

**Бабляк О. Д.**, д-р мед. наук, професор, керівник центру, <https://orcid.org/0000-0001-7698-1034>

**Дем'яненко В. М.**, д-р філософії, лікар-кардіохірург, <https://orcid.org/0000-0002-5887-9949>

**Марченко А. І.**, лікар-інтерн хірург, <https://orcid.org/0000-0001-8074-5165>

**Підгайна Л. В.**, лікар-кардіолог

**Бабляк Д. Є.**, лікар-кардіохірург, <https://orcid.org/0000-0001-6119-4425>

**Стогов О. С.**, лікар-кардіохірург, перфузіолог

Кардіохірургічний центр ММ «Добробут», м. Київ, Україна

## Стратегія забезпечення штучного кровообігу при мініінвазивних операціях на серці

**Резюме.** Мініінвазивні кардіохірургічні втручання мають низку доведених переваг порівняно із середньою стернотомією. Безпечне підключення і проведення штучного кровообігу (ШК) є однією з основних складових успішності мініінвазивних операцій на серці.

**Мета дослідження.** Представити власну стратегію забезпечення ШК та описати методи канюляції, технічні особливості, протипоказання та потенційні ускладнення.

**Матеріали та методи.** Ми дослідили результати 1088 дорослих пацієнтів, яким із липня 2017 до травня 2021 року було проведено первинне втручання на серці (коронарне шунтування, хірургія клапанів серця, хірургія аорти, втручання на шлуночках, корекції вроджених вад та комбіновані втручання). З них 851 пацієнта було кваліфіковано на мініінвазивне кардіохірургічне втручання. Для вибору безпечної стратегії канюляції всім цим пацієнтам виконували комп'ютерну томографію (КТ) аорти та магістральних гілок з внутрішньовенним контрастуванням та вираховували площу поверхні тіла за формулою Дюбуа і Дюбуа.

**Результати.** Ми провели 838 мініінвазивних втручань на серці в умовах ШК, що становило 98,5 % від усіх пацієнтів, кваліфікованих на мініінвазивне втручання. За результатами передопераційного КТ-дослідження 13 (1,5 %) пацієнтів не були прооперовані в умовах мініінвазивного доступу через причини, пов'язані із забезпеченням ШК. Периферичну канюляцію було проведено в 754 (90 %) пацієнтів. Серед пацієнтів, яким виконано периферичну канюляцію, в 62 (8,2 %) було обрано альтернативне місце канюляції на підставі даних передопераційного КТ-дослідження. Серед пацієнтів, яким було проведено периферичну канюляцію, в 10 (1,32 %) виникли великі ускладнення (інсульт, гостре розшарування аорти, гостре пошкодження нирок, що потребувало гемодіалізу).

**Висновки.** Проведення передопераційного КТ-дослідження є обов'язковим для планування стратегії підключення ШК при мініінвазивних кардіохірургічних втручаннях. Обов'язковий арсенал хірургічних методик периферичної канюляції має включати праву та ліву стегові та праву аксиллярну артерію.

**Ключові слова:** периферична канюляція, передопераційне КТ-дослідження, штучний кровообіг, мініінвазивне коронарне шунтування, TCRAT, мініінвазивна хірургія клапанів серця.

**Вступ.** Мініінвазивна кардіохірургія (minimally invasive cardiac surgery – MICS) охоплює низку сучасних хірургічних технік, що виконуються через невеликі доступи з меншою хірургічною травмою, ніж операції в умовах повної середньої стернотомії.

Нині доведено, що MICS не поступається в ефективності і безпечності [1, 2] та має низку переваг порівняно із середньою стернотомією: зменшення тривалості госпіталізації та використання препаратів

крові, зниження частоти неврологічних ускладнень і післяопераційних ранових інфекцій, зменшення рівня післяопераційного болю [3–5]. При MICS також відзначається зниження рівня смертності серед людей похилого віку та пацієнтів з ожирінням [6–8].

Однією з ключових складових проведення успішної мініінвазивної операції є безпечне підключення і проведення штучного кровообігу (ШК). Операції на серці із ШК, що виконуються через середню стернотомію, переважно супроводжуються центральною канюляцією для підключення апарата ШК. Зменшення розміру хірургічного доступу при мініінвазивних

операціях на серці в більшості випадків вимагає підключення ШК за межами основного оперативного поля – периферичну канюляцію.

На сьогодні існує велика кількість описаних методик канюляції та підходів до забезпечення ШК при мініінвазивних операціях на серці [13]. Дослідники описують стратегії забезпечення ШК, що засновані на власному досвіді та спостереженнях [11, 12, 14]. Внаслідок широкого різноманіття технік мініінвазивних кардіохірургічних втручань, різного вихідного стану пацієнтів при різній серцевій патології чіткі, уніфіковані критерії та правила підключення ШК відсутні.

У нашій клініці всім пацієнтам із запланованим первинним втручанням на серці, незалежно від патології, ми розглядаємо можливість проведення оперативного втручання в умовах мініінвазивного доступу і маємо уніфіковану стратегію забезпечення ШК.

**Мета** – представити власну стратегію забезпечення ШК та описати методи канюляції, технічні особливості, протипоказання та потенційні ускладнення.

