

УДК616.12-06:616.132-089.28

DOI: <http://doi.org/10.31928/2305-3127-2023.1-2.2228>**М.М. Зарецький^{1, 2}, Б.М. Тодуров^{1, 2}, О.М. Грицай¹, В.Б. Демянчук¹,
О.В. Зеленчук^{1, 2}**¹ ДУ «Інститут серця МОЗ України», Київ² Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, Київ

Предиктори виникнення порушень провідності серця в пацієнтів після протезування аортального клапана

У XXI столітті найпоширенішою вадою серця є дегенеративний аортальний стеноз (АС). Так, в європейських країнах 5 % населення має помірний АС 3 %, до того ж понад 50 % не мають яскраво вираженої клінічної картини. У наш час основною причиною формування АС у дорослих є сенільна дегенерація аортального клапана (АК). У людей похилого віку серед серцевих причин смерті кальцифікований АС посідає друге місце після ішемічної хвороби серця. Протезування аортального клапана (ПАК) – єдиний ефективний метод лікування АС. Однак унаслідок загального старіння населення збільшується й вік прооперованих пацієнтів, а отже, збільшується хірургічний ризик. Найпоширеніші ускладнення після операції на АК подібні до ускладнень інших кардіохірургічних операцій, таких як інсульт, глибока інфекція груднинної рани, повторна операція при кровотечі, інфаркт міокарда і транзиторні порушення ритму серця.

Порушення ритму серця, що з'являються після операції ПАК і потребують імплантації постійного кардіостимулятора (ПКС), виникають через анатомічні особливості АК, його патологічні зміни, травматичні втручання з приводу корекції клапанного дефекту. У світі проведена велика кількість одноцентрових та лише кілька мультицентрових досліджень щодо виявлення факторів ризику, які могли бути предикторами імплантації ПКС після ПАК.

Подальші дослідження в цьому напрямку є актуальними, бо наразі немає чітких критеріїв, які б дали змогу визначити пацієнтів з потребою превентивної імплантації ПКС перед операцією ПАК через високу ймовірність виникнення порушень провідності серця у післяопераційному періоді для зниження кількості ускладнень та зменшення часу перебування хворого в стаціонарі.

Ключові слова: протезування аортального клапана, ускладнення, порушення серцевого ритму, імплантація постійного кардіостимулятора, предиктори.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, серцево-судинні захворювання домінують серед причин смертності у світі [27, 39]. Третє місце в їхньому складі посідають захворювання клапанного апарату серця [6]. У XXI столітті найпоширенішою вадою серця є дегенеративний аортальний стеноз (АС). Так, в європейських країнах 5 % населення має помірний АС 3 %, при цьому понад 50 % не мають яскраво вираженої клінічної картини [17]. У наш час основною причиною формування АС у дорослих є сенільна дегенерація аортального клапана (АК). У людей похилого віку серед серцевих причин

смерті кальцифікований АС посідає друге місце після ішемічної хвороби серця [49].

Протезування аортального клапана (ПАК) – єдиний ефективний метод лікування АС [31]. Однак внаслідок загального старіння населення збільшується й вік прооперованих пацієнтів, а відтак збільшується хірургічний ризик. Рання післяопераційна смертність у пацієнтів старечого віку, які перенесли ПАК зі штучним кровообігом (ШК), залишається високою і досягає 11–15 % [17].

Серед оперативних втручань на клапанах ПАК виконують найчастіше. Показання до операції

залежать від патофізіології і симптомів. Вибір протеза та методу оперативного втручання з приводу заміни АК може бути складним і залежить від багатьох клінічних і життєвих міркувань.

Попри велику кількість оперативних втручань та методик лікування патології АК виникають різні ускладнення, одним з яких є порушення серцевого ритму, що може спричинити необхідність імплантації постійного кардіостимулятора (ПКС). Патофізіологія нових аномалій провідності ще достеменно не з'ясована, але низка досліджень свідчить, що такі фактори, як прогресивна кальцинуюча хвороба АК [30], супутня тяжка недостатність мітрального клапана, перенесене аортокоронарне шунтування (АКШ), субаортальний стеноз (САС) або повторні операції [42], тяжкий АС [50], ендокардит [37], додаткова операція на мітральному клапані [38], товщина стінки міжшлуночкової перегородки, вже наявні порушення ритму серця, глибина імплантації клапана та тип протеза [2, 47] відіграють певну роль та можуть впливати на вірогідність виникнення порушень ритму серця в пацієнтів після ПАК. Тому має значення точне визначення подібних предикторів порушення ритму серця для їхнього безпосереднього виявлення в пацієнтів з метою запобігти можливим ускладненням.

