

# Мультимодальні засоби візуалізації клапанних протезів серця і оцінки їх морфології та функції

## Рекомендації Робочої групи Українського товариства кардіологів та Всеукраїнської асоціації фахівців з ехокардіографії

Лазоришинець В. В., Коваленко В. М., Руденко А. В., Крикунов О. А., Іванів Ю. А., Поташев С. В., Федьків С. В., Бешляга В. М., Осовська Н. Ю.

Дисфункція клапанних протезів серця (КПС) є нечастим, але потенційно загрозливим для життя станом. Діагностика точної причини дисфункції КПС іноді може бути утрудненою, проте є есенційною для визначення адекватної стратегії лікування. Даний документ надає рекомендації з мультимодальної візуалізації при оцінці КПС.

**Ключові слова:** ехокардіографія, МРТ серця, рентгеноскопія, комп'ютерна томографія, радіонуклідна візуалізація, клапанні протези серця.

### Зміст

<b>Перелік умовних скорочень</b>	<b>83</b>	<b>Специфіка оцінки КПС у різних позиціях</b>	<b>96</b>
<b>Вступ</b>	<b>83</b>	<b>Протези аортального клапана</b>	<b>96</b>
<b>Типи КПС</b>	<b>83</b>	Набута обструкція КПС в аортальній позиції	96
<b>Ехокардіографічна оцінка</b>	<b>84</b>	Патологічна регургітація на КПС в аортальній позиції	97
<b>Допоміжні засоби візуалізації</b>	<b>85</b>	<b>Протези мітрального клапана</b>	<b>97</b>
<b>Функція та характеристики КПС</b>	<b>85</b>	Набута обструкція КПС у мітральній позиції	<b>97</b>
<b>Морфологічні та функціональні характеристики</b>	<b>85</b>	Інтегральна оцінка	97
Рух стулок та мобільність оклюдерів	85	Патологічна регургітація на КПС у мітральній позиції	100
Акустичні тіні	85	<b>Протези трикуспідального клапана</b>	<b>100</b>
Мікропухирці	85	Набута обструкція КПС у трикуспідальній позиції	100
Спонтанне ехо-контрастування	87	Патологічна регургітація на КПС у трикуспідальній позиції	103
Тяжі	87	<b>Протези клапана легеневої артерії</b>	<b>103</b>
<b>Гемодинамічні характеристики</b>	<b>88</b>	Набута обструкція КПС у легеневій позиції	103
Профілі потоків (антероградні потоки) та «кліки»	88	Патологічна регургітація на КПС у легеневій позиції	104
Граденти тиску та ЕПО	88		
<b>Дисфункція КПС</b>	<b>89</b>		
Структурна дисфункція КПС	89		
Неструктурна дисфункція КПС та інші причини дисфункції	90		
<b>Патологічна регургітація на КПС</b>	<b>90</b>		
<b>Візуалізаційна оцінка дисфункції КПС</b>	<b>91</b>		
Невідповідність КПС фізіологічним параметрам пацієнта	92		
<b>Подальше спостереження та моніторинг</b>	<b>93</b>		

## Перелік умовних скорочень

АК	– аортальний клапан	МШП	– міжшлуночкова перегородка
Ао	– аорта	НПВ	– нижня порожниста вена
АР	– аортальна регургітація	НПП	– невідповідність протеза пацієнту
АТ	– артеріальний тиск	ОР	– об'єм регургітації
ВЛП	– вушко лівого передсердя	ПВ	– печінкові вени
ВПВ	– верхня порожниста вена	ПКА	– права коронарна артерія
ВТЛШ	– виносний тракт лівого шлуночка	ПП	– праве передсердя
ВТПШ	– виносний тракт правого шлуночка	ППТ	– площа поверхні тіла
ГПО	– геометрична площа отвору	ПХД	– постійно-хвильовий доплер
ЕПО	– ефективна площа отвору	ПШ	– правий шлуночок
ЕРО	– ефективний регургітуючий отвір	РБП	– рівняння безперервності потоку
ЕхоКГ	– ехокардіографія	РС	– рентгеноскопія
ІМТ	– індекс маси тіла	САТЛА	– систолічний тиск до легеневої артерії
ІХД	– імпульсно-хвильовий доплер	СВ	– серцевий викид
КВЕ	– коефіцієнт втрати енергії	СЕК	– спонтанне ехо-контрастування
КДК	– кольорове доплерівське картування	СН	– серцева недостатність
КЛА	– клапан легеневої артерії	ТК	– трикуспідальний клапан
КПС	– клапанні протези серця	ТТЕхоКГ	– трансторакальна ЕхоКГ
КТ	– комп'ютерна томографія	УО	– ударний об'єм
ЛА	– легенева артерія	ФВ	– фракція викиду
ЛВ	– легеневі вени	ЧСЕхоКГ	– черезстравохідна ЕхоКГ
ЛКА	– ліва коронарна артерія	ЧСС	– частота серцевих скорочень
ЛП	– ліве передсердя	ЧСШ	– частота скорочень шлуночків
ЛР	– легенева регургітація	АТ	– час прискорення
ЛШ	– лівий шлуночок	DVI	– доплерівський швидкісний індекс
МК	– мітральний клапан	ЕТ	– час вигнання
МР	– мітральна регургітація	SSFP	– зображення зі збалансованою стійкою процесією
МРТ	– магнітно-резонансна томографія	VC	– vena contracta
МСКТ	– мультиспіральна (мультидетекторна) комп'ютерна томографія		

### Вступ

На патологію клапанів серця у світі страждає більше 100 мільйонів людей, що стає зростаючою проблемою внаслідок збільшення питомої ваги дегенеративної клапанної патології в популяції літніх людей та все ще досить значної поширеності ревматичних вад серця в країнах, що розвиваються [1, 2]. За останні 50 років кардіохірургами проведено близько 4 мільйонів протезувань клапанів серця, що часто є єдиним радикальним лікуванням для більшості пацієнтів із важкою клапанною патологією [1, 3]. Загальна кількість протезувань у 2050 р. оцінюється в 850 000 операцій на рік [4].

Дисфункція клапанних протезів серця (КПС) є нечастим, але загрозливим для життя станом. Діагностика точної причини дисфункції КПС може бути часто утрудненою, але є есенційною для визначення адекватної стратегії лікування [1, 5]. У клінічній практиці для адекватного виявлення та кількісної оцінки дисфункції КПС ключовим є інтегральний підхід, що має поєднувати визначення декількох параметрів морфології та функції КПС, оцінених за допомогою 2D/3D тран-

сторакальної (ТТЕхоКГ) та черезстравохідної (ЧСЕхоКГ) ехокардіографії (ЕхоКГ). Рентгеноскопія (РС), мультиспіральна комп'ютерна томографія (МСКТ), магнітно-резонансна томографія (МРТ) серця і, меншою мірою, радіонуклідні засоби візуалізації є комплексними допоміжними методами візуалізації, що взаємодоповнюють один одного і також використовуються для діагностики ускладнень, пов'язаних із КПС, та спостереження за ними [1, 5].

Даний документ є Рекомендаціями з використання мультиmodalних засобів візуалізації при оцінці морфології та функції КПС з урахуванням світового досвіду, включаючи дані Європейської асоціації серцево-судинної візуалізації, Китайського товариства ехокардіографії, Внутрішньоамериканського товариства ехокардіографії та Бразильської секції серцево-судинної візуалізації [1].

### Типи КПС

Певна частина розроблених раніше протезів сьогодні вже не застосовується або імплантується дуже

рідко. Втім, вони теж можуть потребувати візуалізації рутинно або при підозрі на дисфункцію.

Загальноприйнятим у світі є поділ КПС на біологічні та механічні (табл. 1) [1].

**Таблиця 1**

*Типи клапанних протезів*

**Біологічні протези**

**На стенті**

- Свині біопротези
- Біопротези з клаптів перикарда

**Біопротези без стента**

- Свині біопротези
- Біопротези з клаптів перикарда
- Аортальні гомопротези
- Легеневі аутопротези (процедура Росса)

**Безшовні протези**

**Транскатетерні протези**

**Механічні протези**

- Двостулкові
- З одинарним нахильним диском
- Кульковий протез

**Таблиця 2**

*Дизайни та моделі біологічних КПС*

Свині КПС на стенті	Перикардальні КПС на стенті
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hancock стандартний та Hancock II</li> <li>• Carbomedics Mosaica</li> <li>• Carpentier-Edwards стандартний та супракільцевий</li> <li>• St Jude Medical Biocor, Bioimplant, Epic</li> <li>• AorTech Aspire</li> <li>• Labcor</li> <li>• Carbomedics Synergy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carpentier-Edwards Perimount</li> <li>• Carpentier Edwards Magna</li> <li>• Mitroflow Synergy</li> <li>• St Jude Biocor pericardia</li> <li>• St Jude Trifecta</li> <li>• Labcor pericardial</li> <li>• Sorin Pericarbon MOREa</li> </ul>
Свинячі КПС без стента	Перикардальні КПС без стента
<ul style="list-style-type: none"> <li>• St Jude Medical Torontoa</li> <li>• Medtronic Freestyle</li> <li>• Cryolife-O'Brien<sup>a</sup></li> <li>• Cryolife-Ross Stentless свинячий легеневий</li> <li>• Edwards Prima Plus</li> <li>• AorTech Aspire</li> <li>• St Jude Biocor</li> <li>• Labcor</li> <li>• St Jude Quattro без стента мітральний</li> <li>• Shelhigh скелетований</li> <li>• Super-Stentless свинячий аортальний та легеневий</li> <li>• Medtronic-Venpro Contegra кондуїт клапана легеневої артерії</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sorin Pericarbon</li> <li>• 3F-SAVR</li> <li>• Freedom Solo безшовний</li> <li>• Perceval S (Sorin)</li> <li>• Edwards Intuity (Edwards Lifesciences)</li> <li>• 3F Enable (ATS Medical)</li> <li>• Trilogy (Arbor Surgical Technologies)</li> </ul>

<sup>a</sup> – вилучений із ринку

**Таблиця 3**

*Дизайни та моделі механічних КПС*

Двостулкові КПС	КПС із нахильним диском
<ul style="list-style-type: none"> <li>• St Jude Medical: стандартний, HP, Masters, та Regent</li> <li>• Carbomedics: стандартний, зі зменшеною манжетною, Optiform, Orbis, та супраанулярний (Top Hat) Carboseal, що включає сплетений протез аорти</li> <li>• Sorin Bicarbon</li> <li>• Edwards Mira</li> <li>• ATS</li> <li>• On-X</li> <li>• Medtronic Advantage</li> <li>• Jyros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Björk-Shiley моностійка (монорозпорка)<sup>a</sup></li> <li>• Sorin Allcarbon одно-стулковий</li> <li>• Medtronic-Hall</li> <li>• Omnicarbon</li> <li>• Ultracor кульковий</li> <li>• Starr-Edwards</li> <li>• Smeloff-Cutter</li> </ul>

<sup>a</sup> – вилучений із ринку

Найчастіше імплантують КПС на стентах. Вони складаються зі стентів із металу із тканинним покриттям або без, із шовного кільця назовні та власно клапана (стулок) (табл. 2). Для біопротезів без стента звичайно використовуються препарати свинячої аорти. Сегмент аорти може бути відносно довгим (наприклад, Medtronic Freestyle) або такої довжини, щоб зручно розміщувався під коронарними артеріями (наприклад, St Jude Medical Toronto). Деякі є трьохкомпонентними (наприклад, Cryolife-O'Brien, Biocor) або виготовленими з бичачого перикарда (наприклад, Sorin Freedom) (табл. 2).