**Матеріали та методи.** З липня 2017 до травня 2021 року ми виконали 1088 первинних операцій на серці у дорослих, з них у 873 (80,2 %) проведено мініінвазивно – без серединної стернотомії (838 операцій із ШК та 35 – без ШК). Перелік із 838 (77 %) втручань, які були виконані мініінвазивно із підключенням до

апарата ШК наведено в таблиці 1. Найчастішим мініінвазивним втручанням було коронарне шунтування, яке виконували за методикою Бабляка О. Д. – TCRAT (Total Coronary Revascularization via Left Anterior miniThoracotomy) [9]. Другим за частотою були втручання на мітральному клапані (МК), у тому числі поєднані з пластикою тристулкового клапана, що проводилися через праву бокову мініторакомотію [10]. Серед цих 160 операцій, протезування МК було виконано в 26 (16,2 %) випадках, пластика МК – у 134 (83,8 %) випадках. Серед 134 реконструктивних операцій на МК найчастішою патологією були фіброеластоз МК – 63 (47 %) втручання та міксоматозна дегенерація МК – 43 (32 %) втручання.

У 50 пацієнтів були проведені комбіновані мініінвазивні операції на серці, які включали поєднання методики TCRAT з одночасною корекцією аортальної вади, мітральної вади чи пластикою аневризми лівого шлуночка через той самий або додатковий мініінвазивний доступ.

З метою представлення нашої стратегії забезпечення ШК при мініінвазивних операціях на серці ми дослідили результати 1088 дорослих пацієнтів, яким з липня 2017 до травня 2021 року було проведено первинне втручання на серці. Всім пацієнтам із запланованим первинним втручанням на серці ми розглядаємо можливість проведення оперативного втручання в умовах мініінвазивного доступу. Двісті два (18,6 %) пацієнти, яким виконано первинну операцію в умовах серединної стернотомії з причин, не пов'язаних із особливостями забезпечення ШК (технічні особливості, ургентний стан), та 35 пацієнтів (3,2 %), прооперованих мініінвазивно без підключення до апарата ШК, були виключені з дослідження (рисунок 1).

Для вибору безпечного місця канюляції всім пацієнтам виконували комп'ютерну томографію (КТ) аорти та магістральних гілок з внутрішньовенним контрастуванням (80–100 мл «Ультравіст 300») від основи черепа до середини стегна. Процедуру виконували не менше ніж за 24 години до оперативного втручання з обов'язковим водним навантаженням після дослідження для ефективнішої елімінації контрастної речовини. Пацієнтам із нирковою недостатністю проводили КТ-дослідження із половинною дозою контрастної речовини.

Також з метою вибору стратегії канюляції всім пацієнтам у передопераційному періоді на підставі антропометричних даних вираховували площу поверхні тіла (body surface area – BSA) за формулою Дюбуа і Дюбуа:  $BSA (m^2) = 0,007184 \times \text{маса (в кг)}^{0,425} \times \text{зріст (у см)}^{0,725}$ .

**Артеріальний доступ для штучного кровообігу.** При більшості мініінвазивних втручань для артеріальної канюляції використовували периферичні магістральні артерії. Вибір місця канюляції відбувся на основі даних передопераційного КТ-дослідження.

**Таблиця 1**

*Мініінвазивні первинні операції на серці в умовах ШК*

| Операція (доступ)                                                                                            | Кількість, n (%) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Коронарне шунтування (ліва передня мініторакомотія)                                                          | 439 (52,4)       |
| Втручання на мітральному клапані, в тому числі із корекцією тристулкової вади (права бокова мініторакомотія) | 160 (19)         |
| Ізольоване втручання на тристулковому клапані (права бокова мініторакомотія)                                 | 9 (1)            |
| Протезування аортального клапана, в тому числі із корекцією мітральної вади (верхня J-shape гемістернотомія) | 97 (11,5)        |
| Протезування аортального клапана (права передня мініторакомотія)                                             | 15 (1,7)         |
| Корекція вроджених вад серця (права бокова або ліва передня мініторакомотія)                                 | 39 (4,6)         |
| Септальна міоектомія (верхня L-shape гемістернотомія)                                                        | 11 (1,3)         |
| Видалення пухлин серця (права бокова мініторакомотія)                                                        | 7 (0,8)          |
| Протезування висхідної аорти (верхня J-shape гемістернотомія)                                                | 15 (1,7)         |
| Комбіновані втручання з двох мініторакомотій                                                                 | 16 (1,9)         |
| Інше                                                                                                         | 30 (4,1)         |
| Усього                                                                                                       | 838 (100)        |



**Рисунок 1.** Структура оперативних втручань, проведених у нашій установі з липня 2017 до травня 2021 року, та схема відбору пацієнтів до дослідження

Примітка. У кольорових затемнених фігурах позначені пацієнти, виключені із дослідження.

Права стегнова артерія (рисунок 2) з огляду на свій діаметр і технічну зручність для канюляції була першочерговим місцем вибору периферичного підключення до апарата ШК.

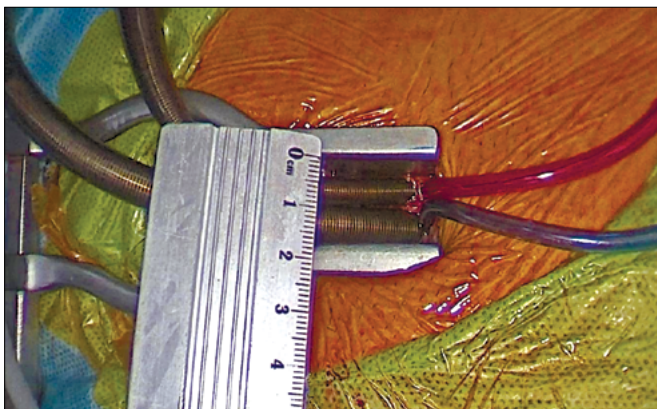
Під час аналізу КТ оцінювали такі фактори:

1. Відсутність значущого атеросклеротичного ураження артерії в місці канюляції.

