

О.М. РоманюкДУ «Інститут серця МОЗ України», Київ
Національний університет охорони здоров'я імені П. Л. Шупика, Київ

Безпосередні та віддалені результати модифікованої операції Росса

Мета роботи – представити аналіз власного досвіду виконання операції Росса (ОР) з використанням власної методики – тотального укріплення кореня аорти (total aortic root reinforcement, TARR).

Матеріали і методи. Проаналізовано та порівняно безпосередні й віддалені результати 312 ОР за 2005–2023 роки, з яких 202 операції виконані за власною методикою тотального укріплення кореня аорти (TARR) та 110 – за стандартною методикою. Для статистичного опрацювання даних проведено регресійно-кореляційний аналіз, прогностичне моделювання за допомогою покровокової бінарної логістичної регресії, ROC-аналіз, t-test, information value (IV)-тест.

Результати. Госпітальна летальність становила 2,2 %, загальна летальність – 3,2 %, показник виживання становив: за 1 рік – 100 %, за 10 років – 98,6 % (95 % довірчий інтервал (ДІ) 97,2–100), за 20 років – 97,8 % (95 % ДІ 95,8–99,7). Госпітальна та загальна летальність пацієнтів при TARR були статистично значущо меншими, ніж при стандартній методиці – відповідно 1 і 4,5 % ($p = 0,007$) та 1 і 7,3 % ($p = 0,0013$).

Предикторами летальності були: вік пацієнтів (менше ніж 5,75 міс), доопераційне застосування штучної вентиляції легень, операція Росса – Конно та використання стандартної операції Росса. Віддалений період спостереження становив $(79,8 \pm 52,0)$ міс (3–208 міс) і стосувався 288 (95,3 %) пацієнтів. Систолічний градієнт на автографті в ранньому післяопераційному періоді статистично значущо зменшився з доопераційного 57,0 мм рт. ст. [36; 72] (6; 177) до 7 мм рт. ст. [4; 11] (3; 19) ($p = 0,0023$). У віддаленому періоді він становив 8 мм рт. ст. [5; 13] (2; 59). Неоаортальна недостатність у віддаленому періоді спостерігалася: 0–1-го ступеня – у 263 (91,3 %) пацієнтів, 2-го ступеня – у 23 (8 %) пацієнтів, 3-го ступеня і вище – у 2 (0,7 %) пацієнтів. Предикторами розвитку неоаортальної недостатності були: старший вік пацієнтів на момент операції, використання стандартної методики та доопераційна аортальна недостатність. На автографті проведено 3 (1 %) реоперації, свобода від реоперацій на автографті становила 100 %, 98,3 %, 96,2 % через 5, 10 та 15 років після операції. Методика TARR зменшила ризики госпітальної та віддаленої летальності ($p = 0,0027$; відношення шансів (ВШ) 13,7 [7,56; 24,97]) і розвитку неоаортальної недостатності та необхідності реоперацій ($p = 0,002$; ВШ 4 [1,020; 19,506]).

Висновки. Модифікована операція Росса ефективно розв'язує проблему патології аортального клапана в пацієнтів різного віку, забезпечуючи високі показники виживання та якості життя. Модифікація TARR забезпечує низькі ризики хірургічного етапу, оптимальні гемодинамічні властивості легеневого клапана як протеза аортального клапана, здатність автографта до збільшення розмірів зі збереженням функції, мінімальні ризики розвитку дисфункції автографта.

Ключові слова: операція Росса, автографт, аортальний клапан, вроджена вада серця, паліативне втручання.

Операція Росса (ОР) є процедурою, при якій уражений аортальний клапан пацієнта замінюється на власний легеневий клапан [1]. Перевага цієї процедури полягає в тому, що

власний легеневий клапан-протез має оптимальні гемодинамічні властивості, є здатним до росту та не потребує антикоагулянтної терапії [2, 3]. Тому вона визнана операцією

Романюк Олександр Миколайович, д. мед. н., проф.,
НУОЗ України імені П.Л. Шупика, Київ
ORCID ID: 0000-0001-9580-7760
E-mail: romadoc@ukr.net

Стаття надійшла до редакції 5 листопада 2024 року

Romaniuk Oleksandr, D. Med. Sc., Prof., Shupyk National Healthcare
University of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-9580-7760
E-mail: romadoc@ukr.net

