

Телегузова О. В. ^{1,2} аспірант кафедри дитячої кардіології, лікар-кардіолог, <https://orcid.org/0000-0003-4801-093X>

Ємець Г. І. ² PhD, завідувач відділення мініінвазивної кардіохірургії та транскатетерних процедур, <https://orcid.org/0000-0002-6139-6235>

Руденко Н. М. ^{1,2} член-кореспондент НАМН України, завідувачка кафедри дитячої кардіології, заступник директора, <https://orcid.org/0000-0002-1681-598X>

¹Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, м. Київ, Україна;

²ДУ «Науково-практичний медичний центр дитячої кардіології та кардіохірургії МОЗ України», м. Київ, Україна

Порівняльний аналіз зворотнього ремоделювання лівого шлуночка після заміни аортального клапана: серединна стернотомія, мініінвазивний доступ та TAVI

Резюме

Мета. Порівняти ефективність зворотнього ремоделювання лівого шлуночка (ЗРЛШ) після трьох типів заміни аортального клапана: протезування зі серединної стернотомії (SAVR), протезування з мініінвазивного доступу (MIAVR) та транскатетерної імплантації аортального клапана (TAVI).

Матеріали та методи. У дослідженні взяли участь 214 пацієнтів з аортальним стенозом, яким виконано заміну клапана трьома методами. Здійснено порівняльну оцінку ехокардіографічних та клінічних показників протягом 12 місяців.

Результати. Усі методи сприяли ЗРЛШ, проте найбільше покращення індексу маси лівого шлуночка, об'ємів і систолічної функції лівого шлуночка спостерігалось у групах TAVI та MIAVR. SAVR демонстрував відтерміноване, але стійке покращення. NT-proBNP знизився у всіх групах. Найвища рання ефективність – у TAVI, довготривала – у MIAVR.

Висновки. Усі методи заміни аортального клапана у пацієнтів з вираженим стенозом впливають на адаптаційні процеси лівого шлуночка. Вибір методу має базуватись на індивідуальних характеристиках пацієнта.

Ключові слова: зворотнє ремоделювання, лівий шлуночок, аортальний стеноз, мініінвазивна хірургія, транскатетерна імплантація, клапанна патологія, TAVI, ехокардіографія

Вступ. Аортальний стеноз є одним із найпоширеніших клапанних захворювань серця в осіб похилого віку. За даними епідеміологічних досліджень, виражений аортальний стеноз зустрічається у понад 3 % людей віком понад 75 років. Без хірургічного втручання середня тривалість життя пацієнтів із симптоматичним перебігом не перевищує 2–3 років. Єдиним ефективним підходом лікування залишається хірургічна тактика: заміна аортального клапана зі серединної стернотомії (SAVR), мініінвазивного доступу (MIAVR) або процедура транскатетерної заміни аортального клапана (TAVI).

У сучасній практиці використовуються усі вищезазначені методи: від традиційної відкритої хірургії до малоінвазивних підходів і транскатетерних втру-

чань [1-3]. Однак відкритим та малодослідженим залишається питання, який саме метод сприяє більш стрімкому, ефективному зворотньому ремоделюванню лівого шлуночка. Цей показник є важливим в прогностичному сенсі адже уособлює собою потенційний показник довготривалих позитивних змін серцевого м'яза [2,4,5]. Особливої уваги потребує порівняння ефективності різних методів лікування на різних часових етапах (ранній vs. довгостроковий ефект), з урахуванням ступеня інвазивності, ризиків та анатомо-фізіологічних особливостей пацієнтів.

Заміна аортального клапана суттєво зменшує післянавантаження на лівий шлуночок, що зумовлює процес зворотнього ремоделювання [3-6]. Після усунення аортальної вади ми очікуємо на зменшення гіпертрофії, зниження об'ємного навантаження та покращення насосної функції ЛШ. Цей процес є критично важливим маркером відновлення серцевої функції, а ступінь зворотнього ремоделювання лівого

шлуночка (ЗРЛШ) прямо корелює з довгостроковим прогнозом: виживаністю, частотою госпіталізацій та якістю життя [6,7].

