzhko
N.A. Lytvynenko
M.I. Lynnyk
V.P. Melnyk
T. Mihaescu (Romania)
M.M. Ostrovskyi
N.N. Parpieva (Uzbekistan)
O.M. Raznatovska
R. Ruslami (Indonesia)
I. Solovic (Slovakia)
L.D. Todoriko
J.M. Chakaya (Kenya)

Ідентифікатор у Реєстрі суб'єктів у сфері медіа R30-05299.
Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 2043 від 13.06.2024.
Свідоцтво про державну реєстрацію: КВ № 23573-13413ПР від 27.09.2018.
Внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія Б). Наказ МОН України № 1188 від 24.09.2020.

Статті рецензовано за процедурою Double-blind.

Ліцензовано Creative Commons «Attribution» 4.0 WorldWide.

Рекомендовано до друку Вченою радою Державної установи «Національний науковий центр фтизіатрії, пульмонології та алергології ім. Ф.Г. Яновського Національної академії медичних наук України». Протокол № 3 від 17.03.2026.
Підписано до друку 23.03.2026.
Періодичність випуску — 4 рази на рік. Наклад – 300 прим.
Адреса редакції: 10, вул. М. Амосова, м. Київ, 03038, Україна. Електронна адреса: info@incure.info. Тел.: +380 (50) 449-93-87.

Електронну версію журналу розміщено на сайті: https://infusion-chemotherapy.com, офіційному вебсайті співзасновника (ННЦ ФПА НАМН): www.ifp.kiev.ua/doc/journals/ic.htm, а також на сайті Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського: http://www.irbis-nbuv.gov.ua

Журнал індексується у міжнародних наукометричних системах:
Crossref, DOAJ, Google Scholar, WorldCat, Dimensions, Scilit, Fatcat та OUCI – Open Ukrainian Citation Index.

Друк: ТОВ «Вістка», вул. Соловцова Миколи, 2, офіс 38/1, м. Київ, 01014, Україна.

НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ФТИЗІАТРІЇ, ПУЛЬМОНОЛОГІЇ ТА АЛЕРГОЛОГІЇ ІМ. Ф.Г. ЯНОВСЬКОГО

© Державна установа «Національний науковий центр фтизіатрії, пульмонології та алергології ім. Ф.Г. Яновського Національної академії медичних наук України», 2026

INCURE COMMUNICABLE DISEASES INTENSIVE CARE ASSOCIATION

© Громадська Спілка «Асоціація з інтенсивного лікування інфекційних захворювань» (INCURE), 2026

ISSN 2663-0338
9 772663 033008

ЗМІСТ

ОРИГІНАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вплив зумовлених війною чинників ризику туберкульозу на ефективність лікування 5
І.О. Новожилова, І.В. Бушура

Цефоперазон-сульбактам у поєднанні з меропенемом проти колістину в поєднанні з меропенемом у лікуванні вентилятор-асоційованої пневмонії, спричиненої карбапенем-резистентними штамами *Acinetobacter baumannii* 11
Л.В. Згржебловська, І.Р. Малиш, І.М. Березенко

Порушення мінерального обміну кісток у воїнів Збройних Сил України з туберкульозом легень, яких повернули з російського полону 17
М.І. Линник, Є.А. Настенко, Г.Л. Гуменюк, В.І. Ігнатьєва, А.І. Алфьоров, В.А. Святненко

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Протекція мексидолом глутатіон-залежної ферментної системи крові при експериментальній емфіземі легень 23
Ю.І. Фещенко, В.І. Коржов, В.М. Жадан, І.В. Ліскіна, М.О. Полянська, С.Г. Опімах

КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК

Комбінована терапія карбапенем-резистентних грамнегативних інфекцій в Україні 29
О.В. Мошинець, В.В. Строкоус, М.І. Валігурський, М.М. Чернієнко, О.В. Котов, О.А. Голубовська, А.О. Оберняк, Ф.С. Нікітенко, О.С. Юнгін, В.В. Поточилова, К.Л. Руднєва, М.В. Хайтович

Лімфангіолейоміоматоз легень з поетапним двобічним хілотораксом 40
М.С. Опанасенко, Б.М. Конік, О.В. Терешкович, Я.С. Ставицька, Є.М. Маєтний, Л.І. Леванда, В.С. Зінченко, А.М. Степанюк, В.І. Лисенко, О.М. Фащук, О.Д. Шестакова

ОГЛЯДОВА СТАТТЯ

Пошкодження легень, пов'язане з використанням електронних сигарет, – «хвороба вейперів» 46
Д.В. Добрянський, Р.В. Корольова, А.С. Паніна

Вплив мікроелементів і вітамінів на гіперглікемію й інші показники у хворих на цукровий діабет 2-го типу 53
А.В. Гарницька, О.С. Орлик

НАУКА ТА МЕДИЦИНА

Легенева гіпертензія: науково-практичні аспекти катетеризації правих відділів серця (повідомлення третє) 60
Е.М. Ходош, О.К. Яковенко, М.І. Кожин

ВИМОГИ ДО АВТОРІВ 65

CONTENT

ORIGINAL STUDIES

Impact of war-related tuberculosis risk factors on treatment effectiveness 5
I.O. Novozhylova, I.V. Bushura

