

Кашченко Ю. В., д-р філософії, старший науковий співробітник відділу хірургічного лікування ішемічної хвороби серця, <http://orcid.org/0000-0003-1389-8262>

Байлиєв А. Т., молодший науковий співробітник відділу інноваційних та кардіохірургічних технологій, <http://orcid.org/0009-0008-2584-2569>

Купчинський В. О., аспірант денної форми навчання, молодший науковий співробітник відділу хірургічного лікування серцевої недостатності та механічної підтримки серця та легень, <http://orcid.org/0000-0002-9785-7777>

Саргош О. І., аспірант денної форми навчання, молодший науковий співробітник відділу хірургічного лікування хірургічного лікування патології аорти, <https://orcid.org/0000-0003-1525-038X>

Дядюн Д. М., д-р філософії, старший науковий співробітник відділу хірургічного лікування серцевої недостатності та механічної підтримки серця та легень, <http://orcid.org/0000-0002-3350-2758>

Семенів П. М., д-р філософії, старший науковий співробітник відділу хірургічного лікування серцевої недостатності та механічної підтримки серця та легень, <http://orcid.org/0000-0001-8382-925X>

Руденко М. Л., д-р мед. наук, завідувач відділу хірургічного лікування ішемічної хвороби серця, <https://orcid.org/0000-0002-0292-3250>

ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ, Україна

Переваги вибору мінімально інвазивного коронарного шунтування в умовах воєнного стану

Резюме

Мінімально інвазивне коронарне шунтування є перспективним методом хірургічної реваскуляризації міокарда при ішемічній хворобі серця, що виконується через мініторакотомний доступ без застосування штучного кровообігу. В умовах воєнного стану застосування малоінвазивних технологій набуває особливого значення через необхідність оптимізації використання обмежених ресурсів, зменшення крововтрати та скорочення терміну реабілітації пацієнтів. Мінімально інвазивне коронарне шунтування дозволяє забезпечити ефективну реваскуляризацію при мінімальній хірургічній травмі, що є критично важливим для військовослужбовців, які потребують швидкого функціонального відновлення.

Мета. Обґрунтувати доцільність впровадження мінімально інвазивних технологій коронарного шунтування для покращення результатів реваскуляризації міокарда в умовах обмежених ресурсів під час воєнного стану.

Матеріали та методи. У дослідження включено 42 пацієнти, розподілених на дві групи: основна група (міні-доступ) – 16 пацієнтів (100 % військовослужбовців), яким виконано коронарне шунтування через мінібоковий доступ, та група порівняння (стернотомія) – 26 пацієнтів, яким виконано традиційне АКШ через серединну стернотомію. Усі операції в основній групі виконувалися на працюючому серці (off-pump). Проведено аналіз інтраопераційних та післяопераційних показників.

Результати. Мінімально інвазивний доступ супроводжувався статистично значущим зниженням інтраопераційної крововтрати (140 ± 17 мл проти 200 ± 50 мл, $p=0,041$), потреби у гемотрансфузії (6,2 % проти 30,8 %, $p=0,048$), тривалості штучної вентиляції легень ($3,5 \pm 1,2$ год проти $6,5 \pm 2,8$ год, $p=0,001$), перебування у ВРІТ ($1,0 \pm 0,2$ днів проти $2,2 \pm 0,9$ днів, $p<0,001$) та загальної госпіталізації ($9,2 \pm 3,5$ днів проти $13,8 \pm 5,2$ днів, $p=0,003$). Частота післяопераційних ускладнень була статистично значущо нижчою при міні-доступі (6,2 % проти 42,3 %, $p=0,015$). Крім того, важливим аспектом є зниження потреби у компонентах крові, що дозволяє зберегти обмежені запаси для пацієнтів з масивною бойовою травмою. Госпітальної летальності не спостерігалось в жодній групі.

Ключові слова: мінімально інвазивне коронарне шунтування, малоінвазивна кардіохірургія, ішемічна хвороба серця, off-pump реваскуляризація, міні-торакалотомія, аортокоронарне шунтування.

Вступ. Ішемічна хвороба серця залишається провідною причиною смертності у всьому світі, що обумовлює постійний пошук оптимальних методів реваскуляризації міокарда [1]. Традиційне аортокоронарне шунтування через серединну стернотомію, незважаючи на високу ефективність, супроводжується значною хірургічною травмою, тривалим періодом реабілітації та потенційними ускладненнями, пов'язаними з розтином груднини [2]. У відповідь на ці обмеження наприкінці 1990-х років була розроблена методика мінімально інвазивного прямого коронарного шунтування (MIDCAB – minimally invasive direct coronary artery bypass), яка виконується через мініторакалотомію без застосування штучного кровообігу [3].

Метод MIDCAB передбачає реваскуляризацію передньої стінки лівого шлуночка шляхом анастомозування лівої внутрішньої грудної артерії (ЛВГА) з передньою міжшлуночковою гілкою (ПМЖГ) через мініторакалотомний доступ довжиною 5-8 см у четвертому або п'ятому міжребер'ї [4]. Цей підхід дозволяє уникнути травми груднини, знизити крововтрату, скоротити тривалість штучної вентиляції легень та прискорити післяопераційне відновлення пацієнтів [5]. Сучасні дослідження демонструють, що MIDCAB є безпечною та ефективною альтернативою традиційному коронарному шунтуванню (КШ) при ізольованому ураженні ПМЖГ, з показниками проходності шунтів, що сягають 94-96 % [1,6].