Гомологічні біопротези роблять із людських аортальних та іноді легеневих клапанів після криозберігання. Безшовні протези (табл. 2) були розроблені з метою зниження терміну штучного кровообігу в пацієнтів із високим ризиком для традиційної хірургії для забезпечення мінімально інвазивного підходу [1]. Транскатетерні протези – це відносно нова технологія для пацієнтів високого ризику, яким небезпечно виконувати традиційне оперативне протезування, або коли з певної причини не може бути виконана торакотомія (у тому числі з технічних причин: «фарфорова аорта» або проходження шунта з внутрішньої мамарної артерії по середній лінії [1]), але це є предметом окремих рекомендацій [1].

Із механічних КПС сьогодні найчастіше імплантуються двостулкові протези (табл. 3).

## Ехокардіографічна оцінка

2D та доплерівська ЕхоКГ є необхідними для початкової оцінки та динамічного спостереження за пацієнтами з КПС [1]. Хоча така оцінка базується на тих самих принципах, що й оцінка нативних клапанів, ЕхоКГ КПС є більш складною. Під час ЕхоКГ важливо знати та документувати: 1) показання для ЕхоКГ; 2) симптоми, наявні у пацієнта; 3) тип і розмір КПС;

4) дату проведення втручання; 5) артеріальний тиск (АТ) та частоту серцевих скорочень (ЧСС); 6) зріст, вагу та площу поверхні тіла (ППТ) пацієнта (табл. 4).

#### Ключові моменти

2D ТТЕхоКГ є рекомендованою як метод першої лінії візуалізації у пацієнтів із КПС. ТТЕхоКГ також є методом вибору для доплерографії КПС. Як ТТЕхоКГ, так і ЧСЕхоКГ потрібні для повноцінної оцінки у пацієнтів із підозрою на дисфункцію КПС. 3D-ЕхоКГ, особливо під час ЧСЕхоКГ, може надати додаткову інформацію і наразі використовується все більше й ширше. Як ТТЕхоКГ, так і ЧСЕхоКГ необхідні для отримання зображень з різних зрізів для забезпечення повного обсягу візуалізації клапанної та параклапанної ділянок. ТТЕхоКГ/ЧСЕхоКГ має більшу чутливість у випадку мітральної позиції порівняно з аортальною стосовно дослідження дискових механічних клапанів для оцінки рухливості КПС. Для оцінки регургітації на КПС ЧСЕхоКГ має переваги в оцінці КПС у мітральній/трикуспідальній позиції, в той час як ТТЕхоКГ має свої пере-

ваги при оцінці КПС в аортальній позиції. ЧСЕхоКГ, особливо при доповненні оцінкою в 3D, залишається найкращою для оцінки параклапанної регургітації.

### Допоміжні засоби візуалізації

Неехографічні засоби візуалізації зазвичай не використовуються для рутинної оцінки КПС, проте досить інформативні як допоміжні при підозрі на дисфункцію та інші ускладнення. Вони можуть надати цінну додаткову інформацію щодо цілісності КПС і клапанної та параклапанної патології. Рентгеноскопія має допоміжну цінність в оцінці мобільності дисків механічних КПС та структури кільця протеза. МСКТ серця також є важливим додатковим методом візуалізації, що дозволяє візуалізувати кальцифікації та дегенеративні зміни біопротезів, формування панусів, тромбози та оцінювати рух оклюдерів механічних протезів. Використання МРТ серця до сьогодні ще не є рутинною практикою, але частота його застосування постійно зростає. Радіонуклідна візуалізація має дуже лімітоване застосування в оцінці КПС за межами діагностики при підозрі на інфекційний ендокардит КПС (табл. 5).

Таблиця 4

Есенціальні параметри повноцінної оцінки функції КПС

Параметри	
Клінічна інформація	<ul style="list-style-type: none"> <li>Дата протезування</li> <li>Тип і розмір КПС</li> <li>Зріст, вага, площа поверхні тіла (ППТ) та індекс маси тіла (ІМТ)</li> <li>Симптоматика та об'єктивні клінічні знахідки</li> <li>АТ та ЧСС</li> </ul>
Візуалізація клапанів	<ul style="list-style-type: none"> <li>Рух стулок або оклюдера</li> <li>Наявність кальцифікацій або аномальних структур на різних компонентах КПС</li> <li>Цілісність і рухливість шовного кільця</li> </ul>
Доплерівська оцінка клапана	<ul style="list-style-type: none"> <li>Спектральний «доплерівський» конверт</li> <li>Пікові швидкість і градієнт тиску</li> <li>Середній градієнт тиску</li> <li>Доплерівський інтеграл лінійної швидкості потоку (VTI)</li> <li>Доплерівський індекс швидкості (DVI)</li> <li>Час напівзниження тиску (PHT) в мітральній або трикуспідальній позиції</li> <li>Ефективна площа отвору (ЕОА, ЕПО)</li> <li>Наявність, локалізація та ступінь регургітації</li> </ul>
Інші дані візуалізації	<ul style="list-style-type: none"> <li>Розміри, функція та гіпертрофія ЛШ та ПШ</li> <li>Розміри ЛП та ПП</li> <li>Супутня клапанна патологія</li> <li>Оцінка тиску в ЛА (у малому колі кровообігу)</li> </ul>
Попередні післяопераційні дослідження (за наявності)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Порівняння описаних вище параметрів при підозрі на дисфункцію КПС</li> </ul>

### Функція та характеристики КПС

#### Морфологічні та функціональні характеристики

##### Рух стулок та мобільність оклюдерів

Механічні КПС мають специфічні ехо-сигнали, що можуть допомогти ідентифікувати типи протезів [1]. У нормальних КПС рух різкий, жвавий і збігається з кожним наступним ударом серця.

Біологічні КПС мають тристулкову структуру. В нормі біопротез має тонкі (1–2 мм) стулки з необмеженою рухливістю без ознак пролабування [1, 2].

##### Акустичні тіні

Штучні матеріали, особливо в механічних моделях, спричиняють появу множинних артефактів, включаючи акустичні тіні, реверберації, рефракції та дзеркальні артефакти (рис. 1, панель А–Е) [1]. Це часто впливає на якість зображення, особливо у випадку двох КПС у різних позиціях. Для подолання цих незручностей рекомендовано використовувати множинні та проміжні позиції, прискіпливо обстежувати зони навколо протезів. Клапанні протези в цілому краще візуалізуються при більш низькому підсиленні сигналу (gain).

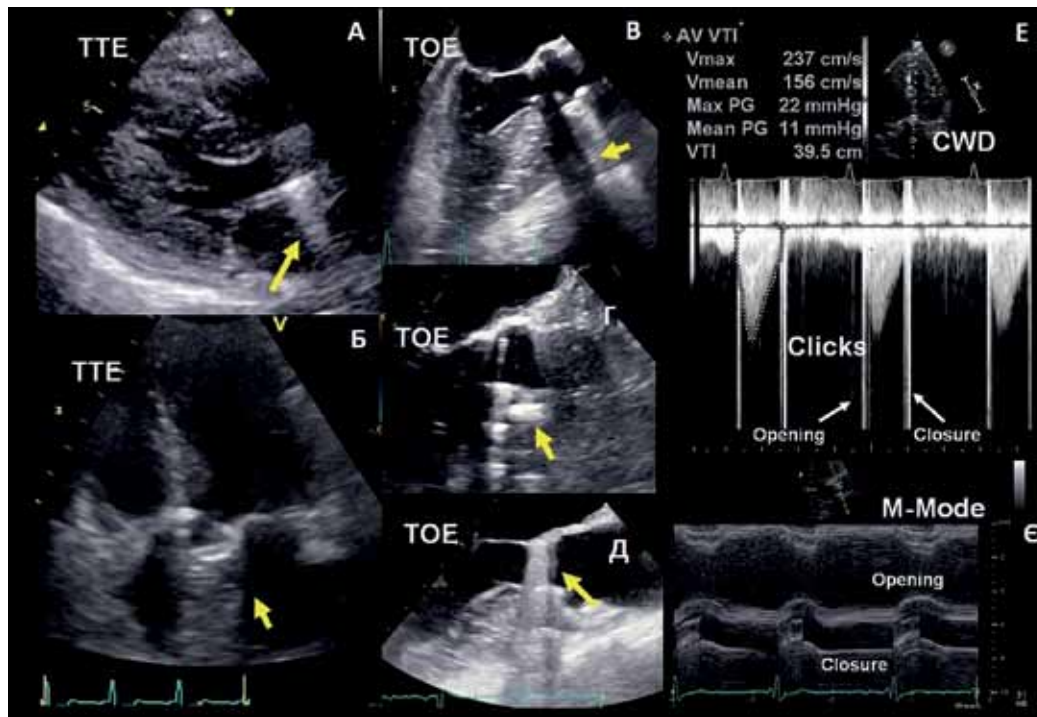
##### Мікропухирці

Мікропухирці характеризуються переривчастим потоком округлих, дуже ехогенних транзиторних ехо-сигналів, що швидко рухаються [1]. Мікропухирці виникають у зоні притоку в ЛШ, коли швидкість потоку і тиск раптово падають у момент закриття протеза, хоча іноді їх можна візуалізувати і під час відкриття протеза. Частота виникнення пухирців (мікрокавітацій) ймовірно корелює з дизайном протеза, типом матеріалу, з якого зроблено оклюдер, і зі швидкістю закриття