Cefoperazone-sulbactam in combination with meropenem versus colistin in combination with meropenem in treatment of ventilator-associated pneumonia caused by carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* 11
L.V. Zgrzheblovska, I.R. Malysh, I.M. Berezenko

Disturbances in bone mineral metabolism in soldiers of the Armed Forces of Ukraine with pulmonary tuberculosis who were returned from Russian captivity 17
M.I. Lynnyk, Ye.A. Nastenko, G.L. Gumeniuk, V.I. Ignatieva, A.I. Alforov, V.A. Svyatnenko

EXPERIMENTAL STUDIES

Mexidol protection of the glutathione-derived enzyme system of the blood in experimental pulmonary emphysema 23
Yu.I. Feshchenko, V.I. Korzhov, V.M. Zhadan, I.V. Liskina, M.O. Polianska, S.G. Opimakh

CLINICAL CASE

Combination therapy for carbapenem-resistant gram-negative infections in Ukraine 29
O.V. Moshynets, V.V. Strokous, M.I. Valihurskyi, M.M. Cherniienko, O.V. Kotov, O.A. Golubovska, A.O. Oberniak, F.S. Nikitenko, O.S. Iungin, V.V. Potochilova, K.L. Rudnieva, M.V. Khaitovych

Lymphangioleiomyomatosis of the lungs with staged bilateral chylothorax 40
M.S. Opanasenko, B.M. Konik, O.V. Tereshkovych, Ya.S. Stavytska, Ye.M. Maietnyi, L.I. Levanda, V.S. Zinchenko, A.M. Stepaniuk, V.I. Lysenko, O.M. Fashchuk, O.D. Shestakova

REVIEW ARTICLE

Lung damage associated with the use of electronic cigarettes – «vaper's disease» 46
D.V. Dobrianskyi, R.V. Korolyova, A.S. Panina

The effect of trace elements and vitamins on hyperglycemia and other indicators in patients with type 2 diabetes mellitus 53
A.V. Garnytska, O.S. Orlyk

SCIENCE AND MEDICINE

Pulmonary hypertension: scientific and practical aspects of right heart catheterization (message three) 60
E.M. Khodosh, O.K. Yakovenko, M.I. Kozhyn

REQUIREMENTS FOR AUTHORS 65

DOI: 10.32902/2663-0338-9-2026-1-60-64 УДК: 616.131-008.341.1-005-072.2(047.3)

Легенева гіпертензія: науково-практичні аспекти катетеризації правих відділів серця (повідомлення третє)

Е.М. Ходош[1, 2], М.І. Кожин[1], О.К. Яковенко[3]
1. Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна
2. КНП «Міська клінічна лікарня № 13» Харківської міської ради, м. Харків, Україна
3. Волинський національний університет ім. Лесі Українки, м. Луцьк, Україна

Конфлікт інтересів: відсутній

ОБҐРУНТУВАННЯ. Розвиток катетеризації правих відділів серця надав лікарям можливість діагностувати легеневу гіпертензію як результат множинних захворювань, а також гемодинамічні розлади в малому колі кровообігу в пацієнтів із вродженими та набутими вадами правого серця. Оцінювання параметрів, отриманих під час катетеризації правих відділів серця, дає змогу контролювати стан пацієнтів у відділеннях інтенсивної терапії з тяжкими серцево-судинними хворобами.
МЕТА. Вивчення історії розвитку катетеризації правих відділів серця, що забезпечила можливість проводити фізіологічні дослідження серцево-судинної динаміки в пацієнтів з різноманітними хворобами, а також розгляд поточних суперечок щодо розширення катетеризації правих відділів серця аж до легеневої артерії.
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ. Розглянуто експерименти на тваринах для розвитку катетеризації серця; експерименти на людині щодо вимірювання серцевого тиску; катетеризацію правих відділів серця та прямий принцип Фіка; катетеризацію правих відділів серця як універсальний інструмент гемодинамічного дослідження; внесок різних дослідників у розвиток катетеризації правих відділів серця.
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ. Розуміння історії розвитку катетеризації правих відділів серця дає лікарям змогу краще оцінити сучасні клінічні застосування й обмеження цього важливого методу в галузі терапії. Доведено, що катетер у легеневій артерії надає лікарю перевагу безперервного гемодинамічного моніторингу, який може допомогти прийняти оптимальне терапевтичне рішення для запобігання правошлуночковій декомпенсації.
ВИСНОВКИ. Катетеризація правих відділів серця є важливим діагностичним інструментом, що допомагає лікарю в діагностиці легеневої гіпертензії як прояву великої кількості хвороб серця та легень, до того ж у разі розташування катетера проксимальніше правого передсердя (вушка) він забезпечує важливий і безпечний шлях для введення лікарських препаратів і парентерального харчування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: катетеризація правих відділів серця, катетеризація легеневої артерії, гемодинаміка, серцево-судинні хвороби, системний кровотік, легеневий кровотік.