Received on November 5, 2024

вибору при лікуванні аортальних вад у дітей та молодих дорослих [2–5]. Але технічна складність ОР, яка зумовлює потенційно більший ризик ускладнень, та підвищені ризики повторних операцій обмежують її широке використання. Також при прогнозуванні віддалених ризиків ОР необхідно розуміти, що легеневий клапан, хоч анатомічно і є ідентичний аортальному, але структури легеневого кореня, який пересаджується в аортальну позицію, майже у 2,5–3 рази тонші за аортальні й не адаптовані до умов системного артеріального тиску [4, 6]. Саме тому у віддаленому періоді існує високий ризик дилатації неоаортального кореня, недостатності клапана та необхідності реоперацій. Для запобігання цьому запропоновано різні методики укріплення кореня аорти, переважно з використанням синтетичних матеріалів. Суттєвою проблемою цих методів укріплення є неможливість подальшого росту кореня неоаорти, що обмежує використання таких модифікацій ОР у дітей та молодих пацієнтів. Ми запропонували та використали власну методику укріплення, при якій не використовуються синтетичні матеріали, і яку ми назвали total aortic root reinforcement (TARR) [7].

Мета роботи – представити аналіз власного досвіду проведення операції Росса з використанням власної методики – тотального укріплення кореня аорти – total aortic root reinforcement (TARR).

Матеріали і методи

Характеристика пацієнтів. За період 2005–2023 рр. автор статті провів ОР у 312 пацієнтів. Характеристику пацієнтів наведено в *табл. 1*.

Показаннями до ОР були наявність вираженої патології аортального клапана та вибір пацієнтами цього виду хірургії. Протипоказаннями до проведення операції були наявність патології сполучної тканини (синдроми Марфана, Елерса – Данлоса тощо), активний ревматичний процес та аномалії легеневого клапана.

Хірургічний етап

У більшості, у 308 (98,7 %) пацієнтів, операція легеневого автографта проходила за методикою «заміна кореня аорти», у 3 пацієнтів – за методикою «субкоронарна імплантація», в 1 – за методикою «циліндра». У 36 (11,5 %) пацієнтів було проведено операцію Росса – Конно (*табл. 2*).

Таблиця 1
Характеристика пацієнтів (n = 312)

Показник	Величина показника, % (n)
Середній вік (медіана), роки	11,3 (0–59)
Кількість пацієнтів:	
до 1 року	7 % (n = 22)
1–10 років	36,5 % (n = 114)
11–18 років	40,8 % (n = 127)
> 18 років	15,7 % (n = 49)
Стать	
Чоловіча	69 % (n = 216)
Жіноча	31 % (n = 96)
Гемодинаміка аортальної вади	
Аортальний стеноз	45 % (n = 139)
Аортальна недостатність	41 % (n = 128)
Комбінована аортальна вада	14 % (n = 45)
Етіологія аортальної вади	
Вроджена	87,2 % (n = 272)
Ревматична	5,7 % (n = 18)
Інфекційний ендокардит	5 % (n = 16)
Ятрогенна	2,5 % (n = 8)
Двостулковий аортальний клапан	90,4 % (n = 282)
Попередні втручання	46,8 % (n = 146)
Балонна дилатація АК	27 % (n = 79)
Пластика АК	21,4 % (n = 67)
Інші	3,5 % (n = 11)
Функціональний клас за NYHA	
I	37 % (n = 116)
II	44 % (n = 137)
III	14 % (n = 43)
IV	5 % (n = 16)
Доопераційна ШВЛ	5 % (n = 16)
ФВЛШ < 40 %	11 % (n = 34)

АК – аортальний клапан; ШВЛ – штучна вентиляція легень; ФВЛШ – фракція викиду лівого шлуночка.

З 2011 р. ми запровадили власну модифікацію ОР – total aortic root reinforcement (TARR). Вона була застосована у 202 (65 %) пацієнтів (*див. табл. 2*).

Техніка операції Росса. ОР виконується через серединну стернотомію. При первинних операціях видаляється тимус та розсікається перикард. До початку штучного кровообігу широко виділяється висхідна аорта до брахіоцефального стовбура, легеневий стовбур, біфуркація та гілки. Підключення апарата штучного кровообігу виконується шляхом канюляції висхідної аорти та роздільної канюляції порожнистих вен, через праву верхню легеневу вену встановлюється лівошлуночковий дренаж для розвантаження лівих відділів серця.