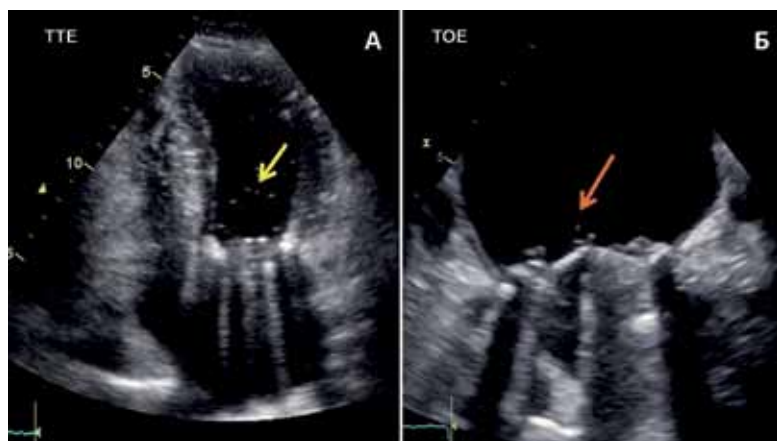
Таблиця 5

Методи візуалізації: переваги та обмеження

	Технічні аспекти	Переваги	Обмеження
2D ТТЕхоКГ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Множинні зрізи</li> <li>Ретельна ангуляція (вирівнювання) датчика для точного виведення рухів стулок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Візуалізація першої лінії</li> <li>Простота використання</li> <li>Оцінка функції та розмірів ЛШ і тиску в ЛА</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обмежена акустичними вікнами та індивідуальним габітусом пацієнта</li> <li>Акустичні тіні від матеріалів КПС</li> <li>Кутова залежність точності доплерівських даних</li> </ul>
2D ЧСЕхоКГ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Множинні зрізи</li> <li>Ретельна ангуляція (вирівнювання) датчика для точного виведення рухів стулок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Краща роздільна здатність порівняно з ТТЕхоКГ</li> <li>Близькість стравоходу до серця</li> <li>Краща візуалізація порожнини передсердь і передсердної поверхні атріовентрикулярних КПС та задньої частини КПС в аортальній позиції</li> <li>Краща візуалізація параклапанних ускладнень</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Акустичні тіні від матеріалів КПС</li> <li>Кутова залежність точності доплерівських даних</li> </ul>
3D ЧСЕхоКГ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Множинні зрізи</li> <li>Режим вузького кута / Косі зрізи</li> <li>Налаштування повного об'єму (Full-volume dataset)</li> <li>Режим збільшення («zoom»)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Простота використання</li> <li>Прекрасна просторова візуалізація</li> <li>Можливість візуалізації КПС «en face» (хірургічний вигляд)</li> <li>Додаткова до 2D ЕхоКГ інформація</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Погана візуалізація передніх кардіальних структур</li> <li>Погана часова роздільна здатність</li> <li>«Випадіння» тканинних сигналів</li> <li>Погана характеристика тканин</li> <li>Артефакти внаслідок косої (а не горизонтальної) орієнтації КПС ув мітральній позиції</li> </ul>
РС	<ul style="list-style-type: none"> <li>Задньолатеральні (0°) та латеральні (90°) проекції</li> <li>Проекції «по профілю» (промені паралельно площині кільця КПС та осі нахилу дисків)</li> <li>Проекції «en face» (промені паралельно виносному тракту КПС)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Простота використання</li> <li>Оцінка функції КПС</li> <li>Діагностика кальцифікатів стулок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Гемодинаміка не оцінюється</li> <li>Не дає інформації про етіологію обмеження руху диску</li> </ul>
МСКТ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ширші вікна експозиції та мультифазні реконструкції для оцінки руху клапана</li> <li>Подвійні косі площини сканування (зрізи по короткій та довгій осі)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D-реконструкція</li> <li>Дані не обмежені соматотипом пацієнта</li> <li>Ідеальна для оцінки патології Ао</li> <li>Висока чутливість у виявленні кальцифікацій</li> <li>Дозволяє візуалізацію та диференційну діагностику тромбів і сполучнотканинних панусів</li> <li>Прекрасна просторова візуалізація</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Променева експозиція</li> <li>Потенційна нефротоксичність рентген-контрастних розчинів</li> <li>Алергенність рентген-контрастних розчинів</li> <li>Артефакти від металевих об'єктів</li> </ul>
МРТ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Режими послідовностей Т1-зваженого спін-ехо та градієнтного ехо (SSFP)</li> <li>Фазово-контрастні послідовності</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Гарна методика для діагностики патології аорти (навіть без контрастування)</li> <li>Без променевої експозиції</li> <li>Дає можливість характеризувати міокард</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Артефакти від металевих об'єктів</li> <li>Обмежені дані щодо КПС</li> <li>Обмежена просторова та часова роздільна здатність</li> </ul>
Радіонуклідні методи візуалізації	<ul style="list-style-type: none"> <li>Різноманітні трейсери (мітки) для візуалізації запалення, кальцифікацій або дослідження метаболізму</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Поширеність локальної інфекційної або метаболічної активності</li> <li>Ідентифікація екстракардіальної інфекції та метаболічної активності</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Променева експозиція</li> <li>Обмежені дані щодо КПС, за винятком інфекційного ендокардиту</li> </ul>



**Рис. 1.** Механічний КПС в аортальній позиції: нормальний вигляд. Акустичні тіні та реверберації формуються як під час ТТЕхоКГ, так і під час ЧСЕхоКГ. Візуалізація механічного протеза в аортальній позиції залежить від використовуваного акустичного вікна (А–Д, жовті стрілки). (Е) Постійно-хвильовий доплерівський (ПХД, CWD) сигнал відображує «кліки» (білі стрілки) відкриття та закриття нормально функціонуючого протеза в аортальній позиції, ранню пікову швидкість та нормальні середній (11 мм Hg) та піковий (22 мм Hg) градієнти тиску на протезі. (Е) М-режим демонструє нормальне відкриття та закриття дисків [1]



**Рис. 2.** Механічний клапан у мітральній позиції: кавітація та тяжі. (А) Кавітація (жовта стрілка) в порожнині ЛШ пов'язана з наявністю механічного протеза в мітральній позиції (ТТЕхоКГ в А4С-позиції). (Б) Фібринові тяжі (помаранчева стрілка) візуалізуються як чіткі філаментні утворення, що прикріплюються до передсердного боку механічного клапана в мітральній позиції (ЧСЕхоКГ) [1]

стулки [1]. Найчастіше кавітації зустрічаються в ділянці протезів у мітральній позиції (рис. 2). З великою ймовірністю їх походження пов'язане з дегазацією діоксиду вуглецю та (більш сумнівно) з гіперкоагуляційними властивостями крові поблизу протеза. Ці мікрокавітації також можуть бути джерелом високоінтенсивних транзиторних ехо-сигналів у церебральній циркуляції, які можна спостерігати в таких пацієнтів під час транскраніальної доплерографії в середній мозковій артерії [1]. Їх можна спостерігати як при нормально функціонуючих КПС, так і при протезах із дисфункцією. Мікрокавітацій не буває у пацієнтів із біопротезами.

#### Спонтанне ехо-контрастування

Спонтанне ехо-контрастування (СЕК) визначається як ехо-сигнали, подібні до диму [1]. Частота СЕК при імплантованих КПС становить, за різними літературними даними, від 7 до 53%. СЕК спричиняється

підвищенням агрегації еритроцитів при сповільненні кровотоку (наприклад, низький серцевий викид, важка дилатація ЛП, фібриляція передсердь (ФП) або патологічна обструкція протеза в мітральній позиції).

#### Тяжі

Тяжі – це тонкі, середньої ехогенності філаментні структури довжиною в декілька міліметрів (найчастіше до 1 мм товщиною та від 2 до 30 мм довжиною), що рухаються незалежно від рухів КПС (рис. 3) [1]. Вони часто візуалізуються в інтермітуючому режимі протягом кардіального циклу в одному і тому ж самому місці. Вони звичайно локалізуються в мітральній позиції на шляху притоку в ЛШ (тобто з боку передсердної сторони в мітральній позиції та з боку ЛШ в аортальній позиції). Їх спостерігають як при механічних, так і при біологічних КПС. Тяжі, згідно з даними літератури, зустрічаються у 6–45% пацієнтів [1].

### Ключові моменти

Механічні КПС мають специфічні патерни ехо-сигналів, що можуть допомагати ідентифікувати тип протеза. ЕхоКГ-оцінка КПС може лімітуватися тінювими ефектами, особливо при КПС у мітральній позиції під час ТТЕхоКГ або в аортальній позиції під час ЧСЕхоКГ.

### Гемодинамічні характеристики

Слід пам'ятати, що будь-який нормально функціонуючий КПС має характеристики легкого клапанного стенозу (обструкції антеградного кровотоку), невеликий зворотний потік закриття протеза, необхідний для його адекватного закриття, та легкий ступінь регургітації протікання через протез після його закриття [1].

### Профілі потоків (антеградні потоки) та «кліки»

Потік крові, що тече через нормально функціонуючий КПС, відрізняється від такого на нативному клапані. Профіль антеградного кровотоку є унікальним для кожної окремої моделі протеза та залежить від контуру та кількості отворів, через який протікає антеградний кровотік [1]. На механічних КПС часто можна візуалізувати подвійний спектральний доплерівський профіль. Записи доплерівських спектрів потоків на КПС також включають короткі, інтенсивні високошвидкісні сигнали, що відповідають «клікам» (click) під час відкриття та закриття механізму оклюдера (рис. 2 та 3 Д). КДК має повністю заповнювати весь просвіт отвору протеза в усіх зрізах (рис. 2 Б). На протезах з одинарним нахильним диском великий більший отвір (напівмісячний по поперечному зрізу потік) може створювати щільний і типово низькошвидкісний потік, а менший отвір – блідий та порівняно з великим високошвидкісний потік (можуть мати місце також два або три потоки залежно від кількості стійок).

Подібно до цього двостулкові механічні протези генерують щільні відносно низькошвидкісні потоки з двох латеральних великих отворів з блідим відносно високошвидкісним потоком з малого центрального отвору (рис. 2, зображення Е). Таким чином, окремі сепаратні потоки характеризують профіль антеградного потоку через такий протез (рис. 2, зображення Б).

В кулькових механічних протезах кровотік проходить, обтікаючи всю поверхню кульки, що дає два вигнуті бокові потоки з великим дефектом (виїмкою) в центральній частині.

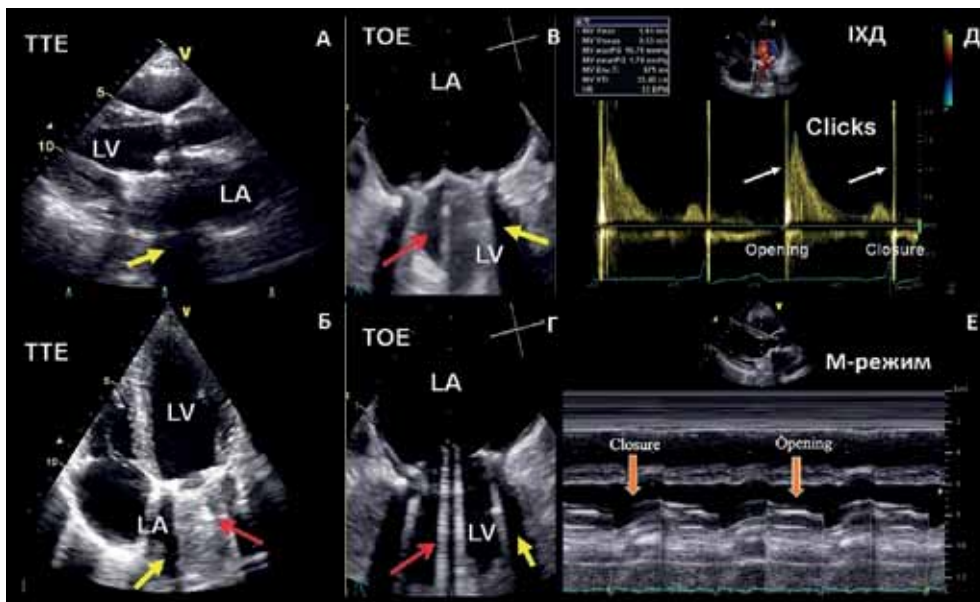
На біопротезах звичайно має місце єдиний центральний антеградний потік.