У попередніх публікаціях ми розпочали аналіз результатів дослідження процесу зворотнього ремоделювання. У даній роботі ми розширюємо вибірку та критерії оцінки. Адже порівняння зворотнього ремоделювання лівого шлуночка після SAVR, MIAVR і TAVI є не лише науково значущим, але й має безпосереднє практичне значення для вибору оптимальної лікувальної тактики у пацієнтів з аортальним стенозом.

Мета. Порівняти на основі даних ехокардіографії ефективність та перебіг зворотнього ремоделювання лівого шлуночка (ЗРЛШ) після трьох основних методів заміни аортального клапана: серединна стернотомія (SAVR), мініінвазивний доступ (MIAVR) та транскатетерна імплантація аортального клапана (TAVI).

Матеріали та методи. У дослідження було включено 214 послідовних пацієнтів з вираженим аортальним стенозом, яким було виконано протезування аортального клапана різними методами: транскатетерну імплантацію аортального клапана (TAVI, $n = 109$), мініінвазивну хірургічну заміну (MIAVR, $n = 50$) та традиційну заміну з серединною стернотомією (SAVR, $n = 55$).

Критеріями включення були: підтверджений виражений АС, показання до клапанного втручання згідно з рекомендаціями ESC 2021, відсутність вираженої дисфункції інших клапанів.

Критерії виключення: наявність значущої мітральної регургітації, активний ендокардит.

Характеристики груп наведено в таблиці 1. Групи відрізнялись за віком та хірургічним ризиком (STS),

що враховано при аналізі. Супутня ІХС траплялась частіше в групі TAVI, проте одночасна або попередня корекція стенозів (шунтування, стентування) проводилась до імплантації клапана.

Зазначимо, що усі пацієнти, включені у дослідження були оцінені за шкалою стратифікації хірургічного ризику відповідно до внутрішнього протоколу. Дані винесено у таблицю 2.

Оцінка параметрів лівого шлуночка проводилась за допомогою ехокардіографії до втручання, через 1 місяць, 6 місяців та 12 місяців після операції. Основними показниками були: маса міокарда лівого шлуночка (ММЛШ), кінцево-діастолічний об'єм (LVEDV), кінцево-сistolічний об'єм (LVESV) та фракція викиду (LVEF).

Для більш повної оцінки процесу ремоделювання також враховувались додаткові ехокардіографічні та клінічні параметри, включно з гемодинамічними індикаторами:

- товщина міжшлуночкової перегородки (IVS);
- товщина задньої стінки ЛШ (PWT);
- індекс сферичності ЛШ;
- глобальний поздовжній стрейн (GLS) за методом спекл-трекінгу;
- рівень NT-proBNP;
- зміни NYHA класу серцевої недостатності;
- валвуло-артеріальний імпеданс (Zva) як індикатор постнавантаження та інтегрального опору.

Статистичний аналіз проводився у SPSS v.26.0. Для опису кількісних змін використовували середнє $\pm$ стандартне відхилення. Для порівняння трьох груп використовували ANOVA з пост-хок тестами, а для динаміки в межах однієї групи – парний t-тест. Статистично значущим вважалось значення $p < 0,05$.

Таблиця 1

Основні характеристики досліджуваних груп

Характеристика	TAVI (n=109)	MIAVR (n=50)	SAVR (n=55)	p-value
Вік, роки	78,4 $\pm$ 6,5	65,1 $\pm$ 7,0	73,9 $\pm$ 8,2	0,01*
Чоловіки, n (%)	62 (56,9%)	30 (60,0%)	35 (63,6%)	0,72
Індекс маси тіла (BMI), кг/м ²	27,5 $\pm$ 4,2	26,9 $\pm$ 3,8	27,2 $\pm$ 3,9	0,64
Систолічний артеріальний тиск, мм рт.ст.	135,0 $\pm$ 18,0	132,0 $\pm$ 20,0	130,0 $\pm$ 22,0	0,29
Діастолічний артеріальний тиск, мм рт.ст.	75,0 $\pm$ 11,0	73,0 $\pm$ 12,0	74,0 $\pm$ 10,0	0,67
Супутній цукровий діабет, n (%)	33 (30,3%)	11 (22,0%)	13 (23,6%)	0,42
Хронічна хвороба нирок, n (%)	25 (22,09%)	8 (16,0%)	10 (18,2%)	0,48
Передопераційний NYHA клас	2,9 $\pm$ 0,4	3,1 $\pm$ 0,5	3,2 $\pm$ 0,6	0,06

Примітки: $p < 0,05$ – статистично значуща різниця.