Довгострокові результати застосування MIDCAB підтверджують його клінічну ефективність. За даними багатоцентрових досліджень, 10-річна виживаність пацієнтів після MIDCAB становить 76-78 %, що є порівнянним з результатами традиційного коронарного шунтування [7,8]. При цьому пацієнти після MIDCAB характеризуються меншою частотою раневих інфекцій (0,7 % проти 2,8 % при стернотомії), коротшим періодом перебування у відділенні інтенсивної терапії та загальним терміном лікування [9]. Особливо важливим є той факт, що MIDCAB може виконуватися як компонент гібридної реваскуляризації у пацієнтів з багатосудинним ураженням, що розширює можливості його клінічного застосування [1].

Порівняльні дослідження MIDCAB та традиційного КШ через стернотомію демонструють переваги малоінвазивного доступу у короткостроковій перспективі при збереженні еквівалентних довгострокових результатів [10]. Мета-аналіз, що включав понад 6000 пацієнтів, показав відсутність значущих відмінностей у госпітальній летальності (1,6 % для MIDCAB проти 2,2 % для стернотомії), проте MIDCAB асоціювався з меншою частотою післяопераційних ускладнень та коротшим терміном лікування [11]. Важливо зазначити, що застосування сучасних стабілізаторів міокарда під час виконання MIDCAB значно покращило результати операції, знизивши частоту стенозів анастомозів з 9,6 % до 3,7 % [11].

Однак впровадження MIDCAB у широку клінічну практику стримується декількома факторами. По-

перше, методика характеризується довшим терміном навчання порівняно зі серединною стернотомією, крім цього, необхідне досконале опанування класичного серединного доступу [12]. По-друге, MIDCAB традиційно розглядається як процедура для пацієнтів з ізольованим ураженням ПМЖГ, хоча сучасні модифікації дозволяють виконувати багатосудинну реваскуляризацію [1,4]. По-третє, відсутність достатньої кількості рандомізованих контрольованих досліджень обмежує доказову базу методу, хоча існуючі обсерваційні дослідження демонструють обнадійливі результати [13].

Особливий інтерес представляє застосування малоінвазивних кардіохірургічних технологій в умовах обмежених ресурсів та екстремальних ситуацій. Воєнні конфлікти історично слугували каталізаторами розвитку кардіохірургії, стимулюючи впровадження нових хірургічних методик та організаційних підходів [14]. Досвід роботи кардіохірургічних центрів в Україні під час повномасштабного російського вторгнення, що розпочалося у 2022 році, демонструє унікальні виклики: необхідність продовження надання високоспеціалізованої допомоги в умовах постійних ракетних обстрілів, перебоїв з електропостачанням, обмеженнями у постачанні медичних засобів та евакуації персоналу [15,16]. За даними українських кардіохірургів, операції нерідко виконувалися у бомбоховищах госпіталів, при світлі ліхтариків та автономних генераторів, що вимагало максимальної адаптації хірургічних технологій [16,17].

Незважаючи на те, що кардіологічна та кардіохірургічна допомога в Україні залишається одним з найбільш розвинених напрямків медицини, визнаним міжнародною спільнотою [18], досвід застосування специфічних хірургічних методик, зокрема MIDCAB, в умовах воєнного стану залишається недостатньо вивченим. Це дослідження є першим, що аналізує результати виконання мінімально інвазивного коронарного шунтування в умовах активних бойових дій та їх наслідків. Попередні публікації описували переважно загальні аспекти роботи кардіохірургічних центрів під час війни [15,16] або зосереджувалися на інших кардіологічних втручаннях [17], проте систематичний аналіз технічних особливостей та результатів MIDCAB у воєнний період раніше не проводився.

Мета. Обґрунтувати доцільність впровадження мінімально інвазивних технологій коронарного шунтування для покращення результатів реваскуляризації міокарда в умовах обмежених ресурсів під час бойових дій.

Матеріали та методи. У дослідження включено 42 пацієнти, які були розподілені на дві групи:

Основна група (міні-доступ) – 16 пацієнтів, яким виконано ізольоване коронарне шунтування через міні-боковий доступ. До групи увійшли операції MIDCAB (n=5) з ізольованим шунтуванням передньої міжшлуночкової гілки та з множинною реваскуляризацією через міні-доступ (n=11). Усі операції викону-

валися без апарата штучного кровообігу (off-pump). Всі пацієнти (100 %) були військовослужбовцями Збройних Сил України.

Група порівняння (стернотомія) – 26 пацієнтів, яким виконано традиційне аортокоронарне шунтування через серединну стернотомію. Група порівняння включала операції ізольованого АКШ (n=11) та множинного МКШ (n=15). Реваскуляризація проводилася на працюючому серці.

Розподіл пацієнтів на групи проводився на основі анатомічних особливостей ураження коронарних артерій, наявності супутньої патології та технічної можливості виконання реваскуляризації через міні-доступ. Пацієнти з ізольованим або переважним ураженням ПМШГ та її гілок були кандидатами для міні-інвазивного підходу.

Критерії включення та виключення

Критерії включення в основну групу (міні-доступ):

Підтверджена ішемічна хвороба серця з показаннями до хірургічної реваскуляризації міокарда

Ізольоване коронарне шунтування без супутніх втручань на клапанах або аорті.

Операція виконана через міні-боковий доступ.

Критерії включення в групу порівняння (стернотомія):

1. Підтверджена ішемічна хвороба серця з показаннями до коронарного шунтування;
2. Ізольоване коронарне шунтування (АКШ або МКШ) через серединну стернотомію.

Критерії виключення для обох груп:

1. Гострий інфаркт міокарда на момент операції
2. Нестабільна гемодинаміка, що вимагала екстреної операції
3. Супутні вади серця, що потребували одномоментної корекції

Характеристика пацієнтів

Для оцінки порівняльності досліджуваних груп проведено аналіз демографічних та клінічних характеристик пацієнтів (таблиця 1).