### Гradientи тиску та ЕПО

Гемодинамічна ефективність відносно базових потреб центральної гемодинаміки у більшості КПС звичайно гірша порівняно з нормальними нативними клапанами [1]. Більшість КПС при їх нормальній функції демонструють, таким чином, властивості легкої обструкції (стенозу), ступінь якої є варіабельною залежно від моделі та розміру протеза, а також від соматотипу (розмірів тіла) пацієнта [1, 3]. Кількісні параметри функції КПС включають пікову швидкість потоку на протезі (найвища швидкість потоку через КПС) та градієнти (піковий і середній) тиску, ефективну площу отвору (ЕПО) протеза та доплерівський швидкісний індекс (DVI) (табл. 1, 2).

### Ключові моменти

Всі нормально функціонуючі механічні КПС спричиняють певну легку обструкцію антеградного потоку та зворотний потік під час закриття (що необхідно для закриття клапана), а також протікання (після закриття протеза). Кількісні параметри функції КПС включають швидкості та градієнти тиску на протезі, визна-



**Рис. 3.** Механічний клапан у мітральній позиції: нормальний вигляд. Акустичні тіні та реверберації візуалізуються під час 2D ТТЕхоКГ та ЧСЕхоКГ з розташуванням, що залежить від використовуваного акустичного вікна (А та Б – акустичні тіні та реверберації з боку ЛП (LA); В та Г – з боку ЛШ (LV) під час ЧСЕхоКГ. (Д) Імпульсно-хвильовий (ІХД, PWD) доплерівський сигнал показує «кліки» (білі стрілки) відкриття та закриття нормально функціонуючого механічного протеза. (Е) М-режим показує нормальне відкриття та закриття дисків [1]

Таблиця 6

Нормальні референтні значення ЕПО для КПС в аортальній позиції

Розмір КПС (мм)	19	21	23	25	27	29
<b>Біопротези на стенті</b>						
Mosaic	1,1±0,2	1,2±0,3	1,4±0,3	1,7±0,4	1,8±0,4	2,0±0,4
Hancock II	-	1,2±0,2	1,3±0,2	1,5±0,2	1,6±0,2	1,6±0,2
Carpentier-Edwards Perimount	1,1±0,3	1,3±0,4	1,5±0,4	1,8±0,4	2,1±0,4	2,2±0,4
Carpentier-Edwards Magna	1,3±0,3	1,5±0,3	1,8±0,4	2,1±0,5	-	-
Biocor (Epic)	1,0±0,3	1,3±0,5	1,4±0,5	1,9±0,7	-	-
Mitroflow	1,1±0,2	1,2±0,3	1,4±0,3	1,6±0,3	1,8±0,3	-
Trifecta	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
<b>Біопротези без стента</b>						
Medtronic Freestyle	1,2±0,2	1,4±0,2	1,5±0,3	2,0±0,4	2,3±0,5	-
St Jude Medical Toronto SPV	-	1,3±0,3	1,5±0,5	1,7±0,8	2,1±0,7	2,7±1,0
Prima Edwards	-	1,3±0,3	1,6±0,5	1,9±0,4	-	-
<b>Механічні КПС</b>						
Medtronic-Hall	1,2±0,2	1,3±0,2	-	-	-	-
St Jude Medical Standard	1,0±0,2	1,4±0,2	1,5±0,5	2,1±0,4	2,7±0,6	3,2±0,3
St Jude Medical Regent	1,6±0,4	2,0±0,7	2,2±0,9	2,5±0,9	3,6±1,3	4,4±0,6
MCRI On-X	1,5±0,2	1,7±0,4	2,0±0,6	2,4±0,8	3,2±0,6	3,2±0,6
Carbomedics Standard и Top Hat	1,0±0,4	1,5±0,3	1,7±0,3	2,0±0,4	2,5±0,4	2,6±0,4
ATS Medical <sup>a</sup>	1,1±0,3	1,6±0,4	1,8±0,5	1,9±0,3	2,3±0,8	-

ЕПО виражена як середнє значення за літературними даними. Для валідації цих референтних даних потрібні подальші дослідження.

<sup>a</sup> Для КПС ATS Medical значення розмірів маркуються як 18, 20, 22, 24 та 26 мм. Високі швидкості типові для КПС з розмірами 19 або 21. Адаптовано за [1].

Таблиця 7

Нормальні референтні значення ЕПО для КПС у мітральній позиції

Розмір КПС (мм)	25	27	29	31	33
<b>Біопротези на стенті</b>					
Medtronic Mosaic	1,5±0,4	1,7±0,5	1,9±0,5	1,9±0,5	-
Hancock II	1,5±0,4	1,8±0,5	1,9±0,5	2,6±0,5	2,6±0,7
Carpentier-Edwards Perimount	1,6±0,4	1,8±0,4	2,1±0,5	-	-
<b>Механічні КПС</b>					
St Jude Medical Standard	1,5±0,3	1,7±0,4	1,8±0,4	1,9±0,7	2,0±0,9
MCRI On-X <sup>a</sup>	2,2±0,9	2,2±0,9	2,2±0,9	2,2±0,9	2,2±0,9

ЕПО виражена як середнє значення за літературними даними. Для валідації цих референтних даних потрібні подальші дослідження.

<sup>a</sup> КПС On-X має тільки один розмір для протезів – від 25 до 33 мм. Крім того, стійка (розпорка) та стулки ідентичні для всіх розмірів (25–33 мм); відрізняється лише розмір шовної манжети. Адаптовано за [1].

чення ЕПО та DVI. Хоча існує добра кореляція між доплерівськими та інвазивними вимірюваннями, за наявності механічних КПС часто трапляється переоцінка градієнтів тиску на протезі за даними доплерографії. Не можна порівнювати гемодинамічну функцію різних моделей протезів за даними розмірів, що забезпечує виробник. Розміри виробника також не можуть використовуватися в якості сурогату для діаметру ВТЛЖ при розрахунку ЕПО з використанням РБП.

### Дисфункція КПС

#### Структурна дисфункція КПС

Порушення структури КПС призводить до його стенозу (обструкції) або до регургітації на протезі [1]. В механічних КПС гемодинамічна дисфункція може бути результатом зламу стійки, оклюдера або відриву чи втрати мобільності дисків (без розвитку тромбозу, панусу або вегетації), а також зміни конфігурації кульки із втратою симетричної геометрії (внаслідок адсорбції



ліпідів на кульці в старих моделях протезів Starr-Edwards) та сепарації шовної манжети від корпусу [1]. В біопротезах гемодинамічна дисфункція (стеноз або регургітація) звичайно є наслідком розвитку кальцифікації або надривів стулок, але іноді може бути також наслідком зламу стента, сепарації шовної манжети від стента або деформації протеза іншого механізму.

#### Неструктурна дисфункція КПС та інші причини дисфункції

Неструктурною дисфункцією є будь-яка патологія функції, яка не пов'язана з власне протезом і включає зяння (протікання) або заклинення оклюдера панусом, тканинами або швами (табл. 8) [1]. Тромбоутворення є найбільш поширеною причиною обструкції механічних протезів ( $\approx 0,3\text{--}8\%$  пацієнтів на рік). Тромбоутворення є рідшим і більш підступним у випадку з біопротезами. Частота формування панусів, що спричиняє обструкцію протеза, подібна до ситуації з механічними та біопротезами (табл. 9). Протези в мітральній та трикуспідальній позиції асоціюються з набагато вищим ризиком тромбозу – відповідно в 7,5 та 11,7 разів вище, а також із втричі вищим ризиком формування

панусів при протезі в мітральній позиції. Великий розмір протеза ( $>27$  мм), протез із нахильним диском і двостулкові протези асоціюються зі зниженням ризику тромбозу протеза на 67, 69 та 83% відповідно [1].

#### Патологічна регургітація на КПС

Патологічна регургітація може бути центральною або параклапанною [1]. Більшість випадків центральної регургітації спостерігається на біопротезах – як ознака структурної дегенерації клапана. Патологічний потік часто спершу візуалізується близько до комісур у місці надриву стулки, що далі, звичайно, прогресує протягом динамічного спостереження. Регургітація через механічний клапан може спостерігатися внаслідок механічної перешкоди закриттю, наприклад, панусом, тромбом, вегетацією, або, рідше, хордою. Зникнення фізіологічної регургітації з появою нової центральної регургітації звичайно спостерігається при гострому тромбозі механічного клапана. Частота параклапанної регургітації є подібною як на механічних, так і на біопротезах. Параклапанна регургітація залежить від численних факторів, включаючи нюанси хірургічної техніки, розмір і склад

**Таблиця 8**

*Визначення захворюваності внаслідок хірургічного протезування клапанів серця*

Ускладнення	Визначення	Приклади або примітки
Порушення структури КПС	Порушення структури та/або функції оперованого клапана внаслідок змін власно в структурі клапана (протеза)	(1) Механічні КПС – знос, злам, відрив (2) Біопротез – кальцифікація, розрив стулки, сповзання стента (3) На всіх КПС – деструкція компонентів протеза
Неструктурна дисфункція	Будь-яке порушення функції КПС без порушення структури протеза, що призводить до стенозування чи регургітації на протезі або до гемолізу	(1) Защемлення панусом, тканинами або швом (2) Параклапанне протікання (3) Неадекватний розмір або позиція КПС (4) Резидуальне протікання або обструкція після імплантації КПС (5) Клінічно значущий внутрішньосудинний гемоліз (6) Дилатація аорти або аортального кільця, що спричиняє аортальну регургітацію (для клапанів без стента)
Тромбоз КПС	Будь-який тромбоз, не викликаний інфекцією, що призводить до оклюзії частини отвору, порушує функцію КПС, або достатньо великий, щоб потребувати лікування	
Емболія	Емболічна подія, що трапляється за відсутності інфекції після завершення безпосередньо післяопераційного періоду	(1) Інсульт (неврологічний дефіцит $>72$ г.) або неспецифічна симптоматика з даними візуалізації головного мозку за гостру ішемічну подію (2) ТІА (повністю зворотні симптоми короткої тривалості без патологічних знахідок під час візуалізації головного мозку) (3) Нецеребральна емболічна подія (але НЕ періопераційний інфаркт міокарда)
Кровотеча	Будь-який епізод великої внутрішньої або зовнішньої кровотечі, що викликав смерть, госпіталізацію, перманентну травму або гемотрансфузію	Потрібно виключати кровотечу, асоційовану з великою травмою або операцією. В групу включаються неочікувані кровотечі, асоційовані з малими травмами
Ендокардит	Доведена інфекція КПС	Доводиться: (1) повторним оперативним втручанням з виявленням абсцесу або інших локальних ускладнень, (2) даними аутопсії про абсцес, гній або вегетації, (3) позитивними критеріями Дюка

шовного кільця, позицію протеза (анулярна або супраанулярна) та вихідну якість тканини реципієнта.