Анатомія аортального клапана. АК є останньою перепороною плину крові на шляху від серця до інших органів. Він розташований на стику між аортою і вихідним трактом лівого шлуночка (ВТЛШ). Його функція полягає в підтримці односпрямованого кровоплину під час діастолі і водночас забезпеченні кровоплину до аорти з мінімальним опором під час систолі. АК, як правило, має три півмісяцеві стулки (трикуспіди), названі за їхньою приналежністю до устя коронарних артерій: ліва коронарна і права коронарна та третя – некоронарна стулка. Стулки прикріплені до аортального фіброзного кільця в місці незначних розширень аорти, пов'язаних з кожною стулкою (пазухи Вальсальви, що закінчуються в синотубулярному з'єднанні). Синотубулярне з'єднання – найвузжча частина кореня аорти. Фіброзний скелет підтримує АК і безпосередньо контактує з передньою стулкою мітрального клапана [7, 10].

Методи заміни аортального клапана. Зараз ПАК стає безпечним оперативним втручанням, попри те що його проводять пацієнтам похилого віку, має найкращі результати, досягнуті в провідних кардіохірургічних центрах. Стандартний підхід – це серединна стернотомія для ПАК і операцій щодо заміни кореня аорти загалом. Однак малоінвазивні підходи, зокрема верхня

гемістернотомія і права передня торакотомія, можуть бути виконані з еквівалентною безпекою і кращими результатами.

Імплантація механічного або біологічного протеза залишається золотим стандартом у лікуванні пацієнтів з патологією АК. Однак потреба приймати антикоагулянти, проблема довговічності трансплантатів, ризик тромбоемболічних та геморагічних ускладнень, інфекційного ендокардиту спонукають хірургів до пошуку та розробки нових технологій. Існують також випадки, що призводять до невідповідності «протез–пацієнт» після протезування АК як механічними, так і біологічними протезами, особливо у хворих з вузьким фіброзним кільцем АК [41]. У 2011 р. Sh. Ozaki та співавтори [33] повідомили про свою методику неокуспідалізації АК (AVNeo), тобто протезування стулок АК автоперикардом, обробленим 0,6 % глутаральдегідом з використанням спеціальних шаблонів.

Це нова методика протезування АК з використанням аутологічного перикарда. Це втручання дозволяє сформувати АК з відмінними гемодинамічними характеристиками та низькою частотою повторних операцій у ранньому і віддаленому періодах як у дорослих, так і в дітей [4].

Систематичний пошук у базах даних PubMed та Cochrane проводили K.S. Mylonas та співавтори. За результатами дослідження виявлено, що середньострокові результати операції Озакі чудові з погляду гемодинаміки, виживання та свободи від повторної операції. Отримання довгострокового спостереження допоможе зміцнити цей метод в арсеналі кардіохірургії [29].

Використання стентових біопротезів клапанів перевершило використання механічних клапанів, гомотрансплантатів і легеневи́х ауто-трансплантатів разом узятих, що свідчить про досягнення в технології клапанів.

В останні десятиліття транскатетерна імплантація АК (TAVI) стала широко застосовуватися в лікуванні пацієнтів, що вважаються неоперабельними або мають високий хірургічний ризик [8, 28]. За прогнозами для Європи та Північної Америки, серед пацієнтів похилого віку з групи високого ризику із симптоматичним, тяжким АС приблизно 27 000 нових пацієнтів отримують право на TAVI на рік [32].

У світлі сприятливих клінічних результатів ця методика має потенціал для використання в ширшій популяції пацієнтів, зокрема й у молодих пацієнтів та пацієнтів з нижчим періопераційним ризиком. Крім того, зі збільшенням очікуваної тривалості життя, а також частки людей похилого віку в загальній популяції варто очікувати ширшого впровадження TAVI.

Ускладнення при заміні аортального клапана. Найпоширеніші ускладнення після операції на АК подібні до ускладнень інших кардіохірургічних операцій, як-от: інсульт (1–4 %), глибока інфекція груднинної рани (1–2 %), повторна операція при кровотечі (1–3 %), інфаркт міокарда (1–5 %). Транзиторні порушення ритму серця не є рідкістю, ймовірно, в результаті витягування або набряку пучка Гіса безпосередньо біля правої некоронарної комісури. Зазвичай вони минають упродовж 5–6 днів після операції. Ризик повної блокади серця, що потребує імплантації ПКС, залишається досить високим і становить 3–5 % [45].