За даними передопераційної КТ ділянка пункції та канюляції артерії мала бути вільною від атеросклерозу. Наявність гемодинамічно незначущих атером (1–3-го ступеня) поруч з місцем канюляції ми вважали безпечною [12, 14].

2. Оцінювання загального стану магістральних судин проксимальніше на шляху перфузії.

Наявність аневризматичного розширення аорти понад 6 см або ділянок її дисекції, виявлення атером



**Рисунок 2.** Канюльовані праві стегнова артерія (червоний турнікет) та вена (синій турнікет)

4–5-го ступеня (атероми із вираженим кальцинозом і тромбозом), масивного тромбозу черевної аорти, рухливих тромбів з малою площею фіксації, кальцинозу по всій окружності артерії із гемодинамічно значущим звуженням вважали протипоказанням для проведення периферичної стегнової канюляції.

3. Оцінювання відповідності просвіту артерії необхідному мінімальному розміру канюлі.

При BSA < 1,7 м<sup>2</sup> ми використовували канюлі 15–16 Fr, для BSA від 1,7 до 1,9 м<sup>2</sup> – канюлі 16–17 Fr, при BSA 1,9–2,2 м<sup>2</sup> – канюлі 18 Fr, а при BSA > 2,2 м<sup>2</sup> – канюлі 20 Fr. У разі пахвової (а. axillaris) канюляції обирали канюлю на один розмір менше, ніж для стегнової артерії. Ми використовували такі артеріальні канюлі: Bio-Medicus NextGen 15 та 17 Fr (Medtronic), Fem-Flex II 16 Fr (Edwards) та EOPA 18 та 20 Fr (Medtronic).

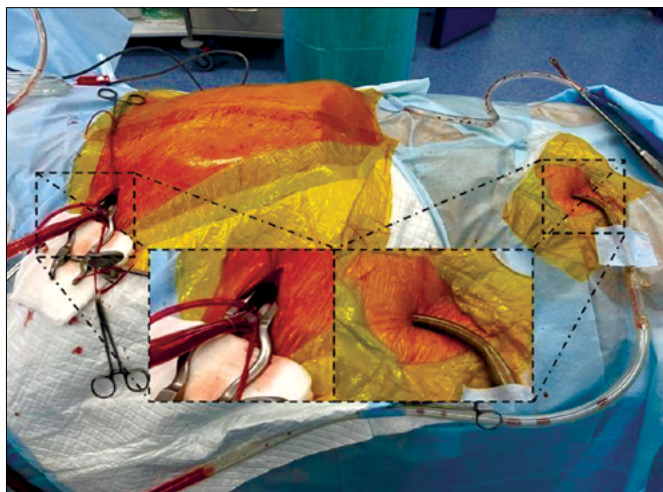
**Методика канюляції стегнової артерії.** За допомогою 2–3-сантиметрового розрізу на 1–2 см вище пахвинної складки в місці пальпації пульсової хвилі (паралельно пупартовій зв'язці) експозувалася передня стінка стегнової артерії (рисунок 2). На передню поверхню судини накладали один кисетний шов Polургоулене 5/0 відповідно до розміру обраної артеріальної канюлі. Встановлення канюль проводили після введення гепарину в дозі 300 Од/кг та досягнення активованого часу згортання вище ніж 400 с. Пункційно, за методикою Сельдінгера, через катетер 14G, внутрішньосудинний провідник позиціонувався в нижній аорті під контролем черезстравохідної ехокардіографії (див. рисунок 4, б). Візуалізація провідника в просвіті аорти важлива для запобігання розшаруванню аорти та забезпечення подальшого просування канюлі в правильному напрямку. По цьому провіднику

заводили канюлю із бужем. Передню стінку артерії додатково розсікали скальпелем у межах кисетного шва, таким чином мінімізується травма судинної стінки порівняно з альтернативною методикою послідовного бужування. Канюлю відповідного розміру заводили на глибину 6–10 см і буж видаляли.

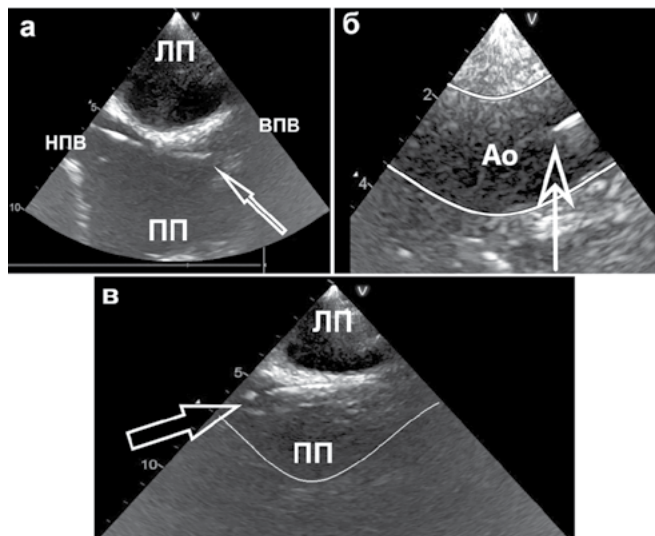
Після деканюляції кисетний шов зав'язували та ділянку канюляції укріплювали додатковим кисетним швом.