Pulmonary hypertension: scientific and practical aspects of right heart catheterization (message three)

E.M. Khodosh[1, 2], M.I. Kozhyn[1], O.K. Yakovenko[3]
1. Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine
2. Municipal Non-Profit Enterprise “City Clinical Hospital No. 13” of the Kharkiv City Council, Kharkiv, Ukraine
3. Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine

Conflict of interest: none

BACKGROUND. The development of right heart catheterization has provided doctors with the opportunity to diagnose pulmonary hypertension as a result of multiple diseases, as well as hemodynamic disorders in the small circle of blood circulation in patients with congenital and acquired right heart defects. Assessment of the parameters obtained during right heart catheterization allows monitoring the condition of patients in intensive care units with severe cardiovascular diseases.
OBJECTIVE. To review the development of right heart catheterization, which has led to the possibility of conducting physiological studies of cardiovascular dynamics in patients with various diseases, as well as to review current disputes regarding the extension of right heart catheterization up to the pulmonary artery.
MATERIALS AND METHODS. Animal experiments for the development of heart catheterization; experiments on humans to measure heart pressure; right heart catheterization and Fick's direct principle; right heart catheterization as a universal tool for hemodynamic research; contributions of various investigators to the development of right heart catheterization are considered.

© Е.М. Ходош, М.І. Кожин, О.К. Яковенко, 2026 | Ліцензовано (C) Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY)
Licensed (C) by Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY)

RESULTS AND DISCUSSION. Understanding the history of right heart catheterization allows physicians to better appreciate the current clinical applications and limitations of this important therapeutic modality. It has been demonstrated that a pulmonary artery catheter provides the physician with the advantage of continuous hemodynamic monitoring, which may assist the physician in making optimal therapeutic decisions to prevent right ventricular decompensation.
CONCLUSIONS. Right heart catheterization is an important diagnostic tool that assists the physician in diagnosing pulmonary hypertension as a manifestation of a wide range of heart and lung diseases and, in addition, when the catheter is placed proximal to the right atrium (auricle), it provides an important and safe route for drug administration and parenteral nutrition.

KEY WORDS: catheterization of the right heart, catheterization of the pulmonary artery, hemodynamics, cardiovascular diseases, systemic blood flow, pulmonary blood flow.

В еволюційному аспекті метод катетеризації серця формувався протягом щонайменше чотирьох століть. Один з перших кроків цього розвитку належить Вільяму Гарвею (William Harvey), який 1628 року найбільш послідовно, повно та систематично описав систему кровообігу.

Наступною віхою століттям пізніше, в 1700-х роках, стало вимірювання артеріального тиску Стівеном Гейлзом (Stephen Hales) методом канюлювання артерії коня [1-4]. Ще століттям пізніше, 1844 року, Клод Бернар (Claude Bernard) катетеризував обидва шлуночки серця в коня. Однак золотим для серцево-судинної фізіології стало XIX століття, тому що в цей період відбулися відкриття Карла Людвіга (Carl Ludwig) та Етьєна-Жуля Маре (Etienne-Jules Marey), яким удалося провести графічні записи тиску в передсердях і шлуночках коня, використовуючи техніку подвійного серцевого катетера [1, 5, 6].

Подальші дослідження катетеризації серця були проведені на початку 1900-х років Фріцом Бляйхредером (Fritz Bleichröder), Ернстом Юнґером (Ernst Jünger) і Жаком Лебом (Jacques Loeb), які намагалися доставляти препарати в прилеглі до патологічних процесів ділянки організму, вводячи катетери в центральні вени й артерії спочатку на собаках [7]. Однак Бляйхредер вирішив катетеризувати й людину – себе самого: Юнґер виконав на ньому три процедури, ввівши катетери через базилярну та пахвову вени, а також в окремих випадках через стегнову та нижню порожнисту вени [7]. Під час одного з цих експериментів Бляйхредер відчув сильний біль у грудях: це навело дослідників на думку, що вони, можливо, провели першу катетеризацію серця в людини, але їм не вдалося підтвердити розташування катетера ані рентгеном, ані записом тиску.

Ба більше, в той історичний період професійно розглядалося те, що при проникненні в серце стороннього предмета настануть шок і зупинка серця. Водночас не викликає жодного сумніву, що німецький хірург та уролог Вернер Форсманн (Werner Forßmann) був обізнаний про безпечні експерименти Клода Бернара з катетеризації серця на тваринах, і він вважав, що їх можна перенести на людей [8]. Цих поглядів він набув іще у 25-річному віці шляхом вивчення методики катетеризації серця на тваринах з метою можливості оптимізувати дію введених серцевих препаратів і глибшого вивчення механізмів кровообігу та метаболізму [9].

Незважаючи на невизначеність методу катетеризації серця, Форсманн надрізав собі вену в ліктьовому згині та ввів у неї вузький катетер. Уперше до серця катетер не було введено, бо асистент Петер Ромайс відмовився продовжувати небезпечний експеримент. Удруге Форсманн діяв з допомогою хірургічної сестри, яка провела анестезію, підготувала інструменти для розтину вени й урологічний катетер з вулканізованого каучуку, а також рентгенівський апарат. Форсманн увів собі катетер на 65 см і досяг правого передсердя, потім увімкнув рентгенівський апарат й отримав підтвердження свого успіху (рис. 1).