Існують рекомендації щодо електрокардіостимуляції серця в пацієнтів після ПАК. Насамперед таким пацієнтам рекомендують тимчасове епікардіальне стимулювання. Пацієнтам з післяопераційними симптоматичними дисфункціями синусового вузла або передсердношлуночковими (АВ) блокадами або гемодинамічною нестабільністю, яка не минає після протезування АК упродовж 5–7 діб, рекомендують імплантацію ПКС. Також деяким пацієнтам після ПАК, які потребують бівентрикулярної або шлуночкової стимуляції, рекомендують інтраопераційну імплантацію постійного епікардіального електрода [3, 5, 9, 14, 26, 42].

Найпоширенішими причинами порушень провідності серця після операції на АК є набряк, травматичні маніпуляції з видаленням кальцію або пошкодження внаслідок глибоко накладених швів. Необхідність імплантації ПКС після ПАК є поширеною і становить від 3 до 8,5 %: найбільший ризик імовірний у пацієнтів з передопераційними порушеннями провідності. Наявні дані свідчать про те, що в більшості не відновлюється АВ-провідність.

У світі проведені численні оперативні втручання з приводу ПАК та накопичена велика кількість спостережень за ускладненнями після їхнього проведення, зокрема і порушень ритму серця, які потребують надалі імплантації ПКС. Предиктори таких періопераційних порушень серцевого ритму є важливими факторами, які мають бути чітко визначені для їхнього виявлення в передопераційному періоді з метою профілактики можливих ускладнень.

Транзиторні розлади провідності серцевого ритму часто трапляються після відкритої операції на серці. Однак зареєстрована частота порушень провідності після кардіохірургічних втручань відрізняється. Відомо, що захворюваність вища в пацієнтів, які перенесли багаторазові операції або комбіновані клапанні операції, а також у випадках АКШ у поєднанні з операцією

на клапанах, ніж у тих, хто переніс операцію на ізольованому клапані. При ізольованому ПАК частота імплантації ПКС варіюється від 1,1 до 7,2 %, але ці значення були отримані в результаті досліджень, які охоплювали випадки ПАК з іншою патологією [50].

До потенційних факторів ризику імплантації ПКС після ізольованого ПАК належать наявні порушення провідності, двостулковий аортальний клапан, жіноча стать, тривалість штучного кровообігу (ШК), повторна операція, а також аортальна недостатність та інфаркт міокарда в анамнезі [30]. Попередні дослідження дали суперечливі результати щодо зворотності порушень провідності після ПАК. Тому рання імплантація ПКС за умов розладу провідності після ПАК є спірною [5, 36].

У дослідженні за участю 276 пацієнтів після ПАК виявлено, що незворотна АВ-блокада, що потребує імплантації ПКС, є рідкісним станом після ПАК. Попередня аортальна недостатність, інфаркт міокарда, легенева гіпертензія та післяопераційний електролітний дисбаланс можуть розглядатися як чинники для виявлення пацієнтів із підвищеним ризиком прогресивної АВ-блокади [26].

У результаті іншого, але подібного дослідження, виявлено, що після аналізу 465 оперативних втручань з приводу ПАК тільки 19 пацієнтів потребували імплантації ПКС. Тобто незворотна АВ-блокада, що потребує імплантації ПКС, була рідкісним ускладненням після ПАК. Факторами ризику були кальциноз аортального кільця, двостулкова аорта, жіноча стать, наявність блокади правої ніжки пучка Гіса (ПНПГ) або лівої ніжки пучка Гіса (ЛНПГ), подовжений загальний час ШК та артеріальна гіпертензія [12].

Дослідження, опубліковане після аналізу 354 оперативних втручань з приводу ізольованого ПАК, виявило, що предикторами необхідності імплантації ПКС були наявні захворювання провідності серця та передопераційна аортальна недостатність [9].

Подібне проведене дослідження, в якому проаналізовано 216 випадків ПАК, виявило, що повна АВ-блокада та імплантація ПКС залишаються поширеними ускладненнями після ПАК. Наявні доопераційні порушення АВ-провідності з внутрішньопучковою або внутрішньошлуночковою провідністю разом із зупинкою серця, а також комбіновані та поєднані клапанні операції були найважливішими предикторами повного АВ-блокади та імплантації ПКС. А вибір типів клапанів не впливав статистично значуще на порушення провідності в післяопераційному періоді [15].