**Методика канюляції правої пахвової артерії.** Виконували 2–3-сантиметровий розріз шкіри на 1 см нижче і паралельно до ключиці, медіальніше дельтоподібно-пекторальної борозни. Грудні м'язи розводили за ходом волокон. Судину виділяли на всьому видимому протязі і під неї заводили дві судинні тасьми (проксимально та дистально). На передню поверхню артерії накладали один кисетний шов Polyrpropylene 5/0 відповідно до розміру обраної артеріальної канюлі. Канюлю встановлювали за аналогічним алгоритмом, як і при канюляції стегнової артерії. Канюлю відповідного розміру заводили на глибину 2–5 см і буж видаляли (рисунок 3). З метою інтраопераційного оцінювання дистальної перфузії верхньої кінцівки використовували інвазивний моніторинг тиску з правої променевої артерії, який налагоджували на передопераційному етапі.

**Канюляція висхідної аорти.** Канюляцію висхідної аорти проводили при ізольованому протезуванні аортального клапана через верхню J-shape гемістернотомію. З цієї метою використовували канюлю EOPA 18 та 20 Fr (Medtronic), що займає менше простору порівняно із стандартними артеріальними канюлями DLP з прямим кінчиком 20–22 Fr (Medtronic), які використовували при операціях в умовах середньої стернотомії.



**Рисунок 3.** Пахвова артерія, канюльована відкритим методом (зліва) та перкутанно канюльована стегнова вена (справа)



**Рисунок 4.** Черезстравохідна ехокардіографія: а – бікавальна проекція на 120° під час венозної канюляції, стрілкою вказаний внутрішньосудинний провідник; б – низхідна аорта по довгій осі, стрілкою вказаний внутрішньосудинний провідник; в – бікавальна проекція на 120°, стрілкою вказана багатопросвітна венозна канюля із характерним подвійним ехо-контуром

*Примітка.* Ao – аорта, ВПВ – верхня порожниста вена, ЛП – ліве передсердя, НПВ – нижня порожниста вена, ПП – праве передсердя.

#### **Венозний доступ для штучного кровообігу.**

Стандартною методикою венозної канюляції була периферична канюляція стегнової вени. Стегнову вену канюлювали через доступ, обраний для канюляції стегнової артерії (див. рисунок 2). Перевагу віддавали правій стегновій вені, де менший кут впадіння загальної здухвинної вени в нижню порожнисту вену. У разі пахвової артеріальної канюляції в ряді випадків ми проводили черезшкірну канюляцію стегнової вени. Ми використали багатопросвітні канюлі Bio-Medicus Multi-Stage Femoral Venous Cannulae 21, 25 та 27 Fr (Medtronic).

Передопераційне КТ-дослідження допомогало нам виявити аномалії ходу венозних судин, тромбоз і наявність қава-фільтрів, що може змінити тактику канюляції шляхом зміни сторони стегнової канюляції або додатковою канюляцією внутрішньої яремної вени.

Пацієнтам з площею поверхні тіла більше ніж 2 м<sup>2</sup> та у випадках необхідності бікавальної канюляції (оперативні втручання з доступом до передсердь) для забезпечення адекватного венозного дренажу додатково перкутанно канюлювали внутрішню яремну вену канюлюю DLP Femoral Arterial Cannula 17 Fr або Bio-Medicus NextGen 15 та 19 Fr (Medtronic) (рисунок 5). Цю процедуру виконував анестезіолог на передопераційному етапі.

У більшості випадків мініінвазивних кардіохірургічних операцій налагодження адекватного пасивного венозного дренажу утруднене. Тому ми використовували техніку активного вакуумного венозного дренажу. Ця методика полягає в створенні негативного тиску у венозному резервуарі шляхом приєднання до нього регульованого вакууму. Величину від'ємного тиску коригували за допомогою механічного регулятора в межах від  $-20$  до  $-60$  мм рт. ст. з урахуванням показників центрального венозного тиску.

**Методика канюляції стегнової вени.** Техніка канюляції стегнової вени є подібною до техніки канюляції стегнової артерії і проводилась в умовах того самого доступу. На передню поверхню вени накладали один кисетний шов Polypropylene 5/0. Канюлю встановлювали після введення гепарину в дозі 300 Од/кг та досягнення активованого часу згортання вище 400 с. Пункційно, за методикою Сельдінгера, через катетер 14G внутрішньосудинний провідник позиціонувався в правому передсерді. Цю маніпуляцію виконували під контролем черезстравохідної ехокардіографії в бікавальній проекції (рисунок 4, а). По цьому провіднику встановлювали венозну канюлю за аналогічним до артеріальної канюлі алгоритмом. Локалізацію канюлі в правому передсерді або верхній порожнистій вені здійснювали під контролем черезстравохідної ехокардіографії (рисунок 4, в).

У разі перкутанної канюляції точка пункції розміщувалась на третині відстані від лобкового горбка до передньоверхньої ості здухвинної кістки. Пункцію проводили на 1 см медіальніше від пульсації стегнової артерії. У пацієнтів з надмірною масою тіла використовували передопераційне позначення зони пункції маркером або інтраопераційну ультразвукову навігацію. Пункційно, за методикою Сельдінгера, через катетер 14G вводили внутрішньосудинний провідник. По цьому провіднику для розширення каналу послідовно заводили бужі (6, 11, 15, 19 та 25 Fr). Потім заводили венозну канюлю. З метою гемостазу навколо ділянки пункції накладали кисетний шов, що охоплював зону на 2 см проксимальніше пункції. Після деканюляції цей шов затягується, створюючи компресію навколишніми тканинами. Після деканюляції проводили мануальну компресію ділянки пункції протягом 20 хв.