### Візуалізаційна оцінка дисфункції КПС

При підозрі на обструкцію КПС візуалізація має ставити за мету пошук: 1) потовщення стулок біопро-

теза або наявності об'ємних мас, що обмежують рух оклюдерів у механічних протезах; 2) зниження руху дисків, кульки або стулки; 3) обмеження потоку через отвір КПС; 4) гемодинамічних порушень і наслідків із боку камер серця, у тому числі за даними доплерографії (табл. 10).

**Таблиця 9**

*Диференційна діагностика сполучнотканинного панусу та тромбозу*

	Панус	Тромбоз
Хронологія	Мінімум через 12 міс., звичайно >5 років від дати операції	Може розвинутися в будь-який час (якщо пізній, то звичайно асоційований із панусом)
Зв'язок з антикоагуляцією (низьке МНС)	Не пов'язаний	Сильний взаємозв'язок
Локалізація	МК > АК	ТК >> МК = АК
Морфологія	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Невелика маса</li> <li>• Здебільшого залучає лінію шва (кільце)</li> <li>• Доцентровий ріст</li> <li>• Обмежений площиною диску</li> <li>• Ріст під диском</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Розмір більший за панус</li> <li>• Типовий незалежний рух</li> <li>• Може візуалізуватися тонке зовнішнє кільце</li> <li>• Проекція в ЛП у мітральній позиції</li> <li>• Мобільні елементи</li> </ul>
Ехо-щільність (співвідношення відеоінтенсивності)	Більше >0,7 (100% специфічності)	Менше (<0,4)
МСКТ серця: значення загасання рентгенівської щільності	>200 HU	<200 HU
Вплив на градієнт	АК > МК	АК > АК
Вплив на ЕПО	АК > АК	АК > АК
Вплив на рухливість диску	Так / Ні	Так

**Таблиця 10**

*Мінімальний набір даних для ЕхоКГ-оцінки КПС*

Аортальна позиція	Мітральна позиція
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пікова швидкість / піковий градієнт</li> <li>• Середній градієнт</li> <li>• Інтеграл лінійної швидкості потоку (VTI)</li> <li>• Доплерівський індекс швидкості (DVI)</li> <li>• Ефективна площа отвору (ЕОА, ЕПО) за рівнянням безперервності потоку (РБП)</li> <li>• Наявність, локалізація та важкість регургітації</li> <li>• + розмір і функція ЛШ, гіпертрофія ЛШ (гіпердинамічний ЛШ є корисною непрямою ознакою важкої АР), аорта (ймовірніше продовжить дилатуватися, якщо була дилатована під час операції)</li> <li>• + Інші клапани: вигляд, ступінь стенозу та/або регургітації</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пікова швидкість / піковий градієнт</li> <li>• Середній градієнт</li> <li>• Інтеграл лінійної швидкості потоку (VTI)</li> <li>• Доплерівський індекс швидкості (DVI)</li> <li>• Ефективна площа отвору (ЕОА, ЕПО) за рівнянням безперервності потоку (РБП)</li> <li>• Час напівзниження тиску (РНТ)</li> <li>• Наявність, локалізація та важкість регургітації</li> <li>• + розмір і функція ЛШ, розміри ЛП, розрахунковий систолічний тиск у ЛА (гіпердинамічний ЛШ є корисною непрямою ознакою важкої МР; легенева гіпертензія може бути ознакою дисфункції мітрального протеза)</li> <li>• + Інші клапани: вигляд, ступінь стенозу та/або регургітації</li> </ul>
Легенева позиція	Трикуспідальна позиція
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пікова швидкість / піковий градієнт</li> <li>• Середній градієнт</li> <li>• Наявність, локалізація та важкість регургітації</li> <li>• + Розмір та функція ПШ, розрахунковий систолічний тиск в ЛА</li> <li>• + Інші клапани: вигляд, ступінь стенозу та/або регургітації</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пікова швидкість / піковий градієнт</li> <li>• Середній градієнт</li> <li>• Інтеграл лінійної швидкості потоку (VTI)</li> <li>• Доплерівський індекс швидкості (DVI)</li> <li>• Час напівзниження тиску (РНТ)</li> <li>• Наявність, локалізація та важкість регургітації</li> <li>• + Розмір та функція ПШ, розміри ПП, розміри НПВ, потік у печінкових венах, розрахунковий систолічний тиск у ЛА</li> <li>• + Інші клапани: вигляд, ступінь стенозу та/або регургітації</li> </ul>

Взагалі для оцінки дисфункції КПС використовуються ті ж самі принципи та методи, що і для кількісної оцінки регургітації та стенозів на нативних клапанах, але у випадку КПС це завдання часто набагато складніше (рис. 4–8) [1]. Трансклапанні потоки слід диференціювати з параклапанними (рис. 9).

#### Невідповідність КПС фізіологічним параметрам пацієнта

Невідповідність протеза пацієнту (НПП) трапляється, коли ЕПО нормально функціонуючого протеза є замалою відносно розмірів тіла пацієнта (а відтак і відносно потреб у СВ), що призводить до аномально високих градієнтів на протезі після операції (тобто середній градієнт перевищує 20 мм Hg) [1]. Таким чином, НПП не є власне дисфункцією протеза per se. Ідентифікація НПП та її диференціація досягаються шляхом розрахунку проекрованої індексованої ЕПО, тобто відношенням нормальної референтної ЕПО для даної моделі та розміру протеза (табл. 6, 7) до ППТ пацієнта. В табл. 11 наведено граничні значення індексованих ЕПО, що звичайно використовуються для ідентифікації та кількісних характеристик важкості НПП.

При сумнівних результатах ЕхоКГ щодо діагнозу «чистої» НПП допоміжними методами візуалізації є МСКТ або РС, що здатні підтвердити нормальну функцію стулок, відсутність чужорідних мас і маленьку ГПО (рис. 10, 11) [1].

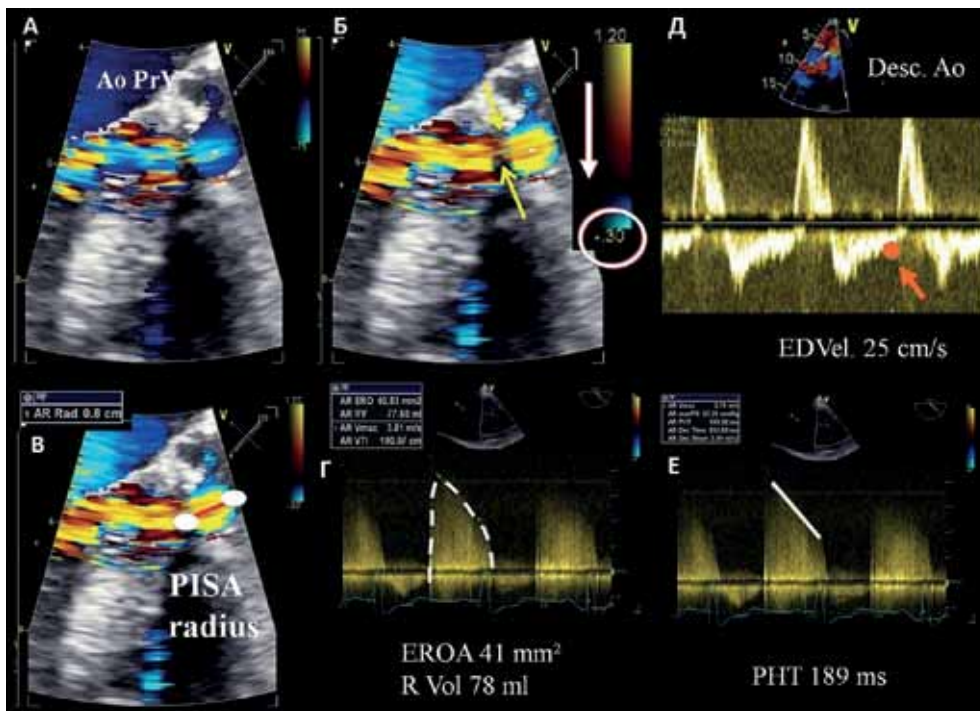
#### Ключові моменти

НПП слід відрізнити від дисфункції КПС. РРМ спостерігається рано після хірургічного втручання і



**Рис. 4.** Регургітація на протезі в аортальній позиції. Приклад патологічної інтрапротезної регургітації під час ЧСЕхоКГ, зріз на 120°. Ширина потоку під протезом у ВТЛШ (червона лінія) порівняна з шириною власної ВТЛШ (біла лінія). Зверніть увагу на те, що проксимальна частина регургітуючого потоку не візуалізується внаслідок тіней від протеза [1]

наявне на всіх подальших ЕхоКГ. ЕхоКГ формації панаусу є часто діагнозом виключення, проте може бути виявлено тільки під час МСКТ. На сьогодні для оцінки регургітації на КПС рекомендовано інтегральний підхід з оцінкою множинних якісних, напівкількісних і кількісних параметрів.