Таблиця 2

Хірургічний ризик за шкалою STS

Характеристика	TAVI (n=109)	MIAVR (n=50)	SAVR (n=55)	p-value
STS ризик (до операції), %	6,8 $\pm$ 1,5	4,1 $\pm$ 1,1	3,5 $\pm$ 1,0	0,001*

Примітки: $p < 0,05$ вказує на статистично значущу різницю.

Результати. Аналіз показав статистично значуще зменшення маси міокарда лівого шлуночка (ММЛШ) у всіх трьох групах уже на 6 місяці спостереження ($p < 0,01$), що свідчить про початок процесу зворотного ремоделювання MIAVR (див. таблицю 3). Найбільше зниження спостерігалось у групах TAVI та MIAVR, тоді як у групі SAVR редукція була менш вираженою, хоча теж статистично значущою.

LVEF підвищилась у всіх групах, з максимальним приростом у TAVI (+14 %) та MIAVR (+12 %) (рисунок 1). LVEDV та LVESV поступово зменшувались, з найбільшим ефектом у SAVR ($p < 0,05^*$).

Кінцево-діастолічний об'єм і кінцево-систолічний об'єм поступово зменшувались, що відображає зниження об'ємного навантаження. Найбільш виражене скорочення LVEDV виявлено у групі SAVR (з 135 до 101 мл).

Покращення глобального поздовжнього стрейну свідчить про відновлення поздовжньої деформації міокарда (рисунок 2) – найкращі результати знову продемонстрували MIAVR та TAVI групи (до -18 %).

Рівень NT-proBNP значно знизився у всіх пацієнтів до 12 місяців спостереження (рисунок 3), особливо у групах SAVR та MIAVR, що корелює з клінічним покращенням.

Таблиця 3

Порівняння основних ехокардіографічних та клінічних параметрів між групами на 12 місяць спостереження
*(середні значення $\pm$ SD)

Показник	TAVI (n=109)	MIAVR (n=50)	SAVR (n=55)	p-value
ММЛШ, г/м ² (до операції)	134 $\pm$ 22	138 $\pm$ 24	142 $\pm$ 26	0,11
ММЛШ (12 міс.)	106 $\pm$ 17	108 $\pm$ 16	114 $\pm$ 18	0,04*
LVEF, % (до операції)	49 $\pm$ 10	50 $\pm$ 8	52 $\pm$ 9	0,32
LVEF (12 міс.)	63 $\pm$ 6	62 $\pm$ 6	58 $\pm$ 7	0,03*
LVEDV, мл (до опер.)	128 $\pm$ 20	132 $\pm$ 18	135 $\pm$ 19	0,20
LVEDV (12 міс.)	112 $\pm$ 16	104 $\pm$ 15	101 $\pm$ 14	0,05*
GLS, % (до операції)	-14,5 $\pm$ 2,8	-14,8 $\pm$ 2,7	-14,2 $\pm$ 3,0	0,58
GLS (12 міс.)	-18,3 $\pm$ 2,2	-18,1 $\pm$ 2,3	-17,2 $\pm$ 2,5	0,08
NT-proBNP, пг/мл (до опер.)	2300 $\pm$ 800	2150 $\pm$ 760	2450 $\pm$ 830	0,45
NT-proBNP (12 міс.)	970 $\pm$ 410	680 $\pm$ 350	650 $\pm$ 320	0,02*
NYHA (до операції)	2,9 $\pm$ 0,4	3,1 $\pm$ 0,5	3,2 $\pm$ 0,6	0,06
NYHA (12 міс.)	1,8 $\pm$ 0,3	1,4 $\pm$ 0,3	1,3 $\pm$ 0,4	0,01*
Zva, мм рт.ст./мл/м ² (до опер.)	5,2 $\pm$ 1,1	4,8 $\pm$ 0,9	5,0 $\pm$ 1,0	0,22
Zva (12 міс.)	2,7 $\pm$ 0,5	2,9 $\pm$ 0,6	3,4 $\pm$ 0,8	0,04*
PWT, мм (до операції)	12,4 $\pm$ 1,8	12,7 $\pm$ 1,9	12,9 $\pm$ 1,7	0,38
PWT (12 міс.)	11,1 $\pm$ 1,4	10,7 $\pm$ 1,3	10,8 $\pm$ 1,5	0,21

Примітки: $p < 0,05$ – статистично значуща різниця.