Аналіз основних даних анамнезу пацієнтів показав, що основна група характеризувалася де-

що старшим віком пацієнтів (60,8±8,0 років проти 58,9±8,7 років), що відображає демографічну структуру військовослужбовців діючої армії. Розподіл за статтю суттєво відрізнявся між групами: серед пацієнтів основної групи переважали чоловіки (87,5 %), тоді як у групі порівняння співвідношення було більш збалансованим (57,7 % чоловіків). За частотою супутньої патології групи були порівнянними: артеріальна гіпертензія спостерігалася у 81,2 % пацієнтів основної групи та 84,6 % групи порівняння, цукровий діабет – у 18,8 % та 15,4 % відповідно, інфаркт міокарда в анамнезі – у 37,5 % та 30,8 %.

Результати та обговорення

Хірургічна техніка

Мініально інвазивне коронарне шунтування

Операції виконувалися через **боковий міні-доступ** довжиною 5-8 см у четвертому або п'ятому лівому міжребер'ї за передньою або середньою пахвовою лінією (рисунок 1). Позиціонування пацієнта здійснювалося у положенні на спині з помірним підніманням лівого боку на 20-30° за допомогою валика. Доступ до плевральної порожнини проводився шляхом акуратної дисекції міжреберних м'язів із мінімізацією травматизації міжреберного нервово-судинного пучка.

Після розкриття плевральної порожнини встановлювався ретрактор із м'яким покриттям для оптимальної візуалізації операційного поля без травматизації ребер. Виконувалася мобілізація лівої внутрішньої грудної артерії від підключичної артерії до біфуркації на протязі 12-15 см з використанням електрокоагуляції та кліпування бокових гілок. Після розкриття перикарда та візуалізації цільової коронарної артерії здійснювалася стабілізація міокарда за допомогою механічних стабілізаторів типу Octopus або Stabilizer. Для створення безкровного операційного поля застосовувалися інтракоронарні шунти та/або проксимальна оклюзія артерії за допомогою атравматичних судинних затискачів.

Коронаротомія виконувалася лезом №11 з подальшим розширенням за допомогою коронарних ножиць. Довжина артеріотомії складала 5-8 мм залежно від діаметру судини. Анастомози формувалися

Таблиця 1

Характеристика пацієнтів основної групи та групи порівняння

Показник	Міні-доступ (n=16)	Стернотомія (n=26)	p
Вік, років	60,8±8,0	58,9±8,7	0.474
Чоловіки	14 (87,5 %)	15 (57,7 %)	0.084
Жінки	2 (12,5 %)	11 (42,3 %)	0.084
ІМТ, кг/м ²	25,5±4,7	27,2±3,5	0.219
Фракція викиду ЛШ, %	56,7±5,1	55,0±8,0	0.405
Цукровий діабет	3 (18,8 %)	4 (15,4 %)	1.000
Артеріальна гіпертензія	13 (81, 2%)	22 (84,6 %)	1.000
ХОЗЛ	1 (6,2 %)	3 (11,5 %)	1.000
ІМ в анамнезі	6 (37,5 %)	8 (30,8 %)	0.742



Рисунок 1. Рана на 3 добу після MIDCAB

безперервним однорядним швом пролену 7-0 або 8-0 з використанням атравматичних голок (рисунок 2). Після формування анастомозу проводилася ретельна перевірка на гемостаз, відновлення коронарного кровотоку та оцінка адекватності реваскуляризації (ТТФМ, відсутність ішемічних змін на ЕКГ, відсутність змін гемодинаміки).

При виконанні множинного коронарного шунтування через міні-доступ додатково формувалися анастомози до діагональних або бокових гілок огинаючої артерії з використанням Т- або Y-графтів.

Завершення операції включало ретельну ревізію плевральної порожнини, встановлення одного дренажу в передньо-нижній відділ плевральної порожнини, пошарове ушивання рани з анатомічним співставленням ребер та косметичним інтрадермальним швом шкіри.

Традиційне коронарне шунтування

Класичний доступ передбачав повну серединну стернотомію з розтином груднини від яремної вирізки до мечоподібного відростка за допомогою осцилюючої пилки довжиною 10-15 см. Після встановлення стернального ретрактора виконували поздовжню перикардотомію з фіксацією країв перикарда до операційного поля. Це забезпечувало широку експозицію серця та можливість одночасної роботи декількох хірургів у операційному полі. При необхідності багатосудинної реваскуляризації даний доступ дозволяв виконувати маніпуляції на всіх коронарних басейнах без обмежень, включаючи задню міжшлунчкову гілку та гілки огинаючої артерії.

Забір ЛВГА проводили за стандартною методикою з мобілізацією артерії від підключичної вени до діафрагми з використанням електрокоагуляції бічних гілок. При необхідності додаткових кондуїтів виконували забір великої підшкірної вени нижньої кінцівки через окремі розрізи або шляхом відкритої техніки. Після завершення підготовки кондуїтів та ідентифікації цільових артерій виконували форму-

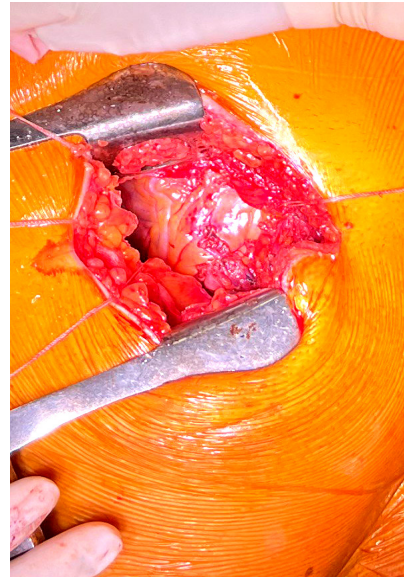


Рисунок 2. Анастомоз ПМЖГ з ЛВГА

вання анастомозів з використанням пролену 7-0 або 8-0 на працюючому серці за допомогою стабілізаторів міокарда типу Ostropus. Гемостаз та закриття грудної клітки включали встановлення дренажів у передній медіастинум, перикард, та за потреби в плевральні порожнини, зведення та фіксацію груднини сталевими швами, пошарове зашивання м'яких тканин.