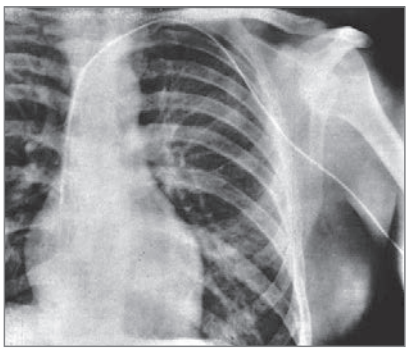


Рис. 1. Рентгенограма катетеризованого серця Вернера Форсманна. Катетер у правому передсерді

Ця процедура не призвела до серйозних ускладнень і продемонструвала, що катетеризація серця в людей, яка раніше використовувалася на тваринах протягом десятиліть, може забезпечити можливість доступу до внутрішньої частини серця, залишаючись безпечною та безболісною [5, 7, 10]. Форсманн також повторив катетеризацію серця в пацієнта із сепсисом, вважаючи, що терапевтична перевага прямої ін'єкції серцевих препаратів супрареніну (адреналіну) та строфантину в центральний кровотік надасть цінності катетеризації. Однак публікація цієї основної статті [11] викликала хаос у берлінській пресі та призвела до засудження й відсторонення Форсманна від експериментальної та клінічної діяльності [1, 8, 9].

До того ж керівник клініки Шаріте Фердинанд Зауербрух (Ferdinand Sauerbruch), чудовий хірург, у тому числі торакальний, заявив, що «з такими роботами місце в цирку, а не в пристойній німецькій клініці». На Форсманна навісили тавро шарлатана та звільнили. Він переїхав до міста Еберсвальде (земля Бранденбург), де практикував урологом, андрологом і гінекологом.

Із 1932 по 1941 рік Форсманн працював головним лікарем клініки, став членом Націонал-соціалістичної німецької робочої партії, проводив кастрації тим, кому расові суди заборонили розмножуватися, а потім доєднався до Вермахту. З першого дня служив військовим лікарем у частинах,

які напали на СРСР, й отримав звання майора. Наприкінці війни він здався в полон і був поміщений до американського табору для військовополонених. Після звільнення 1945 року працював лісорубом, а потім сільським медиком у Шварцвальді (гірський регіон на південному заході Німеччини на кордоні з Францією). У 1950 році він знову розпочав практику як уролог у курортному місті Бад-Кройцнах (земля Рейнланд-Пфальц). Однак іще під час ув'язнення про його експерименти дізналися американські лікарі Андре Курнан (André Cournand) і Дікінсон Річардс (Dickinson Richards), які згодом розробили способи застосування його техніки для діагностики та дослідження хвороб серця.

Проведення катетеризації правих відділів серця в людей у 30-х роках минулого сторіччя стало популярним методом. О. Кляйн (O. Klein) у Празі використовував катетеризацію серця для отримання змішаної венозної крові та досліджував серцевий викид у 30 пацієнтів [12]. Фізіолог К. Томас (K. Thomas) катетеризував праві відділи серця для вивчення метаболізму глюкози у тварин [13]. У 1941 році лікарі А. Курнан, Г. Рейнджес (H. Ranges) і Д. Річардс розробили методи катетеризації правих відділів серця, котрі можна було використовувати для гемодинамічних вимірювань [14-16], а селективна коронарна ангіографія була описана Ф.М. Сонесом (F.M. Sones) на початку 1960-х років [17]. Останнім часом з появою катетерних утручань, піонером яких був німецький радіолог і кардіолог Андреас Роланд Ґрюнциґ (Andreas Roland Grüntzig) наприкінці 1970-х років [18], було досягнуто значного прогресу в удосконаленні та розширенні цих методів. Нині метод Сонеса використовується рідко, а коронарна ангіографія й черезшкірне коронарне втручання переважно засновані на черезшкірному доступі через стегнову та променеву артерії. У зв'язку з 50-річчям Монреальського інституту серця здається доречним підкреслити внесок цієї установи в ці два напрями.

Розвиток катетеризації правих відділів серця дав лікарям можливість не лише вимірювати тиск у легеневій артерії, а й діагностувати вроджені та набуті вади правих відділів серця. Не менш важливим є те, що катетеризація легеневої артерії біля ліжка хворого стала стандартом лікування пацієнтів у критичному стані з часу її впровадження у відділеннях інтенсивної терапії майже 40 років тому. Проте впровадження цієї процедури в широку клінічну практику відбулося без попереднього оцінювання чи демонстрації її клінічної й економічної ефективності. До того ж поточні рандомізовані контрольовані дослідження надають мало доказів на підтримання клінічної користі катетеризації легеневої артерії при лікуванні пацієнтів у критичному стані. Утім, катетеризація правих відділів серця є незамінним інструментом, що допомагає лікарю в діагностиці вроджених і набутих вад серця. Ба більше, при розташуванні катетера проксимальніше правого передсердя (вушка) він забезпечує важливий і безпечний шлях для введення рідин, лікарських препаратів і парентерального харчування.