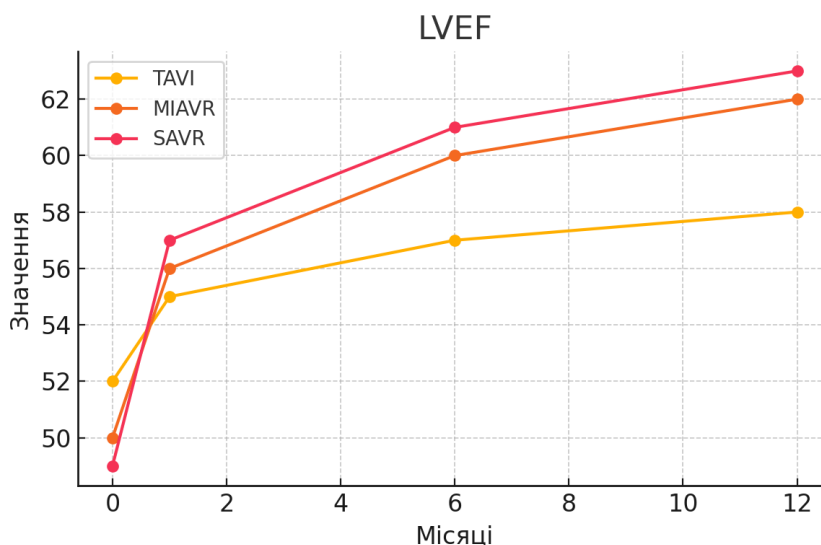


Рисунок 1. Графік зростання фракції викиду (LVEF) після втручання (1, 6, 12 міс)