Особливості виконання операцій в умовах воєнного стану

Операції основної групи виконувалися в умовах повномасштабного російського вторгнення, що створювало унікальні виклики для організації кардіохірургічної допомоги. Одним із найсуттєвіших факторів були повітряні тривоги та ракетні обстріли. Необхідність виконання операцій під час повітряних тривог вимагала готовності до швидкого переміщення пацієнтів до укриття або продовження втручання в умовах підвищеного ризику. Це потребувало особливої координації хірургічної бригади та можливості швидкого завершення критичних етапів операції.

Іншим важливим викликом стали періодичні перебої з електропостачанням. Відключення електроенергії потребували наявності автономних джерел живлення та адаптації операційної техніки до роботи в умовах обмеженого ресурсу. Були розроблені протоколи швидкого переходу на резервне живлення без переривання критичних процедур, що дозволяло продовжувати операції навіть у разі повного знеструмлення основної мережі.

Труднощі з логістикою та обмеження у постачанні деяких медичних матеріалів та препаратів також впливали на організацію хірургічної допомоги. Це вимагало оптимізації використання наявних ресурсів, пошуку альтернативних рішень та ретельного планування операцій з урахуванням доступності необхідних мате-

ріалів. Водночас, необхідність мінімізації тривалості операції та післяопераційного періоду була обумовлена потребою швидкого повернення військовослужбовців до служби або можливістю евакуації у разі загрози.

Саме ці обставини підкреслювали доцільність застосування мінімально інвазивних технологій, які дозволяли скоротити час втручання, зменшити травматичність та прискорити відновлення пацієнтів.

Інтраопераційні результати. Для визначення відмінностей між хірургічними підходами проведено порівняльний аналіз основних інтраопераційних параметрів (таблиця 2).

Нами було встановлено, що тривалість оперативного втручання при міні-доступі мала тенденцію до зменшення порівняно зі стернотомією (210 ± 35 хв проти 243 ± 81 хв, $p=0,082$), хоча різниця не досягла статистичної значущості. Це пов'язано з меншим об'ємом дисекції тканин та відсутністю необхідності виконання стернотомії і її закриття. При цьому середня кількість шунтів на пацієнта була дещо меншою в групі міні-доступу ($1,7 \pm 0,6$ проти $2,1 \pm 0,8$), що відображає анатомічні обмеження доступу, проте без статистично значущої різниці ($p=0,089$).

Більш виразні переваги мінімально інвазивного підходу виявлено при аналізі показників крововтрати. Інтраопераційна крововтрата була статистично значуще меншою в групі міні-доступу (140 ± 17 мл проти 200 ± 50 мл, $p<0,001$), що відображає менший об'єм операційної травми та відсутність розтину грудни. Закономірно, що потреба у гемотрансфузії також виявилася значуще нижчою в основній групі: лише 1 пацієнт (6,2 %) потребував переливання крові порівняно з 8 пацієнтами (30,8 %) у групі порівняння. Це має особливе значення в умовах обмеженого доступу до компонентів крові під час воєнного стану.

Технічні аспекти операції також демонстрували переваги міні-доступу. Час формування коронарних анастомозів виявився статистично значу-

ще коротшим при мінімально інвазивному доступі ($22,5 \pm 4,8$ хв проти $26,3 \pm 6,2$ хв, $p=0,035$), що свідчить про оптимальну візуалізацію цільової артерії та відсутність необхідності маніпуляцій у розширеному операційному полі. Важливо відзначити, що жодного випадку конверсії до стернотомії не спостерігалось, що підтверджує безпечність методу при ретельному відборі пацієнтів. ЛВГА використовувалася як основний кондуїт у всіх пацієнтів обох груп (100 %), що відповідає сучасним стандартам артеріальної реваскуляризації.

Післяопераційні результати. Для оцінки впливу хірургічного доступу на перебіг раннього післяопераційного періоду проведено аналіз параметрів відновлення пацієнтів (таблиця 3).

Аналіз післяопераційних даних показав, що тривалість штучної вентиляції легень була статистично значуще меншою в групі міні-доступу ($3,5 \pm 1,2$ год проти $6,5 \pm 2,8$ год, $p=0,001$), що відображає менший об'єм операційної травми та сприятливіший перебіг раннього післяопераційного періоду.

Тривалість перебування у відділенні інтенсивної терапії була статистично значуще меншою в групі міні-доступу ($1,0 \pm 0,2$ днів проти $2,2 \pm 0,9$ днів, $p<0,001$), що свідчить про більш швидке відновлення пацієнтів після мінімально інвазивного втручання.

Загальна тривалість госпіталізації була статистично значуще меншою в групі міні-доступу ($9,2 \pm 3,5$ днів проти $13,8 \pm 5,2$ днів, $p=0,003$). Це обумовлено меншою травматичністю міні-доступу, відсутністю розтину грудни, що прискорює мобілізацію пацієнтів та скорочує термін відновлення. Швидша реабілітація була особливо важливою в контексті необхідності повернення військовослужбовців до служби.