Охолодження проводиться до температури 32–34 °С. Далі, за наявності аортального сте-

Таблиця 2
Методики операції

Методики ОР	
Заміна кореня аорти	98,7 % (n = 308)
Субкоронарна імплантація	0,9 % (n = 3)
Методика циліндра	0,3 % (n = 1)
Модифікація TARR	65 % (n = 202)
Стандартна ОР	35 % (n = 110)
Операція Росса – Конно	11,5 % (n = 36)
Супутні процедури	
Пластика/протезування висхідної аорти	11 % (n = 34)
Пластика мітрального клапана	2,2 % (n = 7)
Інші	2 % (n = 6)

ОР – операція Росса; TARR – total aortic root reinforcement – власна методика укріплення кореня аорти.

нозу та компетентного аортального клапана після перетиснення висхідної аорти антеградно, в корінь аорти вводиться кардіоплегічний розчин. За наявності аортальної недостатності проводиться комбінована ретро- та антеградна кардіоплегія. Після аортотомії й оцінки аортального клапана виконується поперечний розріз стовбура легеневої артерії і проводиться ревізія легеневого клапана. При ревізії оцінюються кількість і якість

стулок клапана легеневої артерії, наявність фенестрацій, кальцинозу та фіброзних змін. Далі проводиться забір легеневого автографта. Наступним етапом є висічення вічок коронарних артерій та висічення стулок аортального клапана. Імплантація легеневого автографта в аортальну позицію проводиться за допомогою безперервного шва (polypropylene 4–0, 5–0).

Методика total aortic root reinforcement. Головним принципом методики є укріплення стінки автографта стінкою нативної аорти. Після відсікання висхідної аорти на початку основного етапу та після висічення ділянок коронарних артерій, від кореня аорти залишаються значні ділянки аортальної стінки – медіальний сегмент (некоронарний, частково правий та лівий некоронарні синуси) та латеральний сегмент (ділянка стінки між лівою та правою коронарними артеріями) (рис. 1).

Після імплантації легеневого автографта з формуванням так званої «першої лінії» шва (проксимальний анастомоз) виконується укріплення стінки автографта залишками стінки аорти – фіксація залишків стінки аорти до адвентиції легеневого автографта, з формуванням «другої лінії» шва і укріпленням таким чином стінки автографта (рис. 2).

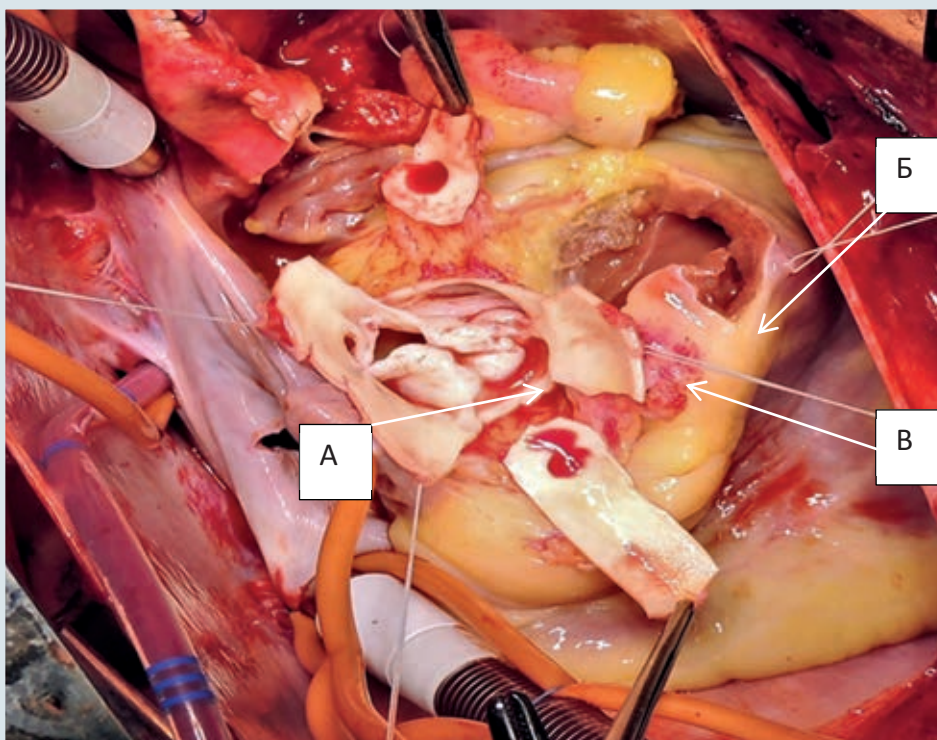


Рис. 1. Вигляд аортального кореня після відсікання коронарних артерій: А – медіальний сегмент аортальної стінки; Б – латеральний сегмент аортальної стінки; В – аортальний клапан