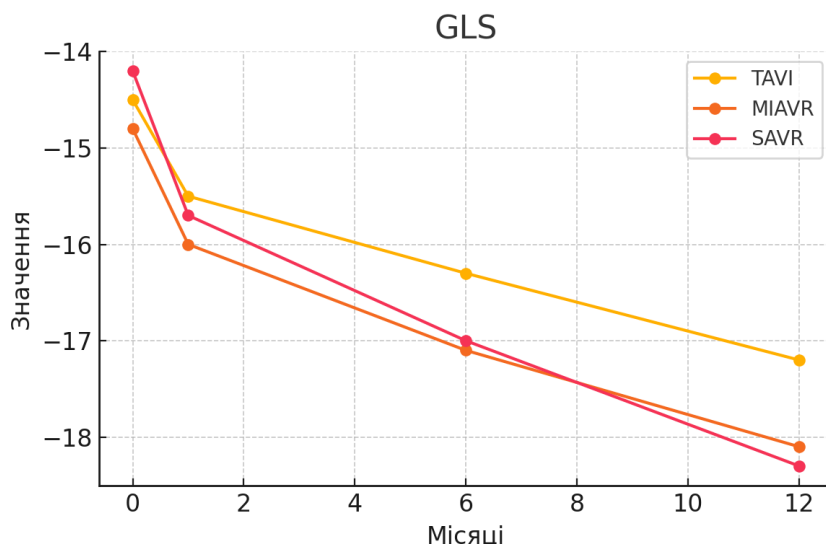


Рисунок 2. Графік відновлення GLS за 12 місяців у трьох групах

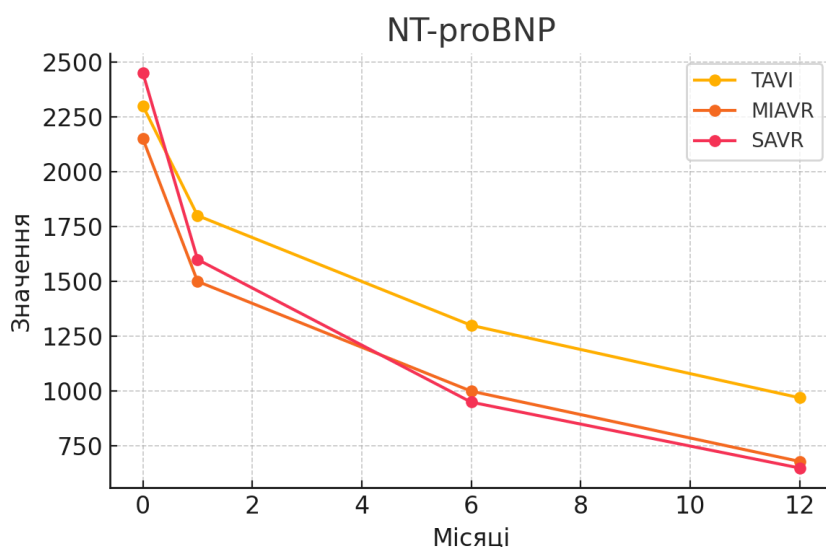


Рисунок 3. Графік динаміка зниження NT-proBNP

Функціональний стан, згідно з NYHA, покращився в усіх групах, зниження класу у середньому на 1.1–1.8 пункти.

GLS покращився в усіх групах, найвиразніше у MIAVR та TAVI (рисунок 2). NT-proBNP знизився у всіх, особливо в SAVR та MIAVR (Рисунок 3, $p < 0,02$). Функціональний клас NYHA покращився на $1,2 \pm 0,3$ бала в середньому у всіх групах ($p < 0,01^*$). Індекс Zva зменшився, з Найкращі результати спостерігалися після TAVI ($p < 0,04$).

Валвуло-артеріальний імпеданс (Zva) продемонстрував зменшення, що свідчить про зниження післянавантаження. Найбільш виражену динаміку Zva зафіксовано після TAVI. Валвуло-артеріальний імпеданс є інтегральним гемодинамічним показником, який враховує як опір у системному кровотоці, так

і градієнт тиску на аортальному клапані. Зниження Zva після втручання відображає зменшення загального післянавантаження на лівий шлуночок, що сприяє покращенню його функціонування та процесу зворотного ремоделювання.

Графік на рисунку 4 підтверджує, що TAVI забезпечує швидкий ранній ефект, однак MIAVR і SAVR мають вищий темп зворотного ремоделювання на пізніших етапах.

У TAVI найвища швидкість ремоделювання спостерігається між 0–1 та 1–6 місяцями, з тенденцією до уповільнення після 6 місяців (рисунок 5). MIAVR демонструє стабільну ремоделювальну динаміку на кожному етапі. SAVR має повільніший старт, але збільшує швидкість ремоделювання в пізньому періоді (6–12 міс).