**Методика канюляції внутрішньої яремної вени.** Канюляцію виконував анестезіолог на передопераційному етапі перкутанно за методикою Сельдінгера (рисунок 5). Перед пункцією внутрішньовенно та в просвіт канюлі вводили 5 тис. Од нефракціонованого гепарину. Пункцію вени виконували під ультразвуковою навігацією голкою 14G по задньому краю грудинно-ключично-соскоподібного м'яза проксимальніше місця її катетеризації. Через голку вводили внутрішньосудинний провідник. По цьому провіднику для розширення каналу послідовно заводили бужі (6, 9,



**Рисунок 5.** Перкутанно канюльована права внутрішня яремна вена

11, 15 та за потреби 19 Fr). Потім заводили венозну канюлю. Після деканюляції проводили мануальну компресію зони пункції протягом 5 хв і зав'язували попередньо накладений фіксуючий кисетний шов.

**Результати.** Наша стратегія вибору методу канюляції, що базується на володінні достатнім арсеналом методик периферичної канюляції та врахуванні результатів передопераційного КТ-дослідження із внутрішньовенним контрастуванням, спрямована на своєчасне урахування наявних ризиків ускладнень і вибір альтернативного методу канюляції за потреби.

Із липня 2017 до травня 2021 року ми виконали 838 первинних мініінвазивних операцій на серці у дорослих в умовах ШК (коронарне шунтування, хірургія клапанів серця, хірургія аорти та легеневих артерій, втручання на шлуночках, корекції вроджених вад і комбіновані втручання). Тринадцять (1,5 %) пацієнтів не були прооперовані в умовах мінідоступу через причини, пов'язані із вибором методу канюляції та виявлені на передопераційному КТ-дослідженні (генералізований атеросклероз, розшарування аорти). Таким чином, наша стратегія виконання ШК забезпечила можливість проведення попередньо запланованого мініінвазивного втручання в 98,5 % випадків.

Центральну канюляцію висхідної аорти та вухка правого передсердя виконували лише при операціях ізольованого протезування аортального клапана через верхню J-shape гемістернотомію (84 операції – 10 %).

Периферична канюляція була виконана у 754 (90 %) пацієнтів. Права стегнова артерія була канюльована в 692 (91,7 %) випадках разом із правою стегновою веною, ліва стегнова артерія – у 37 (4,9 %) разом із лівою стегновою веною, а права пахвова – у 25 (3,3 %) випадках разом із канюляцією правої стегно-

Таблиця 2

## Післяопераційні ускладнення

| Ускладнення                                                     | Частота     |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| Великі ускладнення                                              | 10 (1,32 %) |
| Післяопераційний інсульт, n (%)                                 | 6 (0,79 %)  |
| Гостре розшарування аорти, n (%)                                | 1 (0,13 %)  |
| Гостре пошкодження нирок, що потребує діалізу, n (%)            | 3 (0,39 %)  |
| Травма стегнової артерії, n (%)                                 | 0 (0)       |
| Компартмент-синдром нижньої кінцівки, n (%)                     | 0 (0)       |
| Травма стегового нерва, n (%)                                   | 0 (0)       |
| Малі ускладнення                                                |             |
| Пахові сероми / поверхневі інфекційні ранові ускладнення, n (%) | 15 (2,0 %)  |
| Ускладнення венозної канюляції                                  |             |
| Гематома після яремної канюляції, n (%)                         | 9 (1,2 %)   |

вої вени відкрито, або перкутанно (n = 5, 0,6 %). Права внутрішня яремна вена додатково до стегнової була канюльована перкутанно в 569 (75,4 %) випадках.

У 62 (8,2 %) пацієнтів, яким планували периферичну артеріальну канюляцію, було виявлено ураження периферичних артерій на передопераційному КТ-дослідженні. У всіх цих пацієнтів вдалося провести безпечний та ефективний ШК, використовуючи альтернативні місця канюляції (ліву стегонову або праву пахову артерію). У 56 (90,3 %) таких пацієнтів було проведено коронарне шунтування в умовах лівої передньої торакальної за методикою TCRAT [9], у 4 (6,4 %) – втручання на мітральному та/або тристулкового клапанах, у 2 (3,2 %) – комбіновані втручання.

У таблиці 2 показана частота ускладнень, пов'язаних з периферичною канюляцією, у 754 пацієнтів, яким ми провели первинні мініінвазивні кардіохірургічні втручання з липня 2017 до травня 2021 року. До великих ускладнень ми відносили: інсульт, гостре пошкодження нирок, що потребувало діалізу, ретроградну дисекцію аорти, травмування артерії, ішемію кінцівок та компартмент-синдром. Малими ускладненнями вважали післяопераційні сероми та гематоми.

**Обговорення.** Периферична канюляція, а особливо канюляція стегнової артерії, – один з основоположних факторів успішної мініінвазивної операції, однак є дані досліджень про пов'язані з нею ускладнення. Ускладненням периферичної канюляції, зокрема при ретроградній перфузії, що привертає найбільше уваги дослідників [11–18], є інсульт.

Gammie JS et al. [16] вивчали результати мініінвазивних операцій на мітральному клапані порівняно із серединною стернотомією з бази даних Товариства торакальних хірургів (The Society of Thoracic Surgeons). Частота інсультів була вищою в мініінвазивній групі (1,87 проти 0,93 %), але була пов'язана не з канюля-

цією стегнової артерії (відношення шансів 1,39, 95 %, довірчий інтервал: 0,9–2,15, p = 0,14), а з виконанням операцій на штучній фібриляції серця, які асоціювалися з утричі вищим ризиком інсульту (відношення шансів 3,03, 95 % довірчий інтервал: 1,66–5,51, p = 0,0003). З досвіду Lamelas et al. [12, 13] також зазначається, що головна умова зменшення ризиків післяопераційного інсульту при мініінвазивних операціях на клапанах (особливо без перетискання аорти) – це ефективні методи деаерації, тотожні зі стандартними при серединній стернотомії.