P. Nardi та співавтори опублікували дослідження, в якому серед 261 пацієнта, прооперованого з приводу ізольованого ПАК, потреба в імплантації ПКС виникла тільки у 9 (3 %) пацієнтів. Згідно з їхніми результатами потреба в імплантації ПКС в цьому випадку більше була пов'язана з передопераційною прогресивною кальцинуючою хворобою АК, а не з наявними раніше аномаліями провідної системи серця. Ці результати відрізняються від більшості досліджень у пацієнтів з цією патологією. Згідно з їхніми висновками, ймовірно, точна хірургічна техніка ПАК допомагає запобігти подальшому порушенню функціонування провідної системи серця, що є профілактикою ранньої післяопераційної імплантації ПКС [30].

Результати великого дослідження, проведеного за участю понад 3500 пацієнтів, що перенесли операцію ПАК в період 1990–2003 рр., опублікували U.P. Schurr та співавтори. Згідно з їхніми висновками похилий вік не був незалежно пов'язаний з імплантацією ПКС. Незалежними були визначені такі предиктори: супутня тяжка недостатність мітрального клапана, перенесене АКШ, САС або повторні операції [42].

N.M. Van Mieghem та співавтори опублікували результати дослідження, в якому було обстежено 734 пацієнти після ПАК. Вони виявили, що пацієнти з тяжким АС, які перенесли операцію ПАК, мали постійний 1 % річний ризик для імплантації ПКС. Післяопераційна наявність блокади ПНПГ та ЛНПГ (з блокадою їхніх гілок) прогнозувала потребу в імплантації ПКС як упродовж 30 днів, так і через 30 днів після ПАК [50].

Результати іншого дослідження, в якому аналізували понад 2000 оперативних втручань з приводу ПАК, продемонстрували, що більшість пацієнтів, яким був імплантований ПКС після ПАК, залишалися залежними від ПКС упродовж тривалого періоду спостереження. Етіологія ураження клапанів була незалежним предиктором відсутності відновлення ритму під час подальшого спостереження; пацієнти з ендокардитом, дисфункцією протеза або двостулковим аортальним клапаном мали значно більшу частоту імплантації ПКС. У цих пацієнтів імплантація ПКС можна було б виконувати раніше, що могло б зменшити час іммобілізації та час госпіталізації пацієнтів [37].

M.P. Robich та співавтори опублікували аналіз 659 692 оперативних втручань у пацієнтів після ПАК, що були занесені в Національну базу даних США у період 1998–2009 рр. Виявлено, що важливими факторами ризику імплантації ПКС після ПАК були супутні захворювання, похилий вік і додаткова операція на мітральному клапані [38].

Під час іншого дослідження, проведеного щодо визначення частоти та прогнозу порушень провідності серця, що вимагають імплантації ПКС після ізольованого ПАК, у 663 пацієнтів з патологічно підтвердженим дегенеративним АС, було виявлено, що імплантація ПКС при порушенні провідності трапляється рідко. Ізольоване ПАК при дегенеративному АС має низький ризик порушень провідності під час тривалого спостереження [16].

J. Song та співавтори опублікували дослідження, в якому взяли участь понад 5000 пацієнтів після хірургічної корекції клапанної патології серця. Виявлено, що пацієнти, які перенесли ізольоване ПАК, заміну клапана із супутньою корекцією дефекту міжшлуночкової перегородки і заміну клапанів з операцією на корені та дузі аорти, мали підвищений ризик імплантації ПКС після операції із заміни клапанів. У більшості таких хворих не відновлювалися порушення АВ-провідності після протезування клапана, тому була необхідна імплантація ПКС. Автори рекомендували проводити ранні імплантації ПКС, щоб зменшити ризик ускладнень та раптової смерті [44].

Порушення провідності серця під час операції Озакі. Необхідність імплантації ПКС є інтенсивно обговорюваною темою, коли порівнюють втручання на АК, особливо при TAVI та відкритому ПАК, з показниками імплантації ПКС у межах від 3,7 до 8,8 % після заміни АК залежно від типу клапана [11, 13]. Заявлені показники імплантації ПКС після AVNeo дуже низькі. Водночас Sh. Ozaki та співавтори [34] повідомляли про одного (0,25 %) пацієнта із 404 пацієнтів, який потребував імплантації ПКС під час спостереження. L. Koeschlin та співавтори після ізольованого AVNeo не відзначали потреби в імплантації ПКС [20]. Цей висновок можна пояснити тим, що знову сконструйовані стулки просто вживлюються в нативне кільце без будь-яких радіальних сил, що виникають. Навпаки, імплантація протеза клапана може призвести до механічного стресу і пошкодження провідної системи, особливо у випадку клапанів швидкого розгортання і TAVI [11, 13]. Оскільки є (хоча й суперечливі) дані, що свідчать про побічні ефекти післяопераційної імплантації ПКС, особливо після TAVI, низька частота процедури імплантації ПКС після AVNeo може бути важливою його перевагою [20].