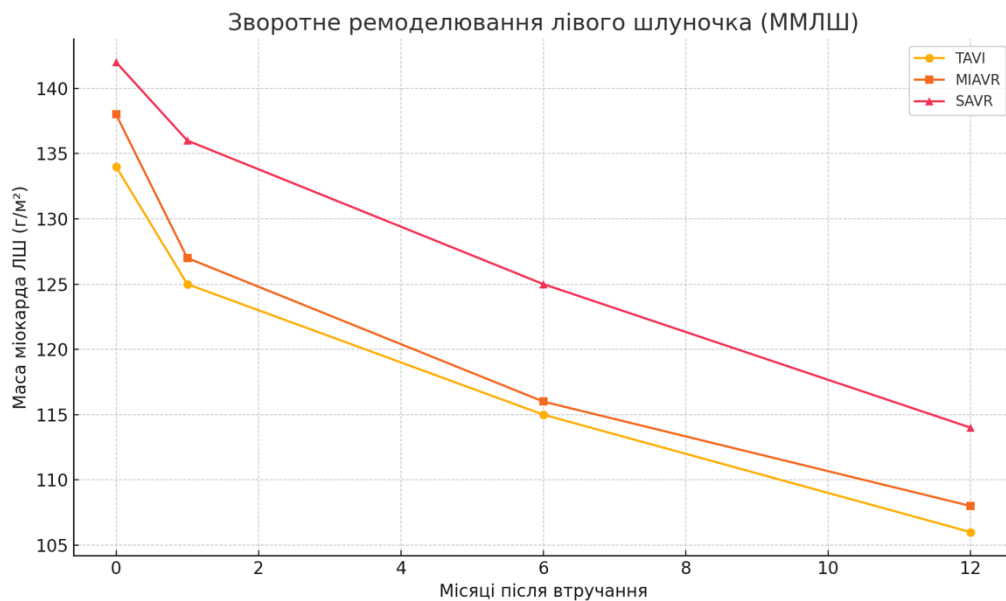


Рисунок 4. Графік зворотного ремоделювання впродовж 12 місяців

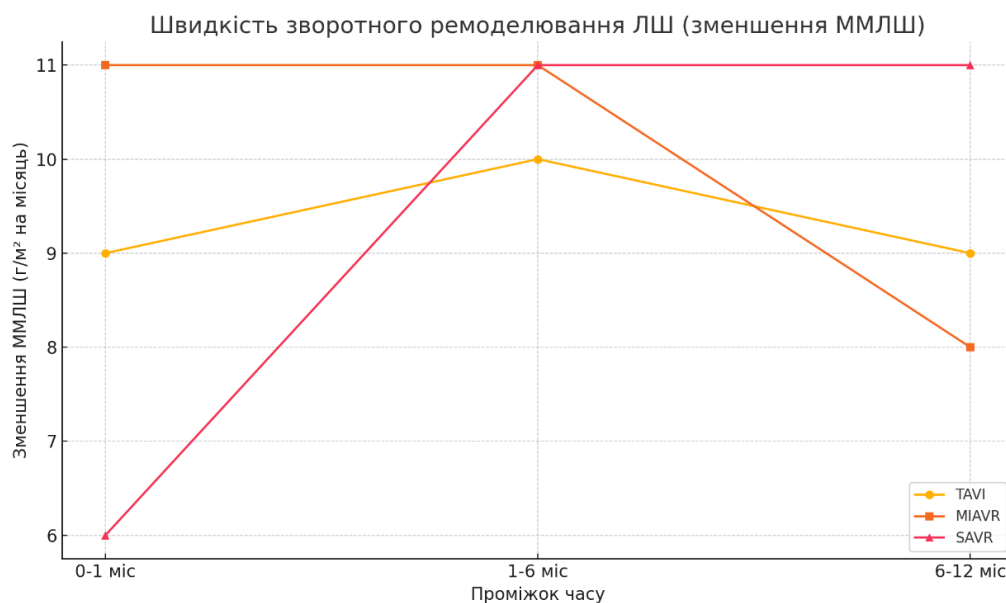


Рисунок 5. Графік часових трендів зворотного ремоделювання ЛШ

SAVR та MIAVR є дещо більш ефективними у процесі ЗРЛШ у довгостроковій перспективі, тоді як TAVI забезпечує швидке гемодинамічне покращення у пацієнтів з високим ризиком. Отримані результати свідчать, що всі три методи заміни аортального клапана – SAVR, MIAVR та TAVI – сприяють процесу зворотного ремоделювання лівого шлуночка, але з різним ступенем вираженості та швидкістю змін. Найбільш значущі зміни маси міокарда ЛШ, об'ємних показників та фракції викиду спостерігалися у групах TAVI та MIAVR.

Мініінвазивний доступ продемонстрував ефективність, співставну з традиційною стернотомією, при

значно меншій інвазивності, що особливо важливо для пацієнтів із супутніми захворюваннями та високим хірургічним ризиком. Це свідчить на користь ширшого впровадження MIAVR у клінічну практику за наявності належної хірургічної експертизи. Водночас MIAVR, завдяки меншій травматизації тканин, зниженню рівня післяопераційного запалення та пришвидшеній мобілізації, демонструє кращі функціональні результати у перші 1–3 місяці порівняно з традиційною стернотомією. Таким чином, за умови відповідного хірургічного досвіду цей метод може поєднувати переваги SAVR і мінімальної інвазивності.

Щодо TAVI, її цінність полягає в можливості проведення втручання у пацієнтів, яким протипоказане оперативне втручання. Швидкий ранній гемодинамічний ефект робить цей метод оптимальним вибором при декомпенсації та критичності стану пацієнта, однак для групи молодого, середнього віку із тривалою очікуваною протяжністю життя та збереженою функцією ЛШ може бути доцільніше розглянути MIAVR.

Порівняння також показало, що раннє покращення LVEF не завжди відповідає тривалому зменшенню об'ємів ЛШ, що підкреслює необхідність комплексного підходу до оцінки ремоделювання. Для кращого розуміння патофізіологічних механізмів варто включати дані тканинної доплерографії, strain-аналізу, біомаркерів (NT-proBNP) тощо.