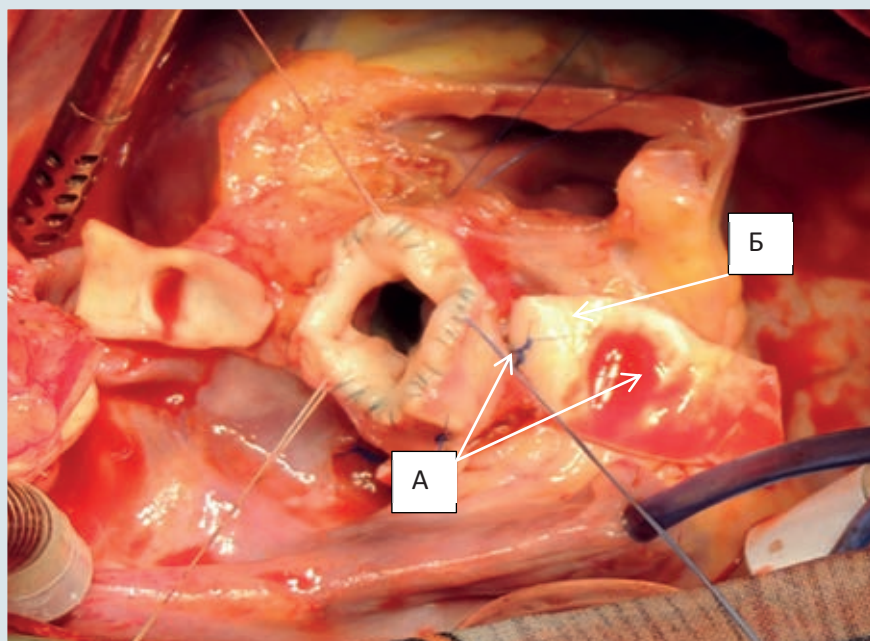


Рис. 2. Укріплення кореня автографта залишками аортальної стінки: А – медіальний та латеральний сегменти аортальної стінки підшиті до стінки автографта; Б – імплантований в аортальну позицію автографт (легеневий клапан)

Наступним етапом проводиться реімплантація коронарних артерій. Коронарні артерії реімплантуються в синуси неперервним швом (prolene 5-0) (рис. 3).

Імплантація кондуїта в легеневу позицію проводиться на перетиснутій аорті до формування дистального анастомозу неоаортального кореня з висхідною аортою. Незалежно від

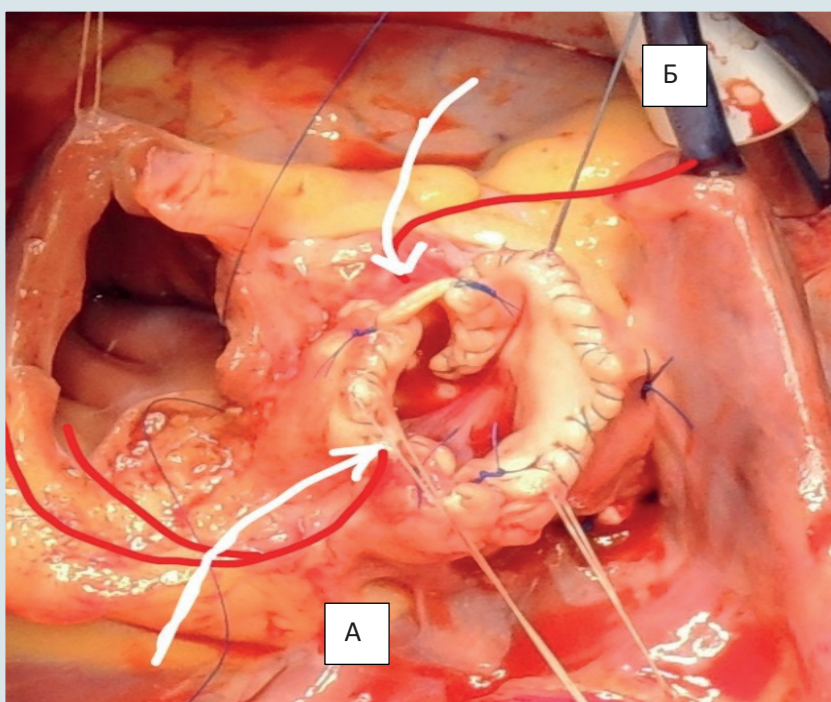


Рис. 3. Реімплантація коронарних артерій в укріплений автографт: А – ліва коронарна артерія, Б – права коронарна артерія