Була проведена низка одноцентрових та багаточентрових досліджень щодо виявлення можливих ускладнень порушення ритму серця в таких пацієнтів.

У результаті одного з таких досліджень серед пацієнтів, які перенесли операцію Озакі, а їх було 71, імплантація ПКС була проведена у трьох (4,2 %) пацієнтів [35]. В іншому дослідженні, до якого залучали 114 пацієнтів, прооперованих за методом Озакі, в жодного пацієнта не виникло потреби в імплантації ПКС [23]. У схожому дослідженні, в якому було проаналізовано результати лікування 13 пацієнтів після AVNeo, АВ-блокади не зафіксовано в жодного з пацієнтів [22]. У дослідженні, що охоплювало 70 пацієнтів після AVNeo, виявлено, що тільки у двох (3 %) пацієнтів було імплантовано ПКС [19].

K.S. Mylonas та співавтори проаналізували результати 22 досліджень у процесі систематичного пошуку за базами даних PubMed і Cochrane, що охопили 1891 пацієнта після оперативного втручання за методом Озакі. Виявилось, що ПКС був імплантований у 0,7 % пацієнтів [29].

Порушення провідності при TAVI. Попри модифікацію пристроїв для TAVI не було реалізовано жодних спеціальних функцій для зменшення виникнення нових порушень провідності серця при використанні цієї методики [48]. Було виявлено кілька предикторів потреби імплантації ПКС. На деякі з них, такі як раніше наявна блокада ПНПГ, анатомічна варіабельність, кількість та розподіл кальцифікатів або жорсткість ВТЛШ оператор TAVI не може вплинути [2, 47]. Проте є два основні фактори, які мають потенціал для оптимізації: кількість травм, нанесених провідній системі інтраопераційно, та періопераційне використання медикаментозної терапії, що впливає на АВ-провідність.

Частини провідної системи, зокрема пучок Гіса та ліва ніжка пучка Гіса, розташовані безпосередньо близько до основи некоронарної та правої коронарної ступок. Це сусідство пояснює виникнення періопераційних порушень провідності. Електрофізіологічні дослідження, проведені після TAVI, показали пошкодження АВ-пучка Гіса [40]. Варто зазначити, що є велика анатомічна міжіндивідуальна варіабельність АВ-пучка. В одних хворих правіший, в інших – лівіший АВ-пучок. Пацієнти з лівішим АВ-пучком мають набагато більший ризик розвитку АВ-блокади високого ступеня [2, 18]. Оскільки TAVI покладається на великі розміри для закріплення пристрою всередині нативного кільця і, отже, пристрій тисне на сусідні структури, багато експертів вважають, що кількість ПКС після TAVI завжди буде вищою ніж 3,6–7,1 % після операції ПАК на відкритому серці [1, 24, 43].

Переважаю три основні фактори сприяють періопераційному механічному пошкодженню

провідної системи серця. Це (I) вибір розміру та типу протеза, (II) розмір балона, який використовується для пре- та постдилатації та (III) методика імплантації, що здатна звести до мінімуму травму, потенційно заподіяну фіброзному кільцю АК та ВТЛШ.

Деякі автори вважають, що важливо знати, як проводити медикаментозну терапію, що може порушити АВ-провідність у пацієнтів, які перенесли TAVI, для досягнення низьких показників імплантації ПКС. Препарати, що мають негативний дромотропний ефект, такі як бета-адреноблокатори, недигідропіридинові блокатори кальцієвих каналів (верапаміл), дигоксин або аміодарон, потрібно відмінити за 1–2 дні до TAVI. Їх треба відновлювати лише після того, як параметри на ЕКГ пацієнта стабілізуються [46].

М.М. Levack та співавторами було опубліковане одноцентрове дослідження, яке охоплювало 7099 пацієнтів після проведення відкритого ПАК та TAVI. Після аналізу результатів дослідники з'ясували, що імплантація ПКС була проведена у 151 (2,6 %) пацієнта після відкритого ПАК і у 125 (9,7 %) пацієнтів після TAVI ($p < 0,0001$). До факторів ризику для імплантації ПКС при TAVI належали передопераційні порушення провідності серця та тип протеза (SAPIEN, 9,5 %; SAPIEN XT, 4,8 %; SAPIEN 3, 10 % [Edwards Lifesciences, Irvine, CA]; CoreValve, 30 % [Medtronic MN], та інші TAVI, 10 %) [25].