Метою цієї роботи стало вивчення історії розвитку катетеризації правих відділів серця, котра забезпечила можливість проводити фізіологічні дослідження серцево-судинної динаміки в здорових людей і пацієнтів із серцево-судинними хворобами, а також розгляд поточних суперечок щодо проведення катетеризації правих відділів серця аж до легеневої артерії.

На сьогодні під катетеризацією серця розуміють уведення катетера до камери або судини серця. Це робиться як з діагностичною, лікувальною, так і з інтервенційною метою. Безпосереднє введення ліків, вимірювання тиску й ангіографічна візуалізація з контрастними речовинами є одними із сучасних застосувань, яким сприяє техніка катетеризації правих відділів серця [19-21]. Катетеризація правих відділів серця підвищила точність вимірювання серцевого тиску, об'єму крові та серцевого викиду, надавши точніший метод отримання зразків змішаної венозної крові [14, 15, 23-25]. Розуміння ранньої історії катетеризації правих відділів серця дає змогу краще оцінити сучасні клінічні застосування й обмеження цього важливого методу в галузі кардіології та внутрішньої медицини загалом.

Вимірювання тиску в серці є важливим аспектом катетеризації. Катетери, що застосовуються з цією метою, являють собою заповнені рідиною трубки, які можуть передавати тиск назовні до датчиків тиску. Це дає змогу вимірювати тиск у будь-якій частині серця, куди можна ввести катетер.

Вимірювання кровотоку також можливе кількома методами. Найчастіше кровотік оцінюється за допомогою принципу Фіка та термодилюції. Ці методи мають недоліки, але дають інвазивну оцінку серцевого викиду, яку можна використовувати для прийняття клінічних рішень, наприклад за кардіогенного шоку, серцевої недостатності, та загалом для оцінювання стану пацієнта.

Дослідники Адольф Ойґен Фік (Adolf Eugen Fick) і В. Форсманн, тобто фізіолог і лікар, безперечно, усвідомлювали, що змішані зразки крові (венозної й артеріальної), отримані з правих відділів серця, дадуть змогу розрахувати серцевий викид за допомогою рівняння Фіка, яке раніше досліджувалося тільки теоретично, оскільки не було можливості отримати доступ до цих зразків крові [2]. У цьому контексті слід зазначити, що ще 1870 року в німецькому місті Вюрцбург на засіданні місцевого медичного товариства фізик і фізіолог А.О. Фік заявив: серцевий викид можна розрахувати, отримавши змішану венозну й артеріальну кров, а також за надходженням кисню в бронхолегеневу систему та виділенням вуглекислого газу з неї. Ба більше, рівняння Фіка описує процес дифузії, тобто перенесення речовини з ділянки з високою концентрацією до ділянки з низькою концентрацією. Фік запропонував два основні рівняння, котрі описують одновимірний і багатовимірний випадок дифузії. Загалом математична формула Фіка досить проста, однак у той час не існувало прямого методу отримання зразків змішаної крові, і катетеризація серця, що стала можливою, забезпечувала необхідний доступ у праве передсердя та далі в легеневу артерію для їх отримання: $dC/dt = D \times d^2C / dx^2$. У цьому рівнянні дифузії, законі Фіка для одновимірного випадку, C (x, t) – концентрація, D – коефіцієнт дифузії.

Для вимірювання серцевого та легеневого тиску при катетеризації було використано манометр Гамільтона, який є еластичною мембраною з берилієвої бронзи товщиною 0,06 мм.

Інтерес до наукових досягнень Фіка та Форсманна не залишився в забутті, оскільки 1945 року Курнан і Річардс провели катетеризацію серця понад 250 разів і щоразу без істотних ускладнень. Їм також удалося використати катетери для збору змішаних венозних зразків і розрахувати серцевий викид з використанням рівняння Фіка [26, 27].

Як заслужений наслідок, Форсманн отримав медаль Лейбніца в Німецькій академії наук 1954 року, а 1956 року

всі троє (Форсманн, Курнан і Річардс) отримали Нобелівську премію з фізіології та медицини.

Не викликає жодного сумніву й те, що катетеризація правих відділів серця катетером Свона – Ґанца проклала шлях для подальших досліджень легеневої гіпертензії та модернізації катетерів легеневої артерії [12, 28]. Уперше стаття про катетер легеневої артерії була опублікована 1970 року лікарями Лос-Анджелеської клініки Cedars-Sinai Medical Center Джеремі Своном (Jeremy Swan) і Вільямом Ґанцом (William Ganz) у New England Journal of Medicine [29].

Дж. Свон, будучи керівником відділу кардіології, займався проблемою вимірювання параметрів центральної гемодинаміки та їх упровадження в практичну медицину. У ті часи це були громіздкі, трудомісткі та небезпечні методики. У 1950-х роках Свон ознайомився з роботою свого студента Рональда Бредлі (Ronald Bradley), присвяченій техніці «запливаючого гнучкого катетера», який при введенні в яремну вену самостійно пасивно «допливав» до правого шлуночка та легеневої артерії. Свон намагався впровадити цей метод у клініку, проте він виявився малоефективним і спричиняв багато побічних ефектів.