У дослідження LaPietra et al. потрапив 1501 послідовний пацієнт, яким було виконано ізольовані втручання на клапанах через мініторакалотомію [19]. Стегнову канюляцію використовували у 90,5 % випадків. Частота інсульту в групі канюляції стегнової артерії та в групі канюляції пахової артерії або висхідної аорти становила 1,4 % і 2,9 % відповідно (p = 0,15), що не було статистично значущим.

Lamelas et al. [12] повідомляють про дуже низьку захворюваність на інсульт (1,17 %) у пацієнтів, яким було виконано стегонову канюляцію, включаючи пацієнтів з перенесеним інсультом або периферичним атеросклерозом, що було навіть нижче порівняно з паховою або центральною канюляцією (2,6 %).

Рівень інсультів у нашому дослідженні – 0,79 %, що нижче, ніж у інших дослідників [11–17], хоча в нашу вибірку, на відміну від описаних вище досліджень, також входять 499 (66,2 %) пацієнтів, оперованих з приводу ішемічної хвороби серця, а пацієнти цієї групи мають більш виражені атеросклеротичні зміни та вищий передопераційний ризик інсульту [20]. Ми вважаємо, що це наслідок рутинного використання передопераційного КТ. Низка досліджень [21, 22] вказують на достовірне зниження ризику інсульту в кардіохірургічних пацієнтів, яким було проведено передопераційне КТ-дослідження, що пов'язано з уникненням або мінімізацією маніпуляцій з ураженими артеріями. Nakamura et al. у дослідженні [14], в яке увійшло 270 пацієнтів, прооперованих із периферичною канюляцією, зазначають про ефективність стратегії вибору методу канюляції на підставі передопераційного КТ-дослідження.

Кардіохірургічні втручання та використання апарата штучного кровообігу пов'язані із підвищеним ризиком гострого пошкодження нирок, що виникає у 8,9–39 % пацієнтів залежно від особливостей передопераційного стану пацієнта та виду оперативного втручання [18, 23, 24]. Такий значний діапазон поширеності цього ускладнення пов'язаний із використанням різних систем класифікації гострого пошкодження нирок – KDIGO, STS та ін. Гостре пошкодження нирок, що потребує діалізу, виникає в 1–5 % пацієнтів [24, 25], рідше супроводжує операції ізольованого коронарного шунтування і частіше виникає при опе-

раціях на клапанах та комбінованих втручаннях [24]. Серед пацієнтів нашого дослідження гостре пошкодження нирок, що потребувало діалізу, виникло у 3 пацієнтів (0,39 %). Отриманий результат ми розглядаємо як наслідок дотримання загальних принципів нефропротекції під час КТ-дослідження та обережнішої маніпуляції з ураженими атеросклерозом артеріями завдяки виявленню їх на передопераційній КТ. Відсутність перетискання кальцинованої аорти та канюляції кальцинованих артерій зменшує ризики емболізації атеротромботичних мас, у тому числі і в нирки і, отже, має нефропротективний характер.

Гостре розшарування аорти – рідкісне ускладнення, що за даними літератури трапляється в 0,06 % кардіохірургічних втручань та пов'язано із 48 % летальністю [26]. Взаємозв'язок використання периферичної канюляції та збільшення ризику дисекції аорти не досліджено, хоча за базою даних STS серед пацієнтів із таким ускладненням стегова канюляція трапляється частіше (відношення шансів 2,67, 95 %, довірчий інтервал: 1,78–3,99), але достеменно невідомо, це причина дисекції чи наслідок [26].

Ми маємо один випадок (0,13 %) гострого розшарування аорти після стегової канюляції під час рутинного коронарного шунтування через ліву передню торакотомію. На передопераційному КТ-дослідженні було виявлено поширений атеросклероз без гемодинамічно суттєвих звужень та ознак масивного тромбозу, увагу привертав виражений атерокальциноз, що в ділянці клубових артерій утворював циркулярні кальцієві муфти. Дисекцію було виявлено відразу після запуску ШК. Штучний кровообіг зупинили та провели конверсію до серединної стернотомії із протезуванням висхідної аорти та аортального клапана (на передопераційній ехокардіографії – комбінована аортальна вада із перевагою помірного стенозу). На післяопераційній КТ підтверджено розшарування аорти із вірогідним первинним місцем розшарування в черевній аорті.

За даними Lamelas et al. [12, 13], такі ускладнення, як ішемія кінцівок та компартмент-синдром виникають в 0,08 % пацієнтів після стегової канюляції, пошкодження стегового нерва, пряме пошкодження стегової артерії – у 0,07 %. Серед наших пацієнтів таких ускладнень не відзначено.

Пахвові сероми або поверхневі інфекційні ранові ускладнення зафіксовано в 15 пацієнтів – 2,0 %, що також нижче, ніж в інших авторів (4–7 %) [1, 3, 5, 8, 11, 12, 17]. Важливим аспектом у профілактиці післяопераційної сероми в ділянці канюляції є мінімальна площа експозиції судини (на відміну від методик, коли стегові судини виділяються на всьому протязі та підводяться на судинних тасьмах), щільне пошарове закриття рани (поверхневу фасцію над зоною канюляції можна захити в два шари).

Ускладнення з боку вен при відкритій канюляції є рідкістю. З іншого боку, черезшкірна венозна канюляція пов'язана з підвищеним ризиком кровотечі та утворенням гематоми. Ми зафіксували 9 (1,2 %) випадків гематоми після перкутанної канюляції яремної вени. Важливими потенційними ускладненнями залишаються перфорація порожнистих вен, правого передсердя і правого шлуночка навіть з рутинним використанням черезстравохідної ехокардіографії [12].