Таблиця 3
Методики створення неолегеневої артерії

Синтетичні клапанні кондуїти	71 % (n = 220)
Дакронові кондуїти	52 % (n = 163)
PTFE-кондуїти	18 % (n = 57)
Біологічні кондуїти	29 % (n = 92)
Ксенографти	8,6 % (n = 28)
Ксеноперикардальні кондуїти	7,2 % (n = 23)
Гомографти	5,4 % (n = 17)
Автологічні методики	7,7 % (n = 24)

вибраного типу кондуїта, першим формується дистальний анастомоз. Неперервним швом (prolen 5–0, prolen 6–0), починаючи із задньої стінки, кондуїт анастомозується до біфуркації легеневої артерії. Далі формується проксимальний анастомоз між правим шлуночком та кондуїтом.

Дистальний анастомоз автографта з висхідною аортою створюється за допомогою подвійного неперервного шва (prolen 5–0, prolen 4–0).

Для формування нової легеневої артерії було використано декілька методик, застосовувалися автологічні методики (використання власних тканин легеневої артерії та автоперикарда), синтетичні тристулкові кондуїти, гомографти та ксенографти (табл. 3).

Середній діаметр кондуїту становив (24 ± 4) мм, варіював від 12 до 32 мм.

Середній час перетискання аорти становив ($116,3 \pm 24,9$) хв (медіана 112 хв), середня тривалість штучного кровообігу – ($151,3 \pm 98,4$) хв (медіана 149 хв) та тривалість операції – ($373,6 \pm 136,7$) хв (медіана 366 хв).

Статистичне опрацювання даних. Передопераційні та післяопераційні показники оброблено за допомогою методів описової статистики. Для аналізу отриманих даних та виявлення зв'язків між ними було використано регресійно-кореляційний аналіз, прогно-

тичне моделювання за допомогою покрокової бінарної логістичної регресії та ROC-аналіз. Для перевірки статистичних гіпотез про статистично значущу різницю середніх при аналізі кількісних даних у генеральних сукупностях був використаний t-test. Для максимізації значущості показників у бінарній класифікаційній моделі та створення найкращої репрезентативності результатів був використаний Information value (IV)-тест. У дослідженні було прийнято довірчий інтервал 95 %, при $p < 0,05$ відмінності ознак вважали статистично значущими. Аналіз виживання та свободи від подій проведено шляхом побудови актуарних кривих Каплана – Меєра.

Результати

Летальність та виживання

Госпітальна летальність становила 2,2 % (7 пацієнтів). З них 4 (57 %) пацієнти були віком до 1 року, їм проводили операцію Росса – Конно. У віддаленому післяопераційному періоді померло 3 (1 %) пацієнти. Отже, загальна летальність становила 3,2 % (10 пацієнтів). Виживаність серед пацієнтів дослідження становила: за 1 рік – 100 %, за 10 років – 98,6 % (95 % ДІ 97,2–100), за 20 років – 97,8 % (95 % ДІ 95,8–99,7).

Госпітальна летальність у пацієнтів, яким застосовували методику TARR, була статистично значущо меншою порівняно зі стандартною методикою – відповідно 1 % (2 пацієнти) і 4,5 % (5 пацієнтів) ($p = 0,007$). Загальна летальність також була статистично значущо нижчою в пацієнтів, яким проводили модифіковану операцію Росса, ніж у групі пацієнтів, які оперувалися за стандартною методикою – відповідно 1 % (2 пацієнти) і 7,3 % (8 пацієнтів) ($p = 0,0013$).

Статистичний аналіз показав, що предикторами летальності стали: вік пацієнтів

Таблиця 4
Фактори ризику госпітальної та віддаленої летальності

Фактор ризику	IV-test* госпітальна летальність	IV-test* віддалена летальність	ВШ	p-value (t-test)	r
Вік (< 5,75 міс)	1,11	1,72	25,472 [6,270; 103,49]	0,001	0,79
Стандартна ОР	1,04	1,56	13,7 [7,56; 24,97]	0,0027	0,59
Доопераційна ШВЛ	0,76	0,87	7,202 [1,961; 26,454]	0,003	0,32
Операція Росса – Конно	0,4	0,11	5,290 [0,071; 6,898]	0,009	0,29

* Репрезентативним показником IV-тесту є значення більше ніж 0,3. ВШ – відношення шансів; ОР – операція Росса; ШВЛ – штучна вентиляція легень.