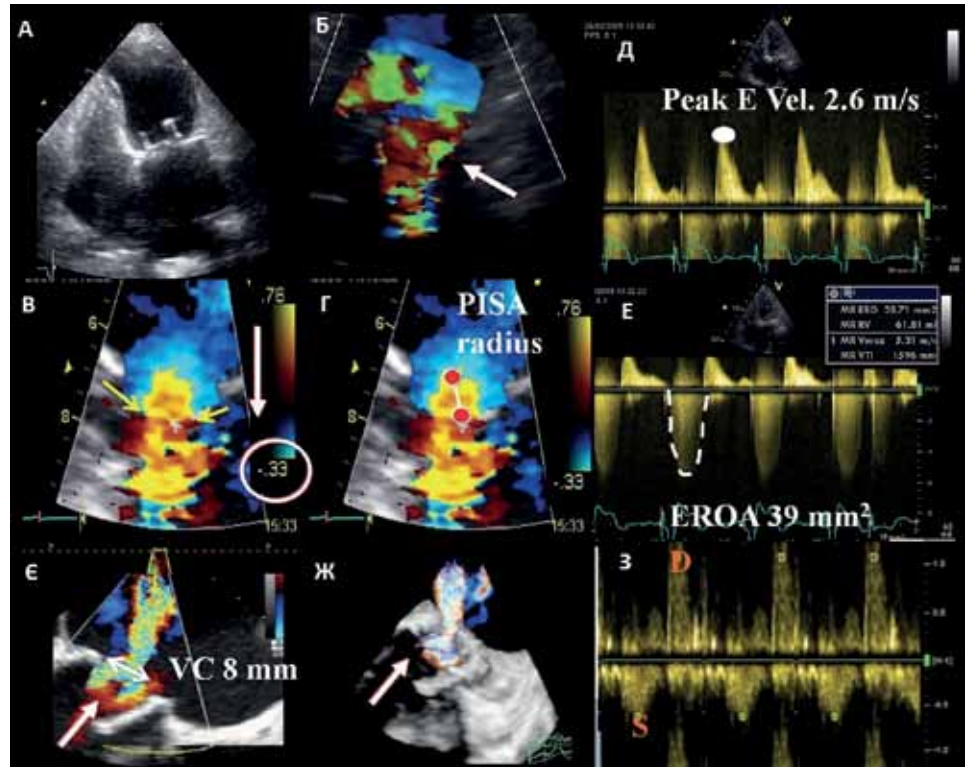
**Рис. 5.** Важка параклапанна регургітація механічного протеза в аортальній позиції, оцінена під час 3D та 2D ЧСЕхоКГ. З модифікованого зрізу на 120° потік регургітації візуалізується за допомогою КДК. (А, Б та В). Зверніть увагу на чітку зону конвергенції регургітуючого потоку PISA та чітко демарковану vena contracta (Б, жовті стрілки). Можна виміряти радіус PISA (В, червона лінія), що дозволяє розрахувати ефективний регургітуючий отвір (EROA, EPO) та об'єм регургітації (R Vol, OP) (Г). Супрастернальний трансторакальний доступ дозволяє зафіксувати голодіастолічний реверсивний потік у нижчідній грудній аорті (Desc. Ao) з кінцево-діастолічною швидкістю (EDVel >20 см/с, Д). PHT укорочений (Е) [1].

### Подальше спостереження та моніторинг

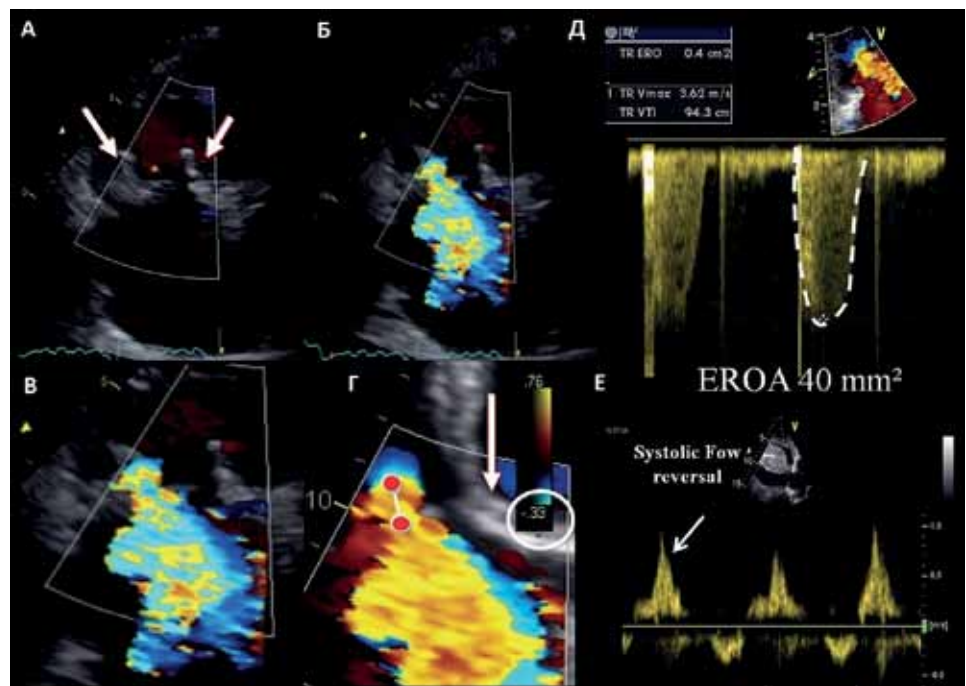
Пацієнти після недавнього протезування не повинні вважатися вилікованими, вони потребують уважного і, за необхідності, частого динамічного спостереження [1]. В ідеалі, повноцінна ТТехоКГ має бути виконана при першому ж візиті до лікаря після опе-

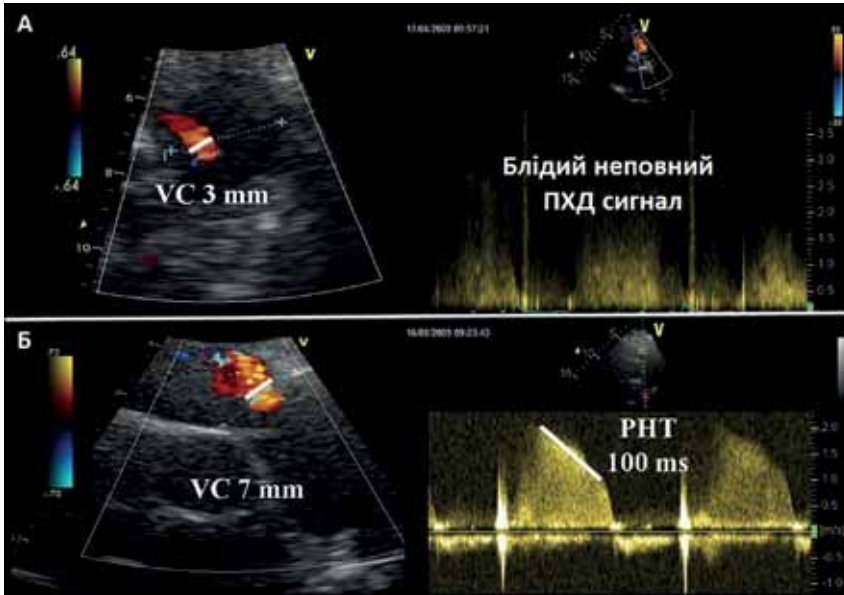
раційного втручання через 4–6 тижнів, коли загоїться операційна рана грудної клітки, зникне набряк грудної стінки та відновиться систолічна функція ЛШ. Однак якщо, наприклад, пацієнт переводиться до іншого закладу і може вже не повернутися, дослідження з візуалізацією краще провести до виписки. Рутинні повторні

**Рис. 6.** Важка регургітація через біопротез у мітральній позиції (А). Зверніть увагу на турбулентний антероградний потік (Б, біла стрілка) внаслідок високого об'єму крові (нормальний антероградний об'єм + регургітуючий об'єм), що протікає через біопротез у діастолу. Закономірно пікова швидкість раннього діастолічного наповнення підвищена ( $E=2,6$  м/с) внаслідок збільшеного потоку (Д). КДК після зсуву нульової лінії кольорової шкали в напрямку регургітуючого потоку виявляє чітку зону конвергенції регургітуючого потоку PISA і добре демарковану vena contracta (В, жовті стрілки). Визначення радіуса PISA (Г, біла лінія) дозволяє визначити EPO (EROA) та OP (R Vol) (Е). Крім того, аналіз профілю потоків у легеневій вені (ЛВ) виявляє реверсію систолічної хвилі S (З), що є маркером важкої регургітації. Та ж сама ситуація проілюстрована також під час 2D та 3D ЧСехоКГ (Є та Ж) [1]

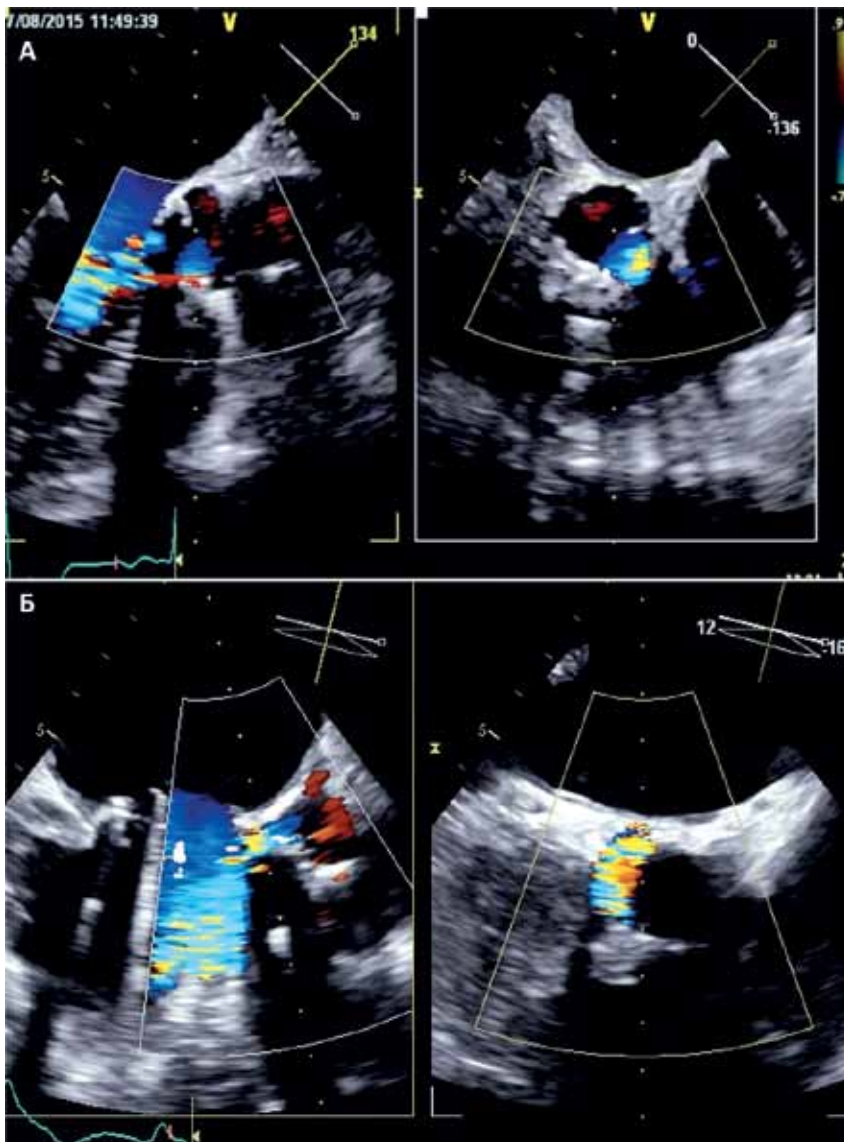


**Рис. 7.** ЕхоКГ-оцінка важкої регургітації через біопротез у трикуспідальній позиції (А). КДК після зсуву нульової лінії кольорової шкали в напрямку регургітуючого потоку дозволяє побачити чітку зону конвергенції потоку PISA та добре демарковану vena contracta (Б, В та Г) of the regurgitant jet can be observed. Визначення радіуса PISA (Г, біла лінія) дозволяє визначити EPO (EROA) та OP (R Vol) (Д). Крім того, аналіз профілю потоків у печінковій вені (ПВ) показує реверсію систолічної хвилі (S) (Е), що є ознакою важкої регургітації [1]