«Відкриття приходять лише до тих, хто підготовлений до їх розуміння» (Луї Пастер), тому немає нічого зворушливого в тому, що Дж. Свон, побачивши яхту під спінакером (тип вітрила, призначений для використання на повних курсах) на відпочинку на пляжі 1967 року, віддав наукове належне цьому образу. Безперечно, він розумів, що наука та практика починаються з виявлення проблеми й віри в можливість її розв'язання. Тож є висока ймовірність, що йому спало на думку використовувати той самий принцип вітрила для катетера, який уводиться зі струмом крові в легеневу артерію. Ця ідея була реалізована у формі балончика, що роздувається, та показала високу ефективність і простоту маніпуляції. А його асистент В. Ґанц розробив техніку вимірювання серцевого викиду методом термодилюції. Також цей метод катетеризації дав змогу вимірювати тиск у легеневій артерії та тиск заклинювання в легеневій артерії, реєструвати внутрішньопорожнинну електрокардіограму, проводити електростимуляцію та постійну інфузію (рис. 2).



Рис. 2. Вільям Ґанц і Джеремі Свон

У класичному варіанті легеневий катетер – це чотирипросвітний катетер із чотирма «хвостами»: венозним (проксимальним) портом, з'єднувачем термодатчика, портом для роздуття балона та легеневим (дистальним) портом. Залежно від зросту пацієнта катетер може мати різні розміри (зазвичай це 7F довжиною 110 см). Канал дистального порту відкривається на кінці катетера, проксимального – на деякій відстані від нього (залежно від розміру приблизно 30 см). На кінці катетера розташований балончик, що роздувається, на невеликій відстані до нього – термодатчик (рис. 3).

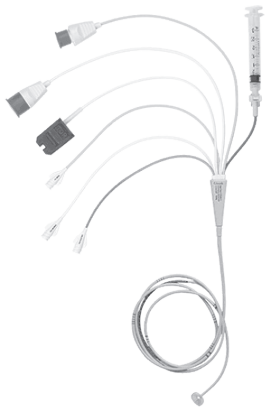


Рис. 3. Набори легеневих артеріальних катетерів Свона – Ґанца, які дають змогу контролювати потік, тиск, доставлення та споживання кисню. Завдяки алгоритму FastCCO показники серцевого викиду й ударного об'єму оновлюються що 20 секунд, забезпечуючи швидше та безперервне оцінювання функції серця

Підсумовуючи етапи розвитку наукової думки в розумінні катетеризації при легеневій гіпертензії, слід іще раз відзначити А. Фіка з його теоретичним обґрунтуванням розрахунку серцевого викиду (1870); П. Вуда, який розвивав методику катетеризації серця та концепцію «реактивної легеневої гіпертензії» (1940-1950); а також А.М. Рудольфа, котрий удосконалив методи катетеризації серця та вивчення гемодинаміки (1950-1960).

Одним з важливих і нині багато в чому історично зумовлених факторів ризику хронічної тромбоемболічної легеневої гіпертензії (ХТЕЛГ) виявилися вроджені вади серця. Перші хірургічні корекції вроджених вад серця належать Роберту Ґроссу (Robert Gross), який 1938 року зробив перев'язку відкритої артеріальної протоки, а Джон Ґіббон (John Gibbon) 1953 року вперше у світі провів корекцію дефекту міжпередсердної перегородки зі штучним кровообігом, який сам і винайшов [30].

Лідерами цього хірургічного розвитку виявилися К.М. Мозер і співавтори (1965), які провели першу ендартеректомію (видалення атеросклеротичних бляшок із внутрішньої стінки легеневої артерії) при ХТЕЛГ [31, 32]. У 1981 році А. Брюс і Б. Райц повідомили про першу успішну трансплантацію легень у складі серцево-легеневого комплексу в жінки з ідіопатичною легеневою артеріальною гіпертензією, а 1983 року першу атріосептомію у хворого з легеневою гіпертензією виконали С. Річ і В. Лам [33, 34]. Нарешті, 2004 року було проведено перший анастомоз Поттса (легенево-аортальний анастомоз) у дитини з легеневою гіпертензією після корекції тромботичної мікроангіопатії [35].

Отже, багатостраждальний шлях катетеризації правих відділів серця завершився тим, що цей метод став провідним у діагностиці легеневої гіпертензії. Розроблення неінвазивних методів діагностики легеневої гіпертензії також прогресує. До них відносять: електрокардіографію,

рентгенографію та комп'ютерну томографію органів грудної клітки, функцію зовнішнього дихання, гази крові, вентиляційно-перфузійне сканування легень, цифрову субтракційну ангіографію, ультразвукове дослідження серця та черевної порожнини, кардіопульмональні навантажувальні проби. Проте проспективних досліджень у цьому напрямі ще недостатньо [36]. Показаннями для катетеризації правих відділів серця стали складні клінічні ситуації, коли потрібні гемодинамічні показники можна отримати саме цим методом. Важливо зазначити й те, що використання катетеризації легеневої артерії є процедурою моніторингу, а не лікування. У цьому контексті результати методу надають лікарю діагностичну перевагу, яка може допомогти у вирішенні терапевтичних завдань і насамперед у запобіганні правошлуночковій недостатності з її декомпенсацією.