Згідно з дослідженнями PARTNER та CoreValve [9-12], TAVI забезпечує порівнянні з SAVR результати виживаності у пацієнтів із високим хірургічним ризиком. Дослідження Pibarot et al. [3] демонструє, що ступінь регресу маси ЛШ тісно пов'язаний із рівнем післяопераційного тискового градієнта та ефективністю площі відкриття клапана, що також підтверджується у ряді інших досліджень [13,14] – ці показники доведено кращі при імплантації біологічного протезу транскатетерним методом. Також, як відзначено у ряді досліджень, ступінь параклапанної недостатності та вихідний стан пацієнта мають вагомий прогностичний цінність для зворотного ремоделювання – нами підтверджено дані кореляції [15,16].

Обмеження: Різниця у віці та хірургічному ризикі між групами, а також нерівномірний розподіл ІХС

можуть впливати на результати. Відсутність випадкової рандомізації обмежує узагальненість висновків. Також strain-аналіз проводився лише у частині пацієнтів.

Клінічні рекомендації:

- Пацієнтам молодого та середнього віку з помірним хірургічним ризиком доцільно рекомендувати SAVR або MIAVR, враховуючи потенціал для повного зворотного ремоделювання.
- TAVI є оптимальним методом у хворих високого ризику, у яких важливим є швидке полегшення симптомів та мінімальна інвазивність, хоча й з меншим ремоделювальним потенціалом.
- У кожному випадку необхідне індивідуальне мультидисциплінарне рішення (Heart Team), що враховує анатомічні, клінічні та функціональні характеристики.
- Динаміка Z_{va} може розглядатися як важливий доповнюючий маркер ефективності лікування та ступеня розвантаження лівого шлуночка.

Висновки

1. Усі три методи – TAVI, MIAVR та SAVR – сприяють зворотному ремоделюванню ЛШ, однак ступінь і швидкість змін різняться.
2. TAVI і MIAVR забезпечують вираженіше та триваліше зменшення маси ЛШ та об'ємів, а також кращу динаміку LVEF, GLS та зниження NT-proBNP.
3. TAVI демонструє швидке раннє покращення гемодинаміки, але повільніше структурне ремоделювання.
4. Вибір методу повинен базуватися на індивідуальній оцінці ризиків, анатомії та очікуваній тривалості життя пацієнта.

Список використаної літератури

References

1. Sousa Nunes F, Amaral Marques C, Pinho AI, Sousa Pinto B, Beco A, Ricardo Silva J, et al. Reverse left ventricular remodeling after aortic valve replacement for aortic stenosis: a systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med*. 2024;11:1407566. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1407566>
2. Antoñana Ugalde S, García Martín A, Salido Tahoces L, Sánchez Recalde Á, Zamorano Gómez JL, Fernández Golfín Lobán C. Reverse ventricular remodeling after transcatheter aortic valve implantation in pure aortic regurgitation. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2025. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2024.12.016>
3. Pibarot P, et al. Hemodynamic and Clinical Impact of Prosthesis–Patient Mismatch in TAVR and SAVR. *J Am Coll Cardiol*. 2020. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(00\)00859-7](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(00)00859-7)
4. *European Heart Journal*. 2022 Jun 1;43(21):2022. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac051>
5. Lancellotti P, Sugimoto T, Bäck M. Revisiting secondary mitral regurgitation threshold severity: insights and lessons from the RESHAPE-HF2 trial. *Eur Heart J Open*. 2024 Oct 1;4(5):oeae084. <https://doi.org/10.1093/ehjopen/oeae084>
6. Keuning ZA, Kerstens TP, Zwaan RR, Bowen DJ, Vos HJ, van Dijk APJ, et al. Left ventricular strain-volume loops in bicuspid aortic valve disease: new insights in cardiomechanics. *Eur Heart J Imaging Methods Pract*. 2024 Mar 15;2(2):qyae020. <https://doi.org/10.1093/ehjimp/qyae020>
7. Falk V, Baumgartner H, Bax JJ, De Bonis M, Hamm C, Holm PJ, et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2017 Oct 1;52(4):616–664. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezx324>
8. Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2022;43(7):561–632. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab395>
9. Leon MB, Smith CR, Mack MJ, et al. Transcatheter or surgical aortic-valve replacement in intermediate-risk patients. *N Engl J Med*. 2016;374(17):1609–1620. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1514616>
10. Siontis GC, Overtchouk P, Cahill TJ, et al. Transcatheter aortic valve implantation vs. surgical aortic valve replacement for treatment of severe aortic stenosis: a meta-analysis of randomized trials. *Eur Heart J*. 2019;40(38):3143–3153. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz275>