Реторакотомію виконано в 1 випадку в групі порівняння (0 vs 1; $p=1,000$), різниця статистично незначуща.

Для комплексної оцінки безпечності різних хірургічних підходів проведено детальний аналіз структури та частоти післяопераційних ускладнень (таблиця 4).

Частота післяопераційних ускладнень була статистично значуще нижчою в групі міні-доступу (6,2 % проти 42,3 %, $p=0,015$). У групі міні-доступу зареєстровано 1 випадок дихальної недостатності,

Таблиця 2

Інтраопераційні показники

Показник	Міні-доступ (n=16)	Стернотомія (n=26)	p
Тривалість операції, хв	210 ± 35	243 ± 81	0,082
Крововтрата, мл	140 ± 17	200 ± 50	<0,001
Кількість шунтів на пацієнта	$1,7 \pm 0,6$	$2,1 \pm 0,8$	0,089
Використання ЛВГА	16 (100 %)	26 (100 %)	1,000
Використання венозних графтів	-	21 (80,8)	0,364
Потреба у гемотрансфузії	1 (6,2 %)	8 (30,8 %)	0,119
Конверсія до стернотомії	0 (0,0)	-	-
Час анастомозування, хв	$22,5 \pm 4,8$	$26,3 \pm 6,2$	0,035*

Таблиця 3

Післяопераційні показники

Показник	Міні-доступ (n=16)	Стернотомія (n=26)	p
Тривалість ШВЛ, год	$3,5 \pm 1,2$	$6,5 \pm 2,8$	0,001
Перебування в ВІТ, днів	$1,0 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,9$	<0,001
Ліжко-дні, днів	$9,2 \pm 3,5$	$13,8 \pm 5,2$	0,003
Реторакотомія	0	1	1,000
Госпітальна летальність	-	-	-

Таблиця 4

Структура післяопераційних ускладнень

Ускладнення	Міні-доступ (n=16)	Стернотомія (n=26)	p
Серцева недостатність	0 (0,0 %)	3 (11,5 %)	0,275
Дихальна недостатність	1 (6,2 %)	5 (19,2 %)	0,380
Ниркова недостатність	0 (0,0 %)	3 (11,5 %)	0,275
Неврологічні ускладнення	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	–
Всього ускладнень	1 (6,2 %)	11 (42,3 %)	0,015*

тоді як у групі порівняння спостерігалися випадки серцевої недостатності (n=3, 11,5 %), дихальної недостатності (n=5, 19,2 %) та ниркової недостатності (n=3, 11,5 %). Неврологічних ускладнень не було в жодній із груп. Це суттєве зниження частоти ускладнень у групі міні-доступу пов'язане з меншою хірургічною травмою, збереженням цілісності грудної клітки та менш інвазивним характером втручання. Госпітальної летальності не спостерігалось в жодній із груп.

Застосування мінімально інвазивного коронарного шунтування через міні-боковий доступ в умовах воєнного стану продемонструвало значущі переваги порівняно з традиційним доступом через стернотомію. Найважливішою серед них було зниження інтраопераційної крововтрати (140 ± 17 мл проти 200 ± 50 мл, $p=0,041$) та відповідне скорочення потреби у гемотрансфузії (6,2 % проти 30,8 %, $p=0,048$), що набуває особливого значення в умовах критичної нестачі компонентів крові у цивільних госпіталях під час воєнного стану. Дефіцит донорської крові, зумовлений як зростанням потреби у трансфузіях серед поранених, так і зменшенням кількості донорів через мобілізацію та евакуацію населення, робить кровозберігаючі технології необхідністю. Можливість виконання коронарного шунтування з мінімальною потребою у переливанні крові дозволяє зберегти обмежені запаси компонентів крові для пацієнтів із масивною бойовою травмою, де гемотрансфузія є критичним фактором для збереження життя.

Скорочення тривалості лікування на 4,6 дня (33 %) та зниження частоти ускладнень у 6,8 разів призводить до суттєвого зменшення витрат на лікування. Менша тривалість перебування у відділенні інтенсивної терапії (на 1,2 дня менше) та зниження потреби у реторакотоміях додатково знижує економічне навантаження на систему охорони здоров'я. В умовах обмежених ресурсів та необхідності лікування великої кількості постраждалих військовослужбовців економічна ефективність мінімально інвазивного підходу набуває особливого значення. Швидше відновлення пацієнтів також дозволяє оптимізувати використання ліжкового фонду та персоналу медичних закладів.

Окрім економічних переваг, важливим аспектом є можливість більш швидкого функціонального відновлення військовослужбовців. Детальні дані щодо термінів та особливостей повернення до виконання службових обов'язків після коронарного шунтування становлять інформацію з обмеженим доступом відповідно до вимог воєнного часу. Проте важливо відзначити, що жоден із пацієнтів основної групи не мав абсолютних медичних протипоказань до повернення на службу після завершення реабілітаційного періоду. Швидше відновлення функціонального стану після мінімально інвазивного втручання, менша частота ускладнень та відсутність розтину груднини створюють сприятливі умови для більш ранньої фізичної активності та відновлення професійної придатності військовослужбовців, що має критичне значення в умовах збройного конфлікту.