Література/References

1. Berry D. Pioneers in cardiology. Werner Forssmann – sowing the seeds for selective cardiac catheterization procedures in the twentieth century. *European Heart Journal.* 2009; 30 (11): 1296-1297. PMID: 19496251.
2. Lewis O. Stephen Hales and the measurement of blood pressure. *Journal of Human Hypertension.* 1994; 8 (12): 865-871. PMID: 7884783.
3. Felts J.H. Stephen Hales and the measurement of blood pressure. *North Carolina Medical Journal.* 1977; 38: 602-603. PMID: 335256.
4. Hoff H.E., Geddes L.A., McCrady J.D. The contributions of the horse to knowledge of the heart and circulation. 1. Stephen Hales and the measurement of blood pressure. *Connecticut Medicine.* 1965; 29: 795-800. PMID: 5320322.
5. Bourassa M.G. The history of cardiac catheterization. *Canadian Journal of Cardiology.* 2005; 21 (12): 1011-1014. PMID: 16234881.
6. Chauveau A., Marey E.J. Appareils et Expériences Cardiographiques. *Mémoires de L'Académie imperiale de Médecine.* Balliere, 1863.
7. Cournand A. Cardiac catheterization; development of the technique, its contributions to experimental medicine, and its initial applications in man. *Acta Medica Scandinavica Supplementum.* 1975; 579: 3-32. PMID: 1101653.
8. Forssmann-Falck R. Werner Forssmann: a pioneer of cardiology. *American Journal of Cardiology.* 1997; 79: 651-660. DOI: 10.1016/S0002-9149(96)00833-8.
9. Mueller R.L., Sanborn T.A. The history of interventional cardiology: cardiac catheterization, angioplasty, and related interventions. *American Heart Journal.* 1995; 129 (1): 146-172. DOI: 10.1016/0002-8703(95)90055-1.
10. Acierno L.J. Radiologic methods. London: Taylor and Francis, 1994.
11. Forssmann W. Die Sondierung der rechten Herzens. *Klinische Wochenschrift.* 1929; 8: 2085-2087. DOI: 10.1007/BF01875120.
12. Klein O. Zur Bestimmung des zirkulatorischen Minutenvolumens beim Menschen nach dem Fickschen Prinzip mittels Herzsondierung. *München. Med. Wchnschr.* 1930; 77: 1311-1312.
13. Thomas K. Vom Gedanken zum Experiment: Rückblicke eines Physiologen. *Mitteilungen Max-Blanck-Gesellschaft Förderung Wissenschaf.* 1956; 7: 345-352.
14. Cournand A.F., Lauson H., Bloomfield R., et al. Recording of right heart pressures in man. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1944; 55: 34-36.
15. Cournand A., Riley R.L., Breed E.S., et al. Measurement of cardiac output in man using the technique of catheterization of the right auricle or ventricle. *The Journal of Clinical Investigation.* 1945; 24 (1): 106-116. DOI: 10.1172/JCI101570.
16. Cournand A., Ranges H.A. Catheterization of the right auricle in man. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. 1941; 46 (3): 462. DOI: 10.3181/00379727-46-12029.
17. Sones F.M. Cine coronary arteriography. *Anesthesia & Analgesia.* 1967; 46 (5): 499-508. PMID: 6069519.
18. Casarella W.J. Radiology – Andreas Roland Gruentzig, M.D. – in Memoriam. *Radiology.* 1986; 159 (1): 285. DOI: 10.1148/radiology.159.1.285.
19. Baim D.S. Grossman's cardiac catheterization, angiography, and intervention. 8th edition. *Lippincott Williams & Wilkins.* 2005. ISBN: 9781496386373, 149638637X.
20. Bloomfield R.A., Lauson H.D., Cournand A., et al. Recording of right heart pressures in man. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine.* 1944; 55: 34-36. DOI: 10.1172/JCI101746.
21. Meyer J.A. Werner Forssmann and catheterization of the heart, 1929. *The Annals of Thoracic Surgery.* 1990; 49 (3): 497-499. DOI: 10.1016/0003-4975(90)90272-8.
22. Newman J.H. Pulmonary hypertension. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine.* 2005; 172 (9): 1072-1077. DOI: 10.1164/rccm.200505-684OE.
23. Valentine P.A., Fluck D.C., Mounsey J.P., et al. Blood-gas changes after acute myocardial infarction. *The Lancet.* 1966; 2 (7468): 837-841. DOI: 10.1016/S0140-6736(66)92259-8.
24. Holt J.P., Knoefel P.K. Oxygen content of blood in right auricle and right ventricle. *Fed. Proc.* 1944; 3: 19.
25. Warren J.V., Stead E.A. Jr., Brannon E.S. The cardiac output in man: a study of some of the errors in the method of right heart catheterization. *American Journal of Physiology.* 1946; 145: 458-464. DOI: 10.1152/ajplegacy.1946.145.4.458.
26. Richardson M.S., Reddy V.D. Floating around: use of the pulmonary artery (Swan-Ganz) catheter in critical care. *Chest: Journal of the American College of Chest Physicians.* 1994; 105 (2): 643. DOI: 10.1378/chest.105.2.643a.
27. Altman L.K. Who goes first? The story of self-experimentation in medicine. *University of California Press.* 1998. ISBN 0-520-21281-9.
28. Swan H.J.C., Ganz W., Forrester J., et al. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. *The New England Journal of Medicine.* 1970; 283 (9): 447-451. DOI: 10.1056/NEJM197008272830902.
29. Stoney W.S. Evolution of cardiopulmonary bypass. *Circulation.* 2009; 119 (21): 2844-2853. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.830174.
30. Hill J.D., Gibbon J.H. Jr. Part I. The development of the first successful heart-lung machine. *The Annals of Thoracic Surgery.* 1982; 34 (3): 337-341. DOI: 10.1016/s0003-4975(10)62507-6.
31. Moser K.M., Houk V.N., Jones R.C., Hufnagel C.C. Chronic, massive thrombotic obstruction of pulmonary arteries: analysis of four operated cases. *Circulation.* 1965; 32 (3): 377-385. DOI: 10.1161/01.CIR.32.3.377.
32. Jamieson S., Pomar J. Surgical treatment for chronic thromboembolic pulmonary hypertension: an historical perspective. *Annals of Cardiothoracic Surgery.* 2022; 11 (2): 98-105. DOI: 10.21037/acs-2021-pte-15.
33. Syplyvyi V.O., Robak V.I., Dotsenko V.V., ta in. Transplantolohiia. Klasyfikatsiia transplantativ. Osoblyvosti zastosuvannia riznykh vydiv transplantativ. Deontolohichni aspekty, pravovi ta yurydychni osnovy pry transplantatsii. Metodychni vkazivky do praktychnykh zaniat ta samostiinoi roboty studentiv 3-ho kursu II ta IV medychnykh fakultetiv z dystsypliny "Zahalna khirurhiia". *KhNMU.* 2020. Available at: https://surl.lt/pwysaz.
34. Rich S., Lam W. Atrial septostomy as palliative therapy for refractory primary pulmonary hypertension. *American Journal of Cardiology.* 1983; 51 (9): 1560-1561. DOI: 10.1016/0002-9149(83)90678-1.
35. Galiè N., Hoeper M.M., Humbert M. Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *European Respiratory Journal.* 2009; 34 (6): 1219-1263. DOI: 10.1183/09031936.00139009.
36. Horvat D., Orzan R.I., Agoston-Coldea L. A non-invasive approach to pulmonary hypertension. *Journal of Clinical Medicine.* 2025; 14 (5): 1473. DOI: 10.3390/jcm14051473.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ходош Едуард Михайлович
Професор кафедри інфекційних хвороб, дитячих інфекційних хвороб, паразитології, фтизіатрії та пульмонології Харківського національного медичного університету; завідувач пульмонологічного відділення № 1 Комунального неприбуткового підприємства «Міська клінічна лікарня № 13» Харківської міської ради.
Д-р мед. наук.
137, просп. Аерокосмічний, м. Харків, 61124, Україна.
ORCID iD: orcid.org/0000-0003-0572-4932