Обговорення

Порушення ритму серця, що з'являються після операції ПАК і потребують імплантації ПКС, виникають через анатомічні особливості АК, його патологічні зміни, травматичні втручання внаслідок корекції клапанного дефекту. У світі проведено велику кількість одноцентрових, та лише декілька мультицентрових досліджень щодо виявлення факторів ризику, які могли б бути предикторами імплантації ПКС після ПАК. Результати досліджень відрізняються: предикторами можуть бути тяжка аортальна недостатність, інфаркт міокарда в анамнезі, легенева гіпертензія, післяопераційний електролітний дисбаланс, виражений кальциноз аортального кільця, двостулковий АК, жіноча стать, подовжений загальний час ШК та артеріальна гіпертензія в анамнезі, тяжка недостатність мітрального клапана, АКШ, САС або повторні операції. Але в усіх проаналізованих джерелах, крім одного, спільним залишається такий предиктор, як доопераційні порушення серцевого ритму.

Новий метод протезування АК з використанням аутологічного перикарда дає змогу сформулювати АК зі значно нижчими показниками імплантації ПКС як у ранньому, так і у віддаленому періодах.

Потреба в імплантації ПКС залишається важливою та поширеною проблемою TAVI. Існують фактори, які можуть бути оптимізовані: кількість травм, нанесених провідній системі серця інтраопераційно, та періопераційне використання препаратів, що впливають на АВ-провідність. Оптимізувавши ці фактори, ми, можливо, зможемо досягти низького рівня імплантації ПКС після TAVI.

Конфлікту інтересів немає.

Усі три автори зробили значний внесок у написання цієї статті.