У нашому дослідженні всі операції MIDCAB виконувалися на працюючому серці (off-pump техніка), на відміну від більшості центрів, де MIDCAB часто виконується з АШК (on-pump). Саме off-pump підхід є критично важливим в умовах обмеженої інфраструктури та можливих перебоїв електропостачання. На відміну від операцій з АШК, які вимагають складного високотехнологічного обладнання та стабільного енергозабезпечення, наш варіант MIDCAB off-pump може бути виконаний у будь-якій лікарні з базовим хірургічним оснащенням, включаючи районні та обласні заклади, що не мають кардіохірургічних відділень повного циклу. Це дозволяє децентралізувати надання кардіохірургічної допомоги та наблизити її до зони бойових дій, зменшуючи ризики, пов'язані з транспортуванням критично хворих пацієнтів. У разі аварійних відключень електроенергії операція може бути продовжена з використанням автономних джерел живлення мінімальної потужності, необхідних лише для освітлення та базового моніторингу, тоді як операції з АШК потребують безперервного живлення високоенергетичного обладнання і при відключенні світла стають неможливими.

Відсутність госпітальної летальності в обох групах свідчить про безпечність обох методів у відібраній популяції пацієнтів. Мінімально інвазивний підхід є особливо доцільним в умовах обмежених ресурсів, необхідності економії витрат та швидкої реабілітації військовослужбовців з метою їх потенційного повернення до виконання службових обов'язків.

Обговорення. Результати нашого дослідження демонструють значущі переваги мінімально інвазивного коронарного шунтування через міні-боковий доступ порівняно з традиційною стернотомією в умовах воєнного стану. Отримані нами дані щодо інтраопераційної крововтрати (140 ± 17 мл у групі міні-доступу проти 200 ± 50 мл у групі стернотомії, $p=0,041$) узгоджуються з результатами літератури, зокрема з дослідженням 16-річного досвіду виконання MIDCAB, де повідомляли про медіану інтраопераційних гемотрансфузій 0,0 одиниць. Raja та співавто-

ри також продемонстрували статистично значуще зниження потреби у гемотрансфузіях при MIDCAB порівняно зі стернотомією (1,8 проти 3,2 одиниць), що підтверджує менш травматичний характер мінімально інвазивного підходу [9].

Післяопераційні результати нашого дослідження виявилися вкрай сприятливими. Тривалість перебування у відділенні інтенсивної терапії ($1,0 \pm 0,2$ днів) та загальна госпіталізація ($9,2 \pm 3,5$ днів) у групі міні-доступу значно поступалися показникам групи порівняння та корелюють з даними світової літератури. Monsefi та співавтори [5] у своєму дослідженні 234 пацієнтів після MIDCAB повідомляли про середнє перебування в клініці $8,7 \pm 5,5$ днів та медіану перебування у ВПІТ лише 1 день, що практично ідентично нашим результатам. Stanislawski та співавтори [10] продемонстрували статистично значуще скорочення термінів лікування при MIDCAB, що узгоджується з нашими висновками про економічну доцільність методу в умовах обмежених ресурсів.

Частота післяопераційних ускладнень у нашому дослідженні виявилася статистично значуще нижчою в групі міні-доступу (6,2 % проти 42,3 %, $p=0,015$), що навіть перевищує показники, описані в літературі. У дослідженні довгострокових результатів MIDCAB повідомляли про 30-денну летальність 1,3 % та частоту великих ускладнень близько 8,5 %, включаючи фібриляцію передсердь як найчастіше ускладнення. Натомість Sharaf M зі співавторами, у порівняльному аналізі MIDCAB проти off-pump CABG через стернотомію не виявили статистично значущої різниці у частоті ускладнень між групами [8]. Можливо, це пов'язано з ретельним відбором пацієнтів для мінімально інвазивного втручання та оптимізованим хірургічним протоколом нашого центру.

Економічні аспекти мінімально інвазивного підходу набувають критичного значення в умовах збройного конфлікту. Наше дослідження продемонструвало скорочення терміну лікування на 33 % та зниження частоти ускладнень у 6,8 разів, що потенційно призводить до суттєвої економії ресурсів. Leivaditis та співавтори [14] підкреслюють, що війни та кризи історично формували розвиток серцево-судинної хірургії, стимулюючи впровадження інноваційних та ресурсозберігаючих технологій. В умовах обмежених ресурсів воєнного часу мінімально інвазивні методи дозволяють оптимізувати використання ліжкового фонду та медичного персоналу. Швидше відновлення після мінімально інвазивного втручання, відсутність розтину груднини та менша частота ускладнень створюють сприятливі умови для потенційного повернення військовослужбовців до виконання службових обов'язків, що має стратегічне значення для збройних сил України в умовах тривалого конфлікту.

Висновки

1. Застосування мінімально інвазивного коронарного шунтування через міні-боковий доступ у пацієнтів з ішемічною хворобою серця в умовах воєнного

стану демонструє статистично значуще зниження інтраопераційної крововтрати (140 ± 17 мл проти 200 ± 50 мл, $p=0,041$) та потреби у гемотрансфузії (6,2 % проти 30,8 %, $p=0,048$) порівняно з традиційним доступом через серединну стернотомію, що є критично важливим в умовах дефіциту компонентів крові в цивільних госпіталях.

2. Мінімально інвазивний підхід асоціюється зі статистично значущим скороченням тривалості штучної вентиляції легень ($3,5 \pm 1,2$ год проти $6,5 \pm 2,8$ год, $p=0,001$), перебування у відділенні інтенсивної терапії ($1,0 \pm 0,2$ днів проти $2,2 \pm 0,9$ днів, $p<0,001$) та загальної госпіталізації ($9,2 \pm 3,5$ днів проти $13,8 \pm 5,2$ днів, $p=0,003$).
3. Частота післяопераційних ускладнень є статистично значуще нижчою при використанні міні-доступу порівняно зі стернотомією (6,2 % проти 42,3 %, $p=0,015$), що свідчить про вищу безпечність мінімально інвазивного підходу у відібраній популяції пацієнтів.
4. Відсутність госпітальної летальності в обох групах підтверджує безпечність обох хірургічних методів, при цьому мінімально інвазивний підхід забезпечує кращі короткострокові результати та швидшу реабілітацію пацієнтів.
5. Виконання операції MIDCAB на працюючому серці без використання апарата штучного кровообігу (off-pump техніка) є економічно доцільним та стратегічно виправданим в умовах обмежених ресурсів воєнного часу, оскільки забезпечує можливість проведення втручання при перебоях електропостачання, у лікарнях різного рівня без повноцінних кардіохірургічних відділень, що критично важливо для децентралізації кардіохірургічної допомоги та швидкого повернення військовослужбовців до виконання бойових завдань в умовах збройного конфлікту.