**Рис. 8.** Приклади помірної (А) та важкої (Б) інтрапротезної легеневої регургітації після процедури Росса. КДК виявляє центральний потік регургітації через протез із вузькою vena contracta, а ПХД (CWD) виявляє блідий неповний спектр (А), в той час як при важкій регургітації має місце набагато ширша vena contracta (VC) з інтенсивним щільним ПХД спектром та вкороченим РНТ (Б) [1]



**Рис. 9.** Приклади параклапанної регургітації у випадку протеза в аортальній позиції (А – легка регургітація; Б – помірно важка регургітація) за даними багатопланової 3D ЧСЕхоКГ [1]

дослідження з метою скринінгу не рекомендовані у безсимптомних пацієнтів із нормальною функцією імплантованих механічних клапанів або в період від 5 (ESC) до 10 (ACC/AHA) років після імплантації у випадку нормально функціонуючих імплантованих біопротезів [1, 5]. Втім, сьогодні ми пропонуємо, щоб рутинна ТТЕхоКГ проводилася щорічно: 1) у пацієнтів із дилатацією Ао під час хірургічного втручання; 2) у пацієнтів із імплантацією протеза в мітральну позицію, в тому числі для моніторингу можливої вторинної ТР та дисфункції ПШ. Крім того, слід зважати і на те, що з'явилися нові моделі та дизайни біопротезів, для яких ще не встановлено доказову тривалість служби. ЕхоКГ також є показаною при розвитку маніфестних симптомів або при зміні їх характеру та інтенсивності (потовщення стулок біопротеза, що може бути ознакою структурної дисфункції, тощо).

При невизначених і нечітких результатах ТТЕхоКГ/ЧСЕхоКГ може бути рекомендоване проведення допоміжних засобів візуалізації серця (РС, МСК або МРТ).

Таблиця 11

Візуалізаційні критерії ідентифікації та кількісної оцінки невідповідності КПС пацієнту

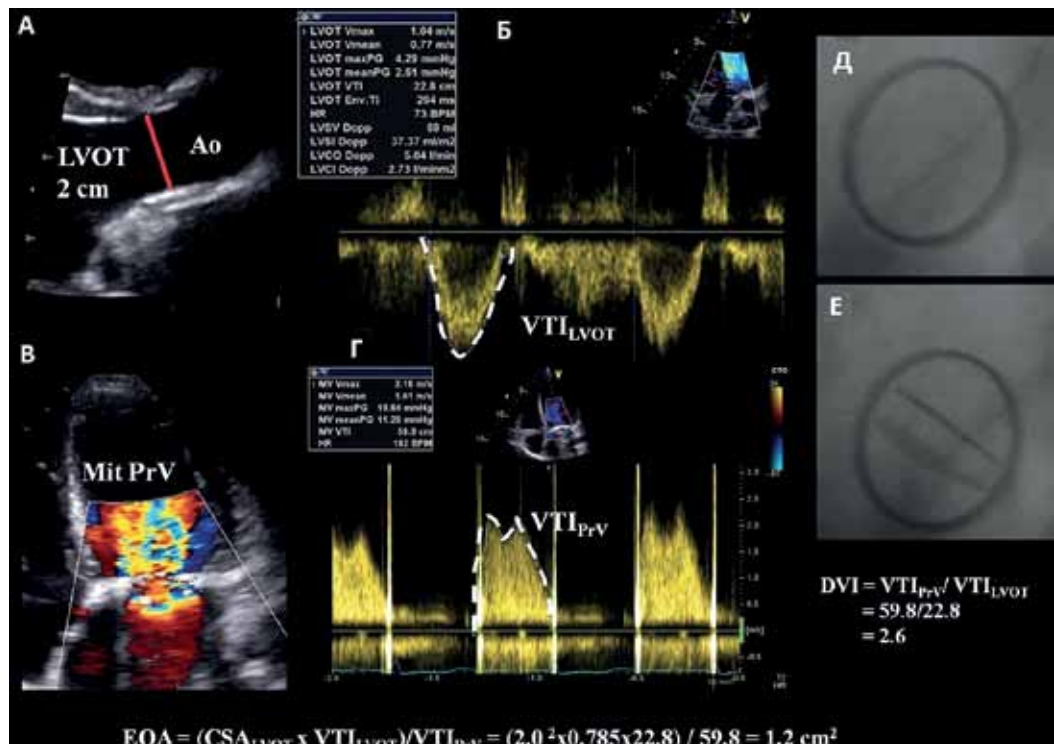
	Легка або клінічно незначуща	Помірна	Важка
КПС в аортальній позиції			
Індексована ЕПО (виміряна)			
ІМТ <30 кг/м <sup>2</sup>	>0,85	0,85–0,66	≤0,65
ІМТ ≥30 кг/м <sup>2</sup>	>0,70	0,70–0,56	≤0,55
Розрахункова ЕПО порівняно з нормальним референтним значенням а	Референтне значення ± 1SD		
Різниця (референтна ЕПО – розрахункова ЕПО) (см <sup>2</sup> ) <sup>а</sup>	<0,25		
Структура та рух клапана	Звичайно нормальні		
КПС в мітральній позиції			
Індексована ЕПО (виміряна)			
ІМТ <30 кг/м <sup>2</sup>	>1,2	1,2–0,91	≤0,90
ІМТ ≥30 кг/м <sup>2</sup>	>1,0	1,0–0,76	≤0,75
Виміряна ЕПО порівняно з нормальним референтним значенням <sup>а</sup>	Референтне значення ± 1SD		
Різниця (референтна ЕПО – виміряна ЕПО) (см <sup>2</sup> ) <sup>а</sup>	<0,25		
Структура та рух клапана	Звичайно нормальні		

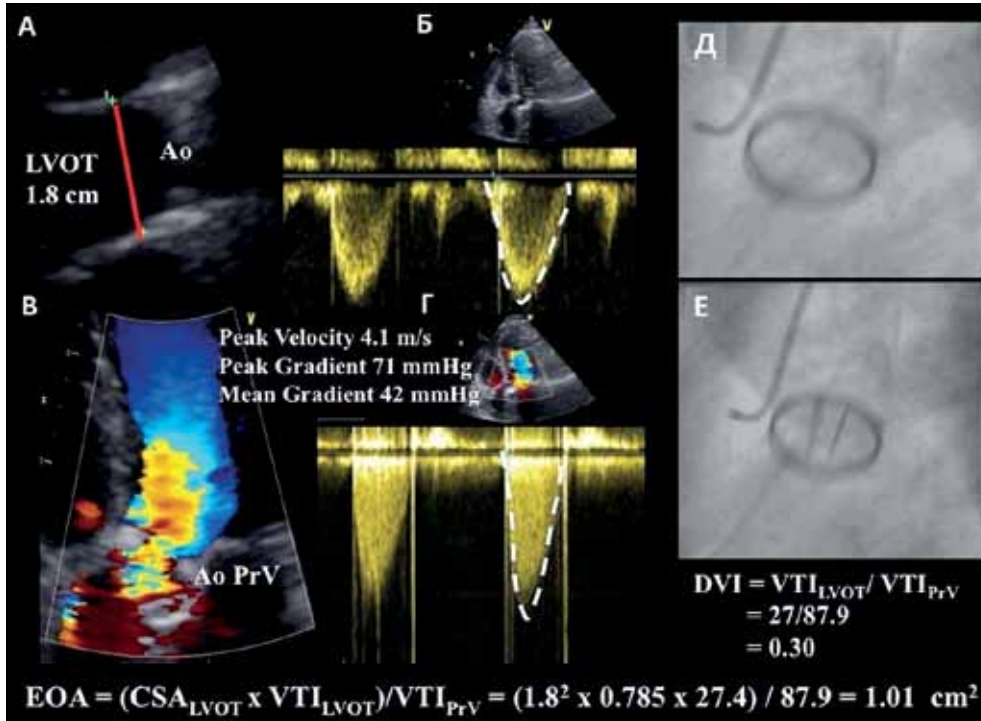
Див. табл. 7 та 8 для нормальних референтних значень ефективної площі отвору (ЕПО) різних моделей та розмірів КПС.

ІМТ – індекс маси тіла; SD – стандартне відхилення.

<sup>а</sup> Критерії, запропоновані для описаних параметрів, дійсні для майже нормального або нормального ударного об'єму (59–90 мл).

**Рис. 10.** Приклад НПП у пацієнта з механічним протезом у мітральній позиції. Має місце прискорення антероградного потоку через протез за даними КДК (В). Градієнти тиску на протезі підвищені (середній градієнт 11 мм Hg, Г). Застосування РБП (А, Б та Г), як пояснено на рис. 7, дозволяє визначити ЕПО протеза 1,2 см<sup>2</sup> (0,64 см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>), що разом із високими градієнтами тиску та підвищеним DVI говорить про обструкцію клапана або НПП. Втім, РС (Д та Е) візуалізує нормальні кути закриття та відкриття протеза, підтверджуючи наявність НПП [1]





**Рис. 11.** Приклад НПП у пацієнта з механічним протезом в аортальній позиції. Має місце прискорення антероградного потоку через протез за даними КДК (В). Градієнти тиску на протезі підвищені (піковий градієнт 71 мм Hg, середній градієнт 42 мм Hg, Г). Застосування РБП (А, Б та Г), як пояснено на рис. 7, дозволяє визначити ЕПО протеза 1,01  $\text{cm}^2$  (0,52  $\text{cm}^2/\text{m}^2$ ), що разом із високими градієнтами тиску та зниженим DVI говорить про обструкцію клапана або НПП. Втім, РС (Д та Е) візуалізує нормальні кути закриття та відкриття протеза, підтверджуючи наявність НПП [1]

## Специфіка оцінки КПС у різних позиціях

### Протези аортального клапана

#### Набута обструкція КПС в аортальній позиції

##### Інтегральна оцінка

Виявлення та визначення ступеня важкості обструкції КПС в аортальній позиції за даними ЕхоКГ включає поєднання даних 2D та 3D візуалізації АК, а також кількісну доплерівську оцінку важкості обструк-

ції. Інші методи візуалізації також можуть використовуватися для оцінки рухів клапана, його структури та функції. Інтерпретація цих даних має проводитися відповідно до дати імплантації КПС, характеристик протеза та стану центральної гемодинаміки.