Література

- Adams DH, Popma JJ, Reardon MJ, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding prosthesis. *N Engl J Med*. 2014;370(19):1790-8.
- Auffret V, Puri R, Urena M, et al. Conduction Disturbances After Transcatheter Aortic Valve Replacement: Current Status and Future Perspectives. *Circulation*. 2017;136(11):1049-69.
- Bagur R, Manazzoni JM, Dumont E, et al. Permanent pacemaker implantation following isolated aortic valve replacement in a large cohort of elderly patients with severe aortic stenosis. *Heart*. 2011;97:1687-94.
- Baird CW, Sefton B, Chávez M, et al. Congenital Aortic and Truncal Valve Reconstruction Utilizing the Ozaki Technique: Short term Clinical Results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2021;161(5):1567-77.
- Baraki H, Al Ahmad A, Jeng-Singh S, et al. Pacemaker dependency after isolated aortic valve replacement: do conduction disorders recover over time? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013;16:476-81.
- Baumgartner H. Aortic stenosis: medical and surgical management. *Heart*. 2005;91(11):1483-8.
- Christie GW. Anatomy of aortic heart valve leaflets: the influence of glutaraldehyde fixation on function. *Eur J Cardio-Thoracic Surgery*. 1992;6(1):25-32.
- Cribier A. Development of transcatheter aortic valve implantation (TAVI): a 20-year odyssey. *Arch Cardiovasc Dis*. 2012;105(3):146-52.
- Dawkins S, Hobson AR, Kalra PR, et al. Permanent pacemaker implantation after isolated aortic valve replacement: incidence, indications, and predictors. *Ann Thorac Surg*. 2008;85:108-12.
- de Kerchove L, Jashari R, Boodhwani M, et al. Surgical anatomy of the aortic root: Implication for valve-sparing reimplantation and aortic valve annuloplasty. *J Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2015;149:425-33.
- Ensminger S, Fujita B, Bauer T, et al. Rapid deployment versus conventional bioprosthetic valve replacement for aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71(13):1417-28.
- Erdogan HB, Kayalar N, Ardal H, et al. Risk factors for requirement of permanent pacemaker. *J Card Surg*. 2006;21:211-5.
- Fujita B, Schmidt T, Bleiziffer S, et al. Impact of new pacemaker implantation following surgical and transcatheter aortic valve replacement on 1-year outcome. *Eur J Cardio-Thoracic Surg*. 2020;57(1):151-9.
- Greason KL, Lahr BD, Stulak JM, et al. Long-Term Mortality Effect of Early Pacemaker Implantation After Surgical Aortic Valve Replacement. *Ann Thorac Surg*. 2017;104:1259-64.
- Huynh H, Dalloul G, Ghanbari H, et al. Permanent pacemaker implantation following aortic valve replacement: current prevalence and clinical predictors. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2009;32:1520-5.
- Hwang YM, Kim J, Lee JH, et al. Conduction disturbance after isolated surgical aortic valve replacement in degenerative aortic stenosis. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017;154:1556-65.
- lung B, Baron G, Butchart EG, et al. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: the Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *Eur Heart J*. 2003;24(13):1231-43.
- Kawashima T, Sato F. Visualizing anatomical evidences on atrioventricular conduction system for TAVI. *Int J Cardiol*. 2014;174(1):1-6.
- Khatchatourov G, van Steenberghe M, Goy D, et al. Short-term outcomes of aortic valve neocuspidization for various aortic valve diseases. *JTCVS Open*. 2021;26(8):193-202.
- Koechlin L, Schurr U, Miazza J, et al. Echocardiographic and Clinical Follow-up After Aortic Valve Neocuspidization Using Autologous Pericardium. *World J Surg*. 2020;44(9):3175-81.
- Koechlin L, Eckstein FS. Aortic Valve Neocuspidization Using Autologous Pericardium (Ozaki Procedure): an Alternative to Aortic Valve Replacement in Adult Cardiac Surgery? *Current Anesthesiology Reports*. 2021;11:318-25.
- Kolesár A, Toporcer T, Kačer P, et al. The Role of Modification of the Original Ozaki Technique in the Treatment of Aortic Valve Diseases. *Cor Vasa*. 2020;62:547-50.
- Krane M, Boehm J, Prinzing A, Lange R. Approaching Mid-Term Results for Aortic Valve Reconstruction (Ozaki's Procedure). *Thorac Cardiovasc Surg*. 2020;68(01):1-72.
- 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):1609-20.
- Levac MM, Kapadia SR, Soltesz EG, et al. Prevalence of and Risk Factors for Permanent Pacemaker Implantation After Aortic Valve Replacement. *Ann Thorac Surg*. 2019;108:700-7.
- Limongelli G, Ducceschi V, D'Andrea A, et al. Risk factors for pacemaker implantation following aortic valve replacement: a single centre experience. *Heart*. 2003;89:901-4.
- Lopez A, Ahmad O, Guillot M, et al. World mortality in 2000: Life tables for 191 countries. Geneva: World Health Organization, 2002.
- McMurray JJ, Adamopoulos S, Anker SD, et al. ESC

Висновки

Подальші дослідження в напрямку визначення предикторів порушень ритму серця після протезування аортального клапана є актуальними, бо наразі немає чітких критеріїв, що дали б змогу виявити пацієнтів, які потребують ретельного передопераційного аналізу, визначення ризику та планування оптимальної тактики інтра- та післяопераційного ведення у зв'язку з високою ймовірністю виникнення порушень провідності серця в післяопераційний період для зниження кількості ускладнень та зменшення часу перебування хворого в стаціонарі.

- Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2012;33(14):1787–847.
29. Mylonas KS, Tasoudis PT, Pavlopoulos D, et al. Aortic valve neocuspidization using the Ozaki technique: A meta-analysis of reconstructed patient-level data. *Amer Heart J*. 2023;255:1–11.
 30. Nardi P, Pellegrino A, Scafuri A, et al. Permanent pacemaker implantation after isolated aortic valve replacement: incidence, risk factors and surgical technical aspects. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2010;11:14–9.
 31. O'Brien S, Shahian D, Filardo G, et al. The Society of Thoracic Surgeons 2008 cardiac risk models: part 2 – isolated valve surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2009;88(1):23–42.
 32. Osnabrugge RL, Mylotte D, Head SJ, et al. Aortic stenosis in the elderly: disease prevalence and number of candidates for transcatheter aortic valve replacement: a meta-analysis and modeling study. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62(11):1002–12.
 33. Ozaki S, Kawase I, Yamashita H, et al. Aortic valve reconstruction using self-developed aortic valve plasty system in aortic valve disease. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2011;12(4):550–3.
 34. Ozaki S, Kawase I, Yamashita H, et al. A total of 404 cases of aortic valve reconstruction with glutaraldehyde-treated autologous pericardium. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;147(1):301–6.
 35. Pirola S, Mastroiacovo G, Arlati FG, et al. Single Center Five Years' Experience of Ozaki Procedure: Midterm Follow-up. *Ann Thorac Surg*. 2021;111(6):1937–43.
 36. Rene AG, Sastry A, Horowitz JM, et al. Recovery of atrioventricular conduction after pacemaker placement following cardiac valvular surgery. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2013;24:1383–7.
 37. Ribeiro V, Garcia RM, Frutuoso C, et al. Permanent pacemaker implantation after aortic valve replacement: Long-term dependency or rhythm recovery? *Rev Port Cardiol*. 2015;34(9):529–33.
 38. Robich MP, Schiltz NK, Johnston DR, et al. Risk factors and outcomes of patients requiring a permanent pacemaker after aortic valve replacement in the United States. *J Card Surg*. 2016;XX:1–10.
 39. Roger VL, Go AS, Lloyd-Jones DM, et al. Heart disease and stroke statistics – 2012 update. A report from the American Heart Association. *Circulation*. 2012;125(1):e2–220.
 40. Rubin JM, Avanzas P, del Valle R, et al. Atrioventricular conduction disturbance characterization in transcatheter aortic valve implantation with the CoreValve prosthesis. *Circ Cardiovasc Interv*. 2011;4(3):280–6.
 41. Sá MPBO, de Carvalho MMB, Sobral F, et al. Surgical aortic valve replacement and patient-prosthesis mismatch: a meta-analysis of 108 182 patients. *Eur J Cardio-Thorac Surg*. 2019;56(1):44–54.
 42. Schurr UP, Berli J, Berdajs D, et al. Incidence and risk factors for pacemaker implantation following aortic valve replacement. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2010;11:556–60.
 43. Smith CR, Leon MB, Mack MJ, et al. Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients. *N Engl J Med*. 2011;364(23):2187–98.
 44. Song J, Liang Z, Wang Y, et al. Incidence of permanent pacemaker implantation after valve replacement surgery. *Herz*. 2021;46(1):109–14.
 45. Tamburino C, Barbanti M, Capodanno D, et al. Comparison of complications and outcomes to one year of transcatheter aortic valve implantation versus surgical aortic valve replacement in patients with severe aortic stenosis. *Amer J Cardiol*. 2012;109:1487–93.
 46. Toggweiler S, Kobza R. Pacemaker implantation after transcatheter aortic valve: why is this still happening? *J Thorac Dis*. 2018;10(30):3614–9.
 47. Tzamtzis S, Viquerat J, Yap J, et al. Numerical analysis of the radial force produced by the Medtronic-CoreValve and Edwards-SAPIEN after transcatheter aortic valve implantation (TAVI). *Med Eng Phys*. 2013;35:125–30.
 48. Urena M, Rodés-Cabau J. Permanent pacemaker implantation following transcatheter aortic valve replacement: still a concern? *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8:70–3.
 49. Vahanian A, Andreotti OAF, Antunes MJ, et al. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012): The Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur. Heart J*. 2012;33(19):2451–96.
 50. Van Mieghem NM, Head SJ, de Jong W, et al. Persistent annual permanent pacemaker implantation rate after surgical aortic valve replacement in patients with severe aortic stenosis. *Ann Thorac Surg*. 2012;94:1143–9.

M.M. Zaretskyi^{1, 2}, **B.M. Todurov**^{1, 2}, **O.M. Grytsay**¹, **V.B. Demyanchuk**¹, **O.V. Zelenchuk**^{1, 2}

¹ Heart Institute Ministry of Health of Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Predictors of cardiac conduction disorders in patients after aortic valve replacement

Aortic valve replacement (AVR) is the only effective method of treating aortic stenosis. However, the increasing age of operated patients also increases the surgical risks. The most common complications after aortic valve surgery are similar to those of other cardiac surgeries which include: stroke, deep sternal wound infection, re-operation due to bleeding, myocardial infarction (1–5 %). Cardiac arrhythmias that appear after AVR surgery and require permanent pacemaker (PPM) implantation arise in connection with the anatomical features of the aortic valve, its pathological changes, and traumatic intervention during valve defect correction. A large number of single-center, and a few multi-center studies have been conducted to identify risk factors that could serve as predictors of need in PPM implantation after AVR. Further research in this direction is relevant. Currently there are no clear criteria allowing to identify patients with need for preventive PPM implantation before the AVR surgery due to the high probability of cardiac conduction disorders in the postoperative period. This might reduce the number of complications and reduce the length of a patient's stay in a hospital.

Key words: aortic valve replacement, complications, heart conduction disorders, predictors, pacemaker implantation.