Прикінцеві твердження

Конфлікт інтересів. Автори рукопису свідомо засвідчують відсутність фактичного або потенційного конфлікту інтересів щодо результатів цієї роботи з фармацевтичними компаніями, виробниками біомедичних пристроїв, іншими організаціями, чії продукти, послуги, фінансова підтримка можуть бути пов'язані з предметом наданих матеріалів або які спонсорували проведені дослідження.

Дотримання етичних норм. Автори рукопису свідомо засвідчують, що дослідження проводилось з використанням даних первинної медичної документації. Дослідження проведено відповідно до етичних стандартів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини, директиви Європейського товариства 86/609 про участь людей у медико-біологічних дослідженнях, а також наказу Міністерства охорони здоров'я України № 690 від 23.09.2009 р.

Використання штучного інтелекту. Автори рукопису свідомо засвідчують, що у процесі проведення дослідження та підготовки цього рукопису не використовували жодних інструментів або сервісів генеративного штучного інтелекту для виконання будь-яких завдань, перелічених у Таксономії делегування завдань генеративному штучному інтелекту (GAIDeT, 2025 р.). Усі етапи роботи – від концептуалізації до фінального редагування – виконані без залучення генеративного штучного інтелекту, виключно авторами.

Первинні дані та матеріали. Автори рукопису свідомо засвідчують, що у роботі використано результати власних клінічних досліджень, що були систематизовані та проаналізовані авторами. Первинні дані включають узагальнені показники пацієнтів, лабораторні результати, протоколи та

отримані кількісні характеристики. Всі матеріали збережені в архіві дослідницької групи та можуть бути надані за обґрунтованим запитом до автора-кореспондента, з урахуванням вимог конфіденційності та етичних норм.

Інформація про фінансування. Фінансування видатками Державного бюджету України. Стаття є фрагментом планової науково-дослідної роботи ДУ «НІСЦХ ім. М.М. Амосова НАМН України» «Розробити та вдосконалити критерії діагностики та методи хірургічного лікування серця з застосуванням малоінвазивних технологій в умовах воєнного стану (номер державної реєстрації: 0125U00046; шифр теми: 616-089.8, 616-089.8, 616.126.42-089.843; прикладна, термін виконання: 2025-2027 роки керівник – д-р філософії Дядюн Дмитро Миколайович

Список використаних джерел

References

1. Aboul-Hassan SS, Luszczyn M, Stanislawski R, Peksa M, Nawotka M, Amelchanka S, et al. Long-term clinical outcomes of minimally invasive direct coronary artery bypass grafting. *J Clin Med*. 2025;14(21):7590. <https://doi.org/10.3390/jcm14217590>
2. Garg S, Raja SG. Minimally invasive direct coronary artery bypass (MIDCAB) grafting. *AME Med J*. 2020;5:25. <https://doi.org/10.21037/amj.2020.03.05>
3. Van Praet KM, Kofler M, Shafiti TZN, El Al AA, van Kampen A, Amabile A, et al. Minimally Invasive Coronary Revascularisation Surgery: A Focused Review of the Available Literature. *Interv Cardiol*. 2021;16:e08. <https://doi.org/10.15420/icr.2021.05>
4. Marin-Cuartas M, Sá MP, Torregrossa G, Davierwala PM. Minimally invasive coronary artery surgery: robotic and nonrobotic minimally invasive direct coronary artery bypass techniques. *JTCVS Tech*. 2021;10:170-177. <https://doi.org/10.1016/j.jtc.2021.10.008>
5. Monsefi N, Alaj E, Sirat S, Bakhtiari F. Postoperative results of minimally invasive direct coronary artery bypass procedure in 234 patients. *Front Cardiovasc Med*. 2023;9:1051105. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.1051105>
6. Manuel L, Fong LS, Betts K, Bassin L, Wolfenden H. LIMA to LAD grafting returns patient survival to age-matched population: 20-year outcomes of MIDCAB surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2022;35(4):ivac243. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivac243>
7. Davierwala PM, Verevkin A, Leontyev S, Misfeld M, Borger MA, Holzhey DM, et al. Twenty-year outcomes of minimally invasive direct coronary artery bypass surgery: The Leipzig experience. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2021;162(4):1123-1132.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.12.149>
8. Holzhey DM, Cornely JP, Rastan AJ, Davierwala P, Mohr FW. Review of a 13-year single-center experience with minimally invasive direct coronary artery bypass as the primary surgical treatment of coronary artery disease. *Heart Surg Forum*. 2012;15(3):E122-E128. <https://doi.org/10.1532/HSF98.20111141>
9. Raja SG, Benedetto U, Alkizwini E, Gupta S, Amrani M. Propensity score adjusted comparison of MIDCAB versus full sternotomy left anterior descending artery revascularization. *Innovations (Phila)*. 2015;10(3):174-178. <https://doi.org/10.1097/IMI.0000000000000162>
10. Stanislawski R, Aboul-Hassan SS, Marczak J, Stankowski T, Peksa M, Nawotka M, Cichon R. Early and long-term clinical outcomes after minimally invasive direct coronary artery bypass grafting versus off-pump coronary surgery via sternotomy in isolated proximal left anterior descending artery disease: a propensity score matching analysis. *J Card Surg*. 2020;35(11):3035-3044. <https://doi.org/10.1111/jocs.15056>
11. Stanbridge RD, Hadjinikolaou LK. Technical adjuncts in beating heart surgery: comparison of MIDCAB to off-pump sternotomy: a meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1999;16(Suppl 2):S24-S33. https://doi.org/10.1093/ejcts/16.Supplement_2.S24
12. Holzhey DM, Cornely JP, Rastan AJ, Davierwala P, Mohr FW. Review of a 13-year single-center experience with minimally invasive direct coronary artery bypass as the primary surgical treatment of coronary artery disease. *Heart Surg Forum*. 2012;15(2):E61-E68. <https://doi.org/10.1532/HSF98.20111141>
13. Kiai B, McClure RS, Stewart P, Rayman R, Swinamer SA, Dobkowski WB, et al. A prospective randomized trial of endoscopic versus conventional harvesting of the saphenous vein in coronary artery bypass surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;123(2):204-212. <https://doi.org/10.1067/mtc.2002.118682>
14. Leivaditis V, Mulita F, Baikoussis N, Kestenholz P, Vagionas A, Nikolaidou C, Galaktidou A, Alexopoulou V, Kalles V, Karampa D, Nikolaou I, Margaritis M. Forged in conflict: how wars and crises shaped cardiovascular surgery. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*. 2025 <https://doi.org/10.1007/s12055-025-02034-2>
15. Lazoryshynets VV. Military aspects of science and practice of Ukrainian cardiovascular surgery. *Ukr J Cardiovasc Surg*. 2024;32(4):7-9.