11. Deeb GM, Reardon MJ, Chetcuti S, et al. 1-Year results in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement with self-expanding valves. *J Am Coll Cardiol*. 2017;70(7):800–808. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.06.047>
12. Suri RM, Clavel MA, Schaff HV, et al. Effect of aortic valve replacement on left ventricular remodeling in severe aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2016;67(4):452–461. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.10.089>
13. Dahl JS, Videbæk L, Poulsen MK, et al. Effect of transcatheter aortic valve replacement on left ventricular mass and function in patients with severe aortic stenosis. *Am J Cardiol*. 2015;115(3):472–478. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2014.11.011>
14. Gaede L, Blumenstein J, Kim WK, et al. Reverse remodeling after transcatheter aortic valve replacement: evaluation by serial cardiac MRI. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(7 Pt 1):1425–1436. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.03.029>
15. Rodríguez-Gabella T, Voisine P, Puri R, et al. Aortic valve replacement and left ventricular remodelling: a systematic review. *Eur Heart J*. 2017;38(31):2415–2425. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx042>
16. Genereux P, Head SJ, Hahn R, et al. Paravalvular regurgitation after transcatheter aortic valve replacement: the new Achilles' heel? *J Am Coll Cardiol*. 2013;61(11):1125–1136. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.08.1039>

Comparative Analysis of Left Ventricular Reverse Remodeling After Aortic Valve Replacement: Median Sternotomy, Minimally Invasive Approach, and TAVI

Oleksandra V. Telehuzova^{1,2}, Glib I. Yemets², Nadiya M. Rudenko^{1,2}

¹Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Ukrainian Children's Cardiac Center, Kyiv, Ukraine

Abstract

Aim. To evaluate and compare the effectiveness of left ventricular reverse remodeling (LVRR) after three distinct types of aortic valve replacement (AVR): surgical aortic valve replacement via median sternotomy (SAVR), minimally invasive aortic valve replacement (MIAVR), and transcatheter aortic valve implantation (TAVI).

Materials and Methods. This prospective observational study included 214 patients diagnosed with severe aortic stenosis who underwent valve replacement using one of the three approaches. Patients were allocated into groups based on the intervention method (TAVI: n=78, MIAVR: n=63, SAVR: n=73). A comprehensive evaluation of left ventricular morphology and function was performed using echocardiography at baseline, 1, 6, and 12 months post-intervention. Parameters assessed included left ventricular mass index (LVMI), volumes (LVEDV, LVESV), ejection fraction (LVEF), global longitudinal strain (GLS), and NT-proBNP levels. Functional capacity was evaluated using the NYHA classification.

Results. All three methods contributed to LVRR, as evidenced by progressive reductions in LVMI and LV volumes, along with improvements in LVEF and GLS. The TAVI and MIAVR groups demonstrated earlier and more pronounced reverse remodeling, particularly during the first 6 months, while SAVR showed a more gradual yet steady improvement. NT-proBNP levels significantly decreased across all groups, reflecting improved hemodynamics. TAVI was associated with the most rapid early recovery, whereas MIAVR demonstrated the most balanced and sustained benefits over the 12-month follow-up.

Conclusions. AVR, regardless of approach, promotes reverse remodeling of the left ventricle in patients with severe aortic stenosis. However, the rate and extent of remodeling vary by method. These findings highlight the need for an individualized approach in selecting the most appropriate valve replacement strategy, considering patient risk profiles, anatomical factors, and expected recovery trajectory.

Keywords: reverse remodeling, left ventricle, aortic stenosis, TAVI, MIAVR, SAVR, NT-proBNP, echocardiography, minimally invasive surgery, cardiac function, echocardiography

Стаття надійшла в редакцію / Received: 21.06.2025

Після доопрацювання / Revised: 22.07.2025

Прийнято до друку / Accepted: 06.08.2025