Таблиця 5

Фактори ризику віддаленої дисфункції автографта

Фактор ризику	IV-test*	ВШ	p-value (t-test)	r
Вік (> 17,6 року)	1,12	2,5 [1,470; 13,308]	0,023	0,277
Стандартна ОР	0,92	4 [1,020; 19,506]	0,002	0,487
Доопераційна АН	0,63	7,20 [1,961; 26,454]	0,001	0,252

ВШ – відношення шансів; ОР – операція Росса; АН – аортальна недостатність.

(менше ніж 5,75 міс), доопераційна штучна вентиляція легень, операція Росса – Конно та використання стандартної, не модифікованої, операції Росса (табл. 4).

Віддалені результати

Віддалений період спостереження становив $(79,8 \pm 52)$ міс (3–208 міс). Віддалені результати отримали від 288 (95,3 %) пацієнтів із 302, що пережили госпітальний етап, 14 пацієнтів були втрачені зі спостереження.

Функція неоаортального клапана. За даними ехокардіографічного дослідження в ранньому післяопераційному періоді зафіксовано статистично значуще зменшення систолічного градієнта на аортальному клапані з доопераційного 57,0 мм рт. ст. [36; 72] (6; 177) до 7 мм рт. ст. [4; 11] (3; 19) ($p = 0,0023$). У віддаленому періоді він становив 8 мм рт. ст. [5; 13] (2; 59) і статистично значущо не змінився порівняно з раннім післяопераційним періодом ($p = 0,87$). Лише у 5 пацієнтів (2,3 %) систолічний градієнт на автографті перевищував 20 мм рт. ст., в одного з них був вищим ніж 40 мм рт. ст.

У віддаленому періоді неоаортальну недостатність 0–1-го ступеня спостерігали у 263 (91,3 %) пацієнтів, 2-го – у 23 (8 %) пацієнтів, 3-го і вище – у 2 (0,7 %) пацієнтів.

Прогностична модель розвитку неоаортальної недостатності у віддаленому періоді виявила предиктори ризику дисфункції автографта (табл. 5). Імовірність виникнення неоаортальної недостатності підвищували старший вік пацієнтів на момент операції, використання стандартної методики операції Росса та наявність доопераційної аортальної недостатності.

Реоперації на автографті. У віддаленому періоді на автографті проведено 3 (1 %) реоперації у 3 пацієнтів. Показаннями до повторних оперативних втручань були субаортальний стеноз (у 2 пацієнтів) та аортальна недостатність унаслідок перфорації стулок автографта (1 пацієнт). Їм усунули субаортальний стеноз

та провели пластику аортального клапана. Свобода від реоперацій на автографті становила 100 %, 98,3 %, 96,2 % через 5, 10 та 15 років після операції відповідно.

Вплив методики TARR на функцію автографта. Статистичний аналіз продемонстрував суттєвий вплив використання методики TARR на безпосередні, віддалені результати та функцію автографта. Застосування методики статистично значущо зменшило ризику:

- госпітальної та віддаленої летальності ($p = 0,0027$; ВШ 13,7 [7,56; 24,97]);
- розвитку неоаортальної недостатності та необхідності реоперацій ($p = 0,002$; ВШ 4 [1,020; 19,506]).

Функція неолегеневого клапана. На легеневій артерії було проведено 55 (18,1 %) повторних втручань у 50 пацієнтів, 8 з них провели дві реоперації. Інтервал між первинною операцією та першою реоперацією становив (медіана) 69,4 міс (20–163), між першою реоперацією та другою – 46 міс (15–126). Причинами повторних втручань були: виражений стеноз кондуїта (градієнт тиску > 65 мм рт. ст.) в 40 випадках, інфекційний ендокардит – у 11 випадках, недостатність неолегеневого клапана – в 4 випадках. Свобода від реоперацій на кондуїті становила 91,8 %, 87,4 %, 85,1 % через 5, 10 та 15 років відповідно. Предикторами ризику повторних втручань на неолегеневій артерії були вік пацієнтів менше ніж 12 місяців ($r = -0,174$; $p = 0,033$) та жіноча стать (ВШ 3,630 [2,200; 9,980]; $p = 0,016$).

Свобода від будь-яких серцевих втручань після ОР становила 91,4 %, 86,6 % та 77,2 % через 5, 10 та 15 років відповідно.

Клінічний стан пацієнтів після операції. I–II функціональні класи за NYHA у віддаленому післяопераційному періоді мали більшість пацієнтів – 209 (96,3 %). Жоден із пацієнтів, яким було проведено ОР, не отримував антикоагулянтної терапії, при цьому не було зафіксовано жодного випадку тромбоемболічних ускладнень. Дванадцять оперованих жінок без ускладнень перенесли вагітність та народили.