#### Висновки

1. Наша стратегія забезпечення ШК дала змогу провести мініінвазивне кардіохірургічне втручання в 98,5 % пацієнтів.
2. Проведення передопераційного КТ-дослідження є обов'язковим для планування стратегії підключення ШК при мініінвазивних кардіохірургічних втручаннях. Рутинне застосування цього методу дало можливість зменшити сумарну кількість великих ускладнень при проведенні периферичного ШК до 1,32 % та в 1,5 % випадків відмовитися від периферичної канюляції та мініінвазивного втручання.
3. Обов'язковий арсенал хірургічних методик периферичної канюляції має включати праву та ліву стегові та праву аксілярну артерію.

**Конфлікт інтересів:** відсутній.

**Conflicts of interest:** authors have no conflict of interest to declare.

#### Список використаних джерел

##### References

1. Guo MH, Wells GA, Glineur D, Fortier J, Davierwala PM, Kikuchi K, Lemma MG, Mishra YK, McGinn J, Ramchandani M, Rabindra P, Nambala S, Chiu KM, Kiai B, Gibson S, Ruel M. Minimally Invasive coronary surgery compared to STernotomy coronary artery bypass grafting: The MIST trial. *Contemp Clin Trials*. 2019;78:140-5. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2019.01.006>
2. Nissen AP, Miller CC 3rd, Thourani VH, Woo YJ, Gammie JS, Ailawadi G, Nguyen TC. Less Invasive Mitral Surgery Versus Conventional Sternotomy Stratified by Mitral Pathology. *Ann Thorac Surg*. 2021;111(3):819-27. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.05.145>
3. Grant SW, Hickey GL, Modi P, Hunter S, Akowuah E, Zacharias J. Propensity-matched analysis of minimally invasive approach versus sternotomy for mitral valve surgery. *Heart*. 2019;105(10):783-9. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2018-314049>
4. Elmahdy HM, Nascimento FO, Santana O, Lamelas J. Outcomes of minimally invasive triple valve surgery performed via a right anterior thoracotomy approach. *J Heart Valve Dis*. 2013;22(5):735-9.
5. Alnajjar A, Aberle C, Lamelas J. Minimally invasive, simplified double-layer left atrial appendage closure. *J Card Surg*. 2020;35(6):1322-4. <https://doi.org/10.1111/jocs.14563>
6. Welp HA, Herlemann I, Martens S, Deschka H. Outcomes of aortic valve replacement via partial upper sternotomy