В табл. 12 наведено перелік параметрів візуалізації, рекомендованих для оцінки КПС в аортальній позиції. Якщо всі параметри є нормальними, ймовірність дисфункції КПС є дуже низькою. І навпаки, якщо біль-

**Таблиця 12**

Кількісна оцінка обструкції КПС в аортальній позиції

	Норма	Можлива обструкція	Значна обструкція
<b>Якісні</b>			
Структура та рух протеза	Звичайно нормальні	Звичайно аномальні а	Аномальні <sup>а</sup>
«Конверт» трансклапанного потоку <sup>б</sup>	Трикутний із раннім піком	Від трикутного до проміжного	Закруглений, симетричний
<b>Напівкількісні</b>			
Час прискорення (АсТ, мс) <sup>б</sup>	<80	80–100	>100
АсТ / Час вигнання з ЛШ	<0,32	0,32–0,37	>0,37
<b>Кількісні</b>			
<b>Потік-залежні</b>			
Пікова швидкість (м/с) / піковий градієнт <sup>в,г</sup>	<3 (36)	3–3,9 (36–63)	≥4 (64)
Середній градієнт (мм Hg) <sup>в,г</sup>	<20	20–34	≥35
Збільшення середнього градієнта під час стрес-ЕхоКГ	<10	10–19	≥20
Збільшення середнього градієнта під час спостереження	<10	10–19	≥20

## Продовження табл. 12

<b>Потік-незалежні</b>			
ЕПО (см <sup>2</sup> ) <sup>в,д</sup>	>1,1	0,8–1,1	<0,8
Розрахункова ЕПО порівняно з нормальним референтним значенням	референтне значення ± 1SD	< референтного значення – 1SD	< референтного значення – 2SD
Різниця (референтна ЕПО – розрахункова ЕПО) (см <sup>2</sup> ) <sup>в</sup>	<0,25	0,25 – 0,35	>0,35
Доплерівський індекс швидкості <sup>в,д</sup>	≥0,35	0,25–0,34	<0,25

Див. табл. 7 щодо нормальних референтних значень ЕПО різних моделей і розмірів КПС.

SD – стандартне відхилення.

<sup>в</sup> Аномальні механічні КПС: нерухомий або з обмеженою рухливістю оклюдер, тромбоз, панус; аномальні біопротези: потовщення / кальцифікація стулок, тромбоз, панус.

<sup>д</sup> На ці параметри впливають функція ЛШ та ЧСС.

<sup>в</sup> Критерії, пропонувані для цих параметрів, є валідними для майже нормального або нормального ударного об'єму (50–90 мл) та об'ємної швидкості потоку (200–300 мл/с).

<sup>д</sup> На ці параметри сильніше впливають стани з низьким або високим потоком, включаючи низький викид із ЛШ та супутню АР.

<sup>в</sup> Цей параметр залежить від розмірів ВТЛШ.

шість параметрів є аномальними, ймовірність обструкції протеза в аортальній позиції суттєво зростає.

#### *Диференційна діагностика станів із високими градієнтами*

Чіткий алгоритм, що рекомендується авторами для інтерпретації цих високих градієнтів, отримано за даними компіляції раніше запропонованих підходів (рис. 12) [1]. В цьому контексті важливо мати на увазі, що обидва феномени – як НПП, так і істинна дисфункція протеза – можуть співіснувати. Слід зазначити, що НПП завжди існує вже в ранньому післяопераційному періоді, підтверджуючись на всіх подальших ЕхоКГ, тому подальше поглиблення ситуації з високими градієнтами часто пояснюється розвитком супутньої власне дисфункції протеза.

#### **Патологічна регургітація на КПС в аортальній позиції** *Інтегральна оцінка*

ЕхоКГ-оцінка АР на протезі включає інтеграцію даних 2D та 3D візуалізації кореня Ао, АК та ЛШ, а також доплерівську оцінку ступеня важкості АР (табл. 13). Слід завжди намагатися кількісно оцінити ступінь важкості АР, за винятком випадків легкої АР на протезі. Визначення ширини VC та розрахунок ЕПР, ОР та ФР рекомендовані, коли їх можна визначити. Додаткові параметри допомагають визначитися зі ступенем важкості АР і мають широко використовуватися, особливо у випадках дискордантності між даними кількісної оцінки АР та об'єктивними клінічними даними. Ці параметри слід інтерпретувати відповідно до даних про хронічність АР та ремоделювання ЛШ. У випадках персистуючих суперечних даних та після елімінації технічних помилок і похибок, але у випадках неясних результатів ЕхоКГ слід удаватися до інших засобів візуалізації, що можуть прояснити ситуацію, і до консультацій в експертних центрах.

## **Протези мітрального клапана**

### **Набута обструкція КПС у мітральній позиції**

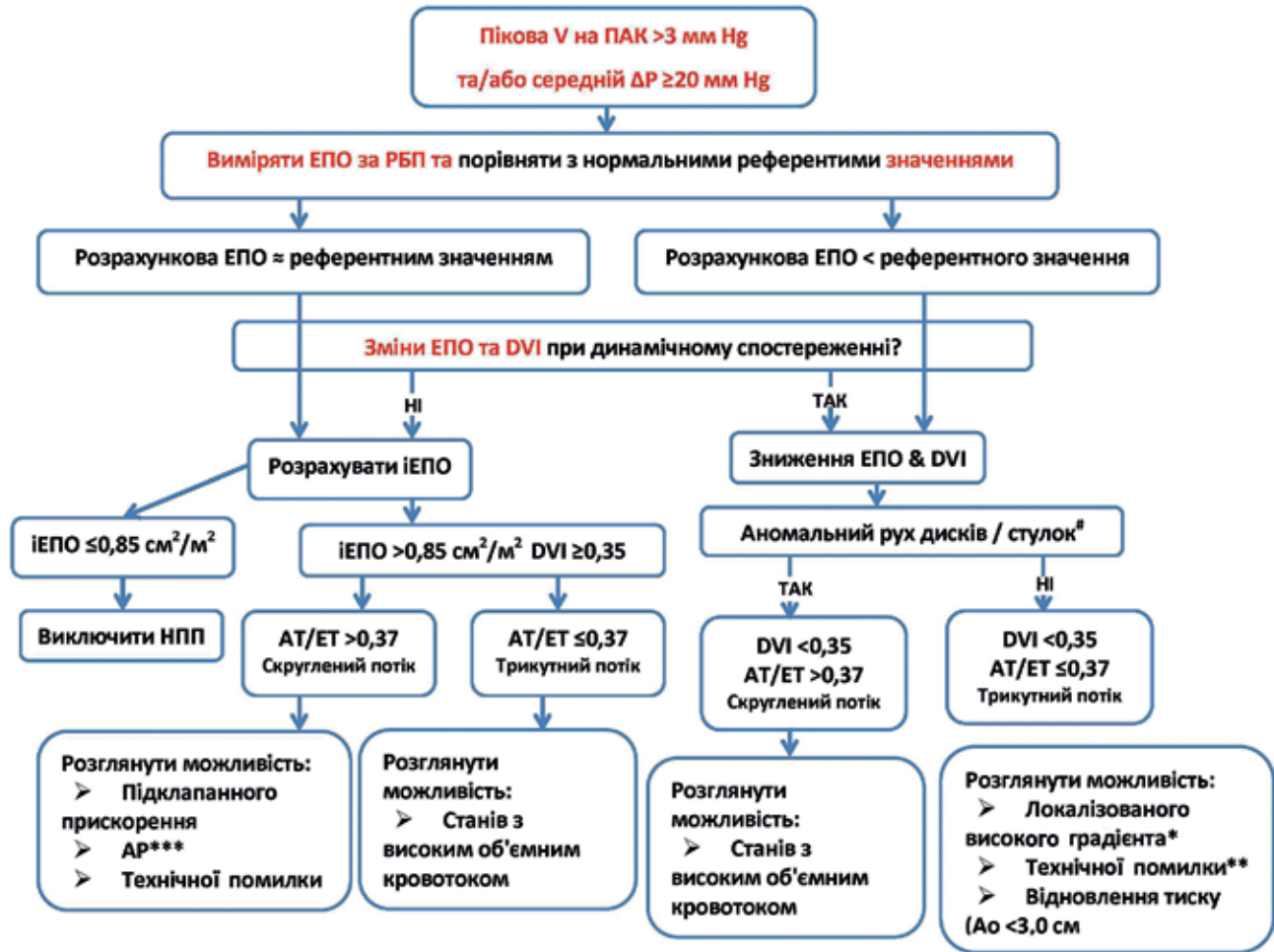
#### **Інтегральна оцінка**

ЕхоКГ-оцінка обструкції КПС у мітральній позиції включає комплексну оцінку даних, отриманих під час 2D/3D ЕхоКГ МК, а також якісні та кількісні доплерівські параметри важкості обструкції (рис. 13). Інші методи візуалізації за показаннями також можуть використовуватися для альтернативної оцінки руху, структури та функції КПС. Наприклад, при тромбозі протеза з «німими» даними під час доплерографії (характеризуються нормальними або незначно підвищеними градієнтами тиску, але з ідентифікацією порушень рухів дисків двостулкового механічного КПС) може знадобитися РС або МСКТ серця [1]. Інтерпретація даних повинна проводитися відповідно до дати імплантації клапана, характеристик протеза та стану гемодинаміки. У табл. 14 наведено параметри, рекомендовані сьогодні для оцінки функції КПС у мітральній позиції. Якщо всі параметри є нормальними, ймовірність дисфункції протеза є дуже низькою, в той час як при справжній дисфункції більшість цих параметрів будуть аномальними [1].

#### *Диференційна діагностика станів із високими градієнтами*

Для подолання обмеження, що полягає у залежності градієнтів тиску від об'ємного кровотоку, рекомендовано покроковий підхід, включаючи визначення ЕПО та DVI (рис. 13). Після виключення можливих технічних помилок ЕПО слід порівняти з нормальними реферативними межами ЕПО для даного типу та розміру імплантованого протеза.





**Рис. 12.** Алгоритм оцінки високого трансклапанного градієнта в аортальній позиції. Ao – діаметр висхідної аорти; AT/ET – співвідношення часу прискорення до часу вигнання; DVI – доплерівський індекс швидкості; ЕПО – ефективна площа отвору; НПП – невідповідність (неадекватність) протеза пацієнту.

\* Тільки для двостулкових клапанів, малий розмір аортальних КПС (19–21 мм).

\*\* Виключити недооцінку діаметра ВТЛШ та/або VTІ потоку в ВТЛШ.

\*\*\* Повторно розрахуйте ЕПО з використанням УО в ВТПШ. # Якщо характер стулок/ дисків нечітко візуалізується під час ТТЕхоКГ, пацієнту може бути показана РС або МСКТ серця.

## Виключити переоцінку діаметра ВТЛШ та/або VTІ потоку в ВТЛШ [1]

**Таблиця 13**

Кількісна оцінка важкості регургітації на КПС в аортальній позиції