Обговорення

У 1967 р. британський кардіохірург Дональд Росс уперше замінив уражений аортальний клапан пацієнта його власним легеневим клапаном-автографом [1]. За більш ніж 50-річний період застосування операції визначено та доведено її переваги над іншими методами заміни аортального клапана. Власний клапан легеневої артерії – це «ідеальний» протез для заміни аортального клапана, тому що вони мають загальне ембріологічне походження, анатомічно й гістологічно ідентичні. Легеневий автографт не має вікових обмежень, тому що зростає зі зростанням пацієнта, не потребує антикоагулянтів, не має ризиків тромбоутворення [2, 4].

Попри такі переваги операцію Росса сьогодні багато хірургів вважають більш ризикованою через свою технічну складність та високий ризик ускладнень [4, 5]. З метою зниження оперативних ризиків ми розробили і з 2012 р. використовуємо нову методику зміцнення кореня неоаорти – методику total aortic root reinforcement (TARR) [3]. Основною метою хірургічного нововведення було насамперед зменшити інтраопераційні ризики, ризики кровотеч. І використання цієї методики статистично значущо поліпшило безпосередні результати операції. Методика TARR була застосована у 65 % (202 пацієнтів) в нашому дослідженні, госпітальна та загальна летальності в цій групі були статистично значущо меншими порівняно зі стандартною методикою – відповідно 1 % (2 пацієнти) і 4,5 % (5 пацієнтів) ($p = 0,007$) та 1 % (2 пацієнти) і 7,3 % (8 пацієнтів) ($p = 0,0013$). Ефективність застосування наших методик ОР була підтверджена і прогностичною моделлю виживання, в якій невикористання модифікацій стало фактором, що підвищує ризик несприятливого результату.

Накопичення віддалених результатів ОР показало наявність ще однієї важливої проблеми – дисфункції неоаортального клапана, пов'язаної з дилатацією неоаортального кореня [4, 6, 7]. Дилатація автографта є основною причиною розвитку неоаортальної недостатності. Виражена недостатність автографта (3+ і більше) та виражена дилатація неоаортального кореня ($z\text{-score} > 6$) є основними показаннями до повторних операцій на аортальному

клапані. Сучасні дослідження показують, що у віддаленому періоді розвиток неоаортальної недостатності 2-го ступеня виявляють у 15–51 % пацієнтів, 3-го ступеня та вище – у 12–39 % [2, 4–6]. А частота повторних операцій, пов'язаних із віддаленою дисфункцією автографта, коливається від 4 до 49 %, і в середньому становить 1,6 % на рік [2, 4–6].

Тому запобігання дилатації автографта у віддаленому періоді стало другою важливою метою наших модифікацій. Результати показали, що методика TARR стала ефективним способом запобігання віддаленій дисфункції автографта [7]. Так, згідно з прогностичними моделями розвитку недостатності неоаортального клапана та повторних операцій на ньому, застосування методик зміцнення кореня неоаорти було суттєвим фактором зниження ймовірності їх розвитку. При цьому методи зміцнення кореня автографта, незважаючи на поширену думку, що їх застосування протипоказане в пацієнтів малого віку через ризик затримки його зростання, не стали фактором, що обмежує збільшення розмірів автографта. У всіх пацієнтів задокументований ріст автографта у післяопераційному періоді, що підтверджується відсутністю значущого систолічного градієнта в більшості пацієнтів за 25-річний період спостереження.

Висновки

Отже, модифікована операція Росса ефективно розв'язує проблему патології аортального клапана в пацієнтів різного віку, забезпечуючи високі показники виживання та якості життя.

Модифікація TARR забезпечує низькі ризики хірургічного етапу, оптимальні гемодинамічні властивості легеневого клапана як протеза аортального клапана, здатність автографта до збільшення розмірів зі збереженням функції, мінімальні ризики розвитку дисфункції автографта.

Оцінюючи власний досвід, можна впевнено стверджувати, що операція Росса, попри технічну складність та високі потенційні ризики, може супроводжуватися невисокою летальністю, добрими безпосередніми та віддаленими результатами та забезпечувати високий рівень якості життя в більшості пацієнтів.