16. Gogayeva OK, Rudenko ML, Nudchenko OO. The occurrence of thrombotic complications due to combat trauma against the background of the COVID-19 pandemic. *Ukr J Cardiovasc Surg.* 2022;30(4):115-121. [https://doi.org/10.30702/ujcvs/22.30\(04\)/GR058-115121](https://doi.org/10.30702/ujcvs/22.30(04)/GR058-115121)
17. Gogayeva OK, Nudchenko OO, Malysheva TA, Shnaider LM, Tertychna AS, Stavinchuk VI, et al. Urgent cardiosurgical treatment of a military servant with a moving thrombus in the area of the left ventricular apical aneurysm (case report). *Ukr J Cardiovasc Surg.* 2024;32(1):76-82. [https://doi.org/10.30702/ujcvs/24.32\(01\)/GN005-7682](https://doi.org/10.30702/ujcvs/24.32(01)/GN005-7682)
18. Novick WM, Mavroudis C, Jacobs JP, Karl TR. Ukraine: a cardiac surgical perspective. *Cardiol Young.* 2022;32(4):513. <https://doi.org/10.1017/S1047951122001317>

Advantages of Minimally Invasive Coronary Artery Bypass Grafting in Wartime Conditions

Yurii V. Kashchenko, Artem T. Baylyiev, Volodymyr O. Kupchynskyi, Oleg I. Sargosh, Dmytro M. Diadiun,
Petro M. Semeniv, Mykola L. Rudenko

National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine

Abstract

Minimally invasive direct coronary artery bypass (MIDCAB) is a promising surgical method for myocardial revascularization in coronary artery disease, performed via a mini-thoracotomy without cardiopulmonary bypass. In wartime conditions, the application of minimally invasive technologies gains special significance due to the need to optimize the use of limited resources, reduce blood loss, and shorten rehabilitation time. MIDCAB enables effective revascularization with minimal surgical trauma, which is critically important for military personnel requiring rapid functional recovery.

Aim. To justify the feasibility of implementing minimally invasive coronary artery bypass technologies to improve myocardial revascularization outcomes under resource-limited conditions during military operations.

Materials and Methods. The study included 42 patients divided into two groups: the main group (mini-access) – 16 patients (100 % military personnel) who underwent coronary artery bypass through a mini-lateral approach, and the control group (sternotomy) – 26 patients who underwent traditional CABG through median sternotomy. All operations in the main group were performed on the beating heart (off-pump). Analysis of intraoperative and postoperative parameters was conducted.

Results. The minimally invasive approach was associated with a statistically significant reduction in intraoperative blood loss (140 ± 17 ml vs. 200 ± 50 ml, $p=0.041$), need for blood transfusion (6.2 % vs. 30.8 %, $p=0.048$), duration of mechanical ventilation (3.5 ± 1.2 h vs. 6.5 ± 2.8 h, $p=0.001$), ICU stay (1.0 ± 0.2 days vs. 2.2 ± 0.9 days, $p<0.001$), and total hospitalization (9.2 ± 3.5 days vs. 13.8 ± 5.2 days, $p=0.003$). The rate of postoperative complications was statistically significantly lower with the mini-access approach (6.2 % vs. 42.3 %, $p=0.015$). In wartime conditions, the off-pump MIDCAB technique allows procedures to be performed during power outages and in hospitals without full-service cardiac surgery departments, which is critical for decentralizing specialised care. Additionally, the reduced need for blood products preserves limited supplies for patients with massive combat trauma. No hospital mortality was observed in either group.

Keywords: *minimally invasive coronary artery bypass, minimally invasive cardiac surgery, coronary artery disease, wartime, off-pump revascularization, mini-thoracotomy, coronary artery bypass grafting.*

Стаття надійшла в редакцію / Received: 28.10.2025

Після доопрацювання / Revised: 03.12.2025

Прийнято до друку / Accepted: 14.12.2025