- versus conventional aortic valve replacement in obese patients. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2018;27(4):481-6. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivy083>
7. Lamelas J, Sarria A, Santana O, Pineda AM, Lamas GA. Outcomes of Minimally Invasive Valve Surgery Versus Median Sternotomy in Patients Age 75 Years or Greater. *Ann Thorac Surg.* 2011;91(1):79-84. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2010.09.019>
  8. Santana O, Reyna J, Benjo AM, Lamas GA, Lamelas J. Outcomes of minimally invasive valve surgery in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;42(4):648-52. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezs098>
  9. Babliak O, Demianenko V, Melnyk Y, Revenko K, Pidgayna L, Stohov O. Complete Coronary Revascularization via Left Anterior Thoracotomy. *Innovations (Phila).* 2019;14(4):330-41. <https://doi.org/10.1177/1556984519849126>
  10. Babliak OD, Demianenko VM, Babliak DY, Marchenko AI, Revenko KA, Pidgayna LV. [Right Minithoracotomy as a Standard Approach for Mitral Valve Surgery]. *Ukrainian Journal Of Cardiovascular Surgery.* 2020;(1(38)):23-8. Ukrainian. <https://doi.org/10.30702/ujcvs/20.3803/013023-028>
  11. Crooke GA, Schwartz CF, Ribakove GH, Ursomanno P, Gogoladze G, Culliford AT, Galloway AC, Grossi EA. Retrograde Arterial Perfusion, Not Incision Location, Significantly Increases the Risk of Stroke in Reoperative Mitral Valve Procedures. *Ann Thorac Surg.* 2010;89(3):723-9; discussion 729-30. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.11.061>
  12. Lamelas J, Williams RF, Mawad M, LaPietra A. Complications Associated With Femoral Cannulation During Minimally Invasive Cardiac Surgery. *Ann Thorac Surg.* 2017;103(6):1927-32. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.09.098>
  13. Lamelas J, Aberle C, Macias AE, Alnajar A. Cannulation Strategies for Minimally Invasive Cardiac Surgery. *Innovations (Phila).* 2020;15(3):261-9. <https://doi.org/10.1177/1556984520911917>
  14. Nakamura Y, Nishijima S, Kuroda M, Nakayama T, Tsuruta R, Yoshiyama D, Yasumoto Y, Ito Y. Perfusion strategy using axillary or femoral cannulation for minimally invasive cardiac surgery: experience in 270 patients with computed tomography-based criteria. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2021;59(6):1200-7. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezaa469>
  15. Grossi EA, Loulmet DF, Schwartz CF, Solomon B, Dellis SL, Culliford AT, Zias E, Galloway AC. Minimally invasive valve surgery with antegrade perfusion strategy is not associated with increased neurologic complications. *Ann Thorac Surg.* 2011;92(4):1346-9; discussion 1349-50. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.04.055>
  16. Gammie JS, Zhao Y, Peterson ED, O'Brien SM, Rankin JS, Griffith BP. Less-Invasive Mitral Valve Operations: Trends and Outcomes From The Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database. *Ann Thorac Surg.* 2010;90(5):1401-1410.e1. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2010.05.055>
  17. Murzi M, Cerillo AG, Miceli A, Bevilacqua S, Kallushi E, Farneti P, Solinas M, Glauber M. Antegrade and retrograde arterial perfusion strategy in minimally invasive mitral-valve surgery: a propensity score analysis on 1280 patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013;43(6):e167-72. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt043>
  18. Crawford TC, Magruder JT, Grimm JC, Lee SR, Suarez-Pierre A, Lehenbauer D, Sciortino CM, Higgins RS, Cameron DE, Conte JV, Whitman GJ. Renal Failure After Cardiac Operations: Not All Acute Kidney Injury Is the Same. *Ann Thorac Surg.* 2017;104(3):760-6. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2017.01.019>
  19. LaPietra A, Santana O, Mihos CG, DeBeer S, Rosen GP, Lamas GA, Lamelas J. Incidence of cerebrovascular accidents in patients undergoing minimally invasive valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;148(1):156-60. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.08.016>
  20. O'Brien SM, Feng L, He X, Xian Y, Jacobs JP, Badhwar V, Kurlansky PA, Furnary AP, Cleveland JC Jr, Lobdell KW, Vassileva C, Wyler von Ballmoos MC, Thourani VH, Rankin JS, Edgerton JR, D'Agostino RS, Desai ND, Edwards FH, Shahian DM. The Society of Thoracic Surgeons 2018 Adult Cardiac Surgery Risk Models: Part 2—Statistical Methods and Results. *Ann Thorac Surg.* 2018;105(5):1419-28. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.03.003>
  21. den Harder AM, de Heer LM, Meijer RC, Das M, Krestin GP, Maessen JG, Bogers AJ, de Jong PA, Leiner T, Budde RP. Effect of computed tomography before cardiac surgery on surgical strategy, mortality and stroke. *Eur J Radiol.* 2016;85(4):744-50. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.01.003>
  22. Sandner SE, Nolz R, Loewe C, Gregorich M, Heinze G, Andreas M, Kolh P, Zimpfer D, Laufer G. Routine preoperative aortic computed tomography angiography is associated with reduced risk of stroke in coronary artery bypass grafting: a propensity-matched analysis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2020;57(4):684-90. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezz237>
  23. Rosner MH, Okusa MD. Acute Kidney Injury Associated with Cardiac Surgery. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2006;1(1):19-32. <https://doi.org/10.2215/cjn.00240605>
  24. Mao H, Katz N, Ariyanon W, Blanca-Martos L, Adýbelli Z, Giuliani A, Danesi TH, Kim JC, Nayak A, Neri M, Virzi GM, Brocca A, Scalzotto E, Salvador L, Ronco C. Cardiac Surgery-Associated Acute Kidney Injury. *Cardiorenal Med.* 2013;3(3):178-99. <https://doi.org/10.1159/000353134>
  25. O'Neal JB, Shaw AD, Billings FT 4th. Acute kidney injury following cardiac surgery: current understanding and future directions. *Crit Care.* 2016;20(1):187. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1352-z>
  26. Williams ML, Sheng S, Gammie JS, Rankin JS, Smith PK, Hughes GC. Aortic Dissection as a Complication of Cardiac Surgery: Report From The Society of Thoracic Surgeons Database. *Ann Thorac Surg.* 2010;90(6):1812-6; discussion 1816-7. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2010.05.023>



## Perfusion Strategy for Minimally Invasive Cardiac Surgery

Oleksandr D. Babliak, Volodymyr M. Demianenko, Anton I. Marchenko, Lilia V. Pidgaina, Dmytro Ye. Babliak, Oleksii S. Stohov

Cardiosurgery Center of Dobrobut Health Care Network, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** Minimally invasive cardiac surgery (MICS) has a number of proven advantages compared to median sternotomy. Safe cannulation and perfusion are some of the main components of the success of MICS.

**The aim.** To present our perfusion strategy and describe the methods of cannulation, technical features, contraindications and potential complications.

**Materials and methods.** We examined the results of 1088 adult patients who underwent primary cardiac surgery in our hospital (coronary artery bypass grafting, valve surgery, aortic surgery, left ventricle repair, congenital cardiac surgery and combined procedures) from July 2017 to May 2021. Of these, 851 patients were qualified for MICS. To select a safe cannulation strategy, we performed contrast enhanced computed tomography (CT) of the aorta and main branches for all the patients, also we calculated the body surface area according to the DuBois and DuBois formula.

**Results.** We performed 838 minimally invasive on-pump procedures, which is 98.5% of all patients qualified for MICS. According to the results of the preoperative CT scan, 13 (1.5%) patients were not operated with the minimally invasive approach due to the hazards related to the provision of cardiopulmonary bypass. Peripheral cannulation was performed in 754 (90%) patients and an alternative cannulation site was selected in 62 (8.2%) patients based on preoperative CT data. There were 10 (1.32%) patients who developed major complications (stroke, acute aortic dissection, acute renal failure requiring hemodialysis) after peripheral cannulation.

**Conclusions.** Preoperative CT scan is mandatory for planning a perfusion strategy in minimally invasive cardiac surgery. The required surgical techniques should include cannulation of the right and left femoral and right axillary arteries.

**Keywords:** *peripheral cannulation, preoperative CT scan, cardiopulmonary bypass, minimally invasive CABG, TCRAT, minimally invasive valve surgery.*

Стаття надійшла в редакцію 02.11.2021 р.