Література

1. Ross DN. Replacement of aortic and mitral valves with a pulmonary autograft. *Lancet*. 1967;2:956-8.
2. Etnel JR, Elmont LC, Ertekin E, Mkhles MM, Heuvelman HJ, Roos-Hesselink JW, de Jong PL, Helbing WA, Bogers AJ, Takkenberg JJ. Outcome after aortic valve replacement in children: A systematic review and meta-analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016 Jan;151(1):143-52.e1-3. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2015.09.083>.
3. Romaniuk OM. Influence of surgical modifications on immediate outcomes of pulmonary autograft operations. *Herald Cardiovasc Surg*. 2016;25(2):64-6.
4. Rowe G, Gill G, Zubair MM, Egorova N, Emerson D, Habib RH, Bowdish ME, Chikwe J, Kim RW. Ross Procedure in Children: The Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database Analysis. *Ann Thorac Surg*. 2023;115:119-25. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2022.06.043>.
5. Skillington PD, Mkhles MM, Wilson W, Grigg L, Larobina M, O'Keefe M, Takkenberg J. Inclusion cylinder method for aortic valve replacement utilizing the Ross operation in adults with predominant aortic stenosis – 99% freedom from reoperation on the aortic valve at 15 years. *Global Cardiology Science and Practice*. 2013;46. <http://dx.doi.org/10.5339/gcsp.2013.46>.
6. Matsushima S, Abeln KB, Karliova I, Zacek P, Schafers H-J. Suture annuloplasty and simplified root wrapping in the full root Ross operation. *Ann Thorac Surg*. 2019 May;107(5):e361-e363. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.11.048>.
7. Romaniuk OM, Klymyshyn YI, Rudenko NM, Dovhan OM, Yemets IM. Twenty-year experience of the pulmonary autograft procedure. *Herald Cardiovasc Surg*. 2018;1:60-3.

O.M. Romaniuk

Heart Institute of the Ministry of Health of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Immediate and long-term outcomes of a modified Ross procedure

The aim – to present our experience with a modified Ross procedure (RP) – total aortic root reinforcement (TARR) – which significantly reduces intraoperative risks and improves long-term outcomes.

Materials and methods. The immediate and long-term results of 312 RPs performed between 2005 and 2023 were analyzed and compared, including 202 surgeries using the TARR technique and 110 with the standard technique. Statistical methods included regression-correlation analysis, prognostic modeling with stepwise binary logistic regression, ROC analysis, t-tests, and the information value (IV) test.

Results. Hospital mortality was 2.2 %, and overall mortality was 3.2 %. Survival rates were: 100 % at 1 year, 98.6 % at 10 years (97.2–100; 95 % confidence interval, CI), and 97.8 % at 20 years (95.8–99.7; 95 % CI). Hospital and overall mortality were significantly lower in the TARR group compared to the standard method – 1 % versus 4.5 % ($p = 0.007$) and 1 % versus 7.3 % ($p = 0.0013$), respectively. Predictors of mortality included patient age (younger than 5.75 months), preoperative mechanical ventilation, Ross – Konno procedure, and use of the standard RP. The follow-up period averaged 79.8 ± 52 months (3–208 months) and was completed for 288 (95.3 %) patients. The systolic gradient on the autograft in the early postoperative period significantly decreased from a preoperative value of 57.0 mm Hg [36; 72] (6; 177) to 7 mm Hg [4; 11] (3; 19) ($p = 0.0023$). In the long-term period, it was 8 mm Hg [5; 13] (2; 59). Neo-aortic insufficiency (neoAI) was observed in the long-term period as follows: grade 0-1 in 263 (91.3 %) patients, grade 2 in 23 (8 %) patients, and grade 3 or higher in 2 (0.7 %) patients. Predictors of neoAI development included older age at surgery, use of the standard technique, and preoperative aortic insufficiency. There were 3 (1 %) reoperations on the autograft, with freedom from autograft reoperation rates of 100 %, 98.3 %, and 96.2 % at 5, 10, and 15 years post-surgery, respectively. The TARR technique reduced the risks of hospital and long-term mortality ($p = 0.0027$; OR 13.7 [7.56; 24.97]) as well as neo-aortic insufficiency and the need for reoperation ($p = 0.002$, odds ratio 4 [1.020; 19.506]).

Conclusions. The modified Ross procedure effectively addresses aortic valve pathology in patients of various ages, ensuring high survival and quality of life. The TARR modification provides low surgical-stage risks, optimal hemodynamic properties of the pulmonary valve as an aortic valve prosthesis, the autograft's capacity for growth while maintaining function, and minimal risks of autograft dysfunction.

Key words: Ross procedure, autograft, aortic valve, congenital heart disease, palliative intervention.