Яковенко Олег Костянтинович
Завідувач кафедри внутрішньої та сімейної медицини медичного факультету Волинського національного університету ім. Лесі Українки.
Д-р мед. наук.
13, просп. Волі, м. Луцьк, 43025, Україна.
ORCID iD: orcid.org/0000-0002-9865-4314

Кожин Михайло Іванович
Професор кафедри внутрішньої медицини № 2, клінічної імунології та алергології ім. Л.Т. Малої Харківського національного медичного університету.
Канд. мед. наук.
4, просп. Науки, м. Харків, 61022, Україна.
ORCID iD: orcid.org/0000-0002-8359-8890

КОНТАКТНА ІНФОРМАЦІЯ / CORRESPONDENCE TO
Ходош Едуард Михайлович
137, просп. Аерокосмічний, м. Харків, 61124, Україна.
Тел.: +380 (67) 254-88-55.
E-mail: gen.khodosh@gmail.com

Khodosh Eduard Mykhailovych
Professor of the Department of Infectious Diseases, Pediatric Infectious Diseases, Parasitology, Phthisiology and Pulmonology, Kharkiv National Medical University; Head of the Pulmonology Department No. 1 of the Municipal Non-Profit Enterprise "City Clinical Hospital No. 13" of the Kharkiv City Council.
MD.
137, Aerokosmichnyi ave., Kharkiv, 61124, Ukraine.
ORCID iD: orcid.org/0000-0003-0572-4932

Yakovenko Oleg Kostiantynovych
Head of the Department of Internal and Family Medicine, Faculty of Medicine, Lesya Ukrainka Volyn National University.
MD.
13, Voli ave., Lutsk, 43025, Ukraine.
ORCID iD: orcid.org/0000-0002-9865-4314

Kozhyn Mykhailo Ivanovych
Professor of the L.T. Mala Department of Internal Medicine No. 2, Clinical Immunology and Allergology, Kharkiv National Medical University.
PhD in Medicine.
4, Nauky ave., Kharkiv, 61022, Ukraine.
ORCID iD: orcid.org/0000-0002-8359-8890

Надійшла до редакції / Received: 17.10.2025 ▪ Прийнято до друку / Accepted: 11.12.2025 ▪ Опубліковано / Published: 25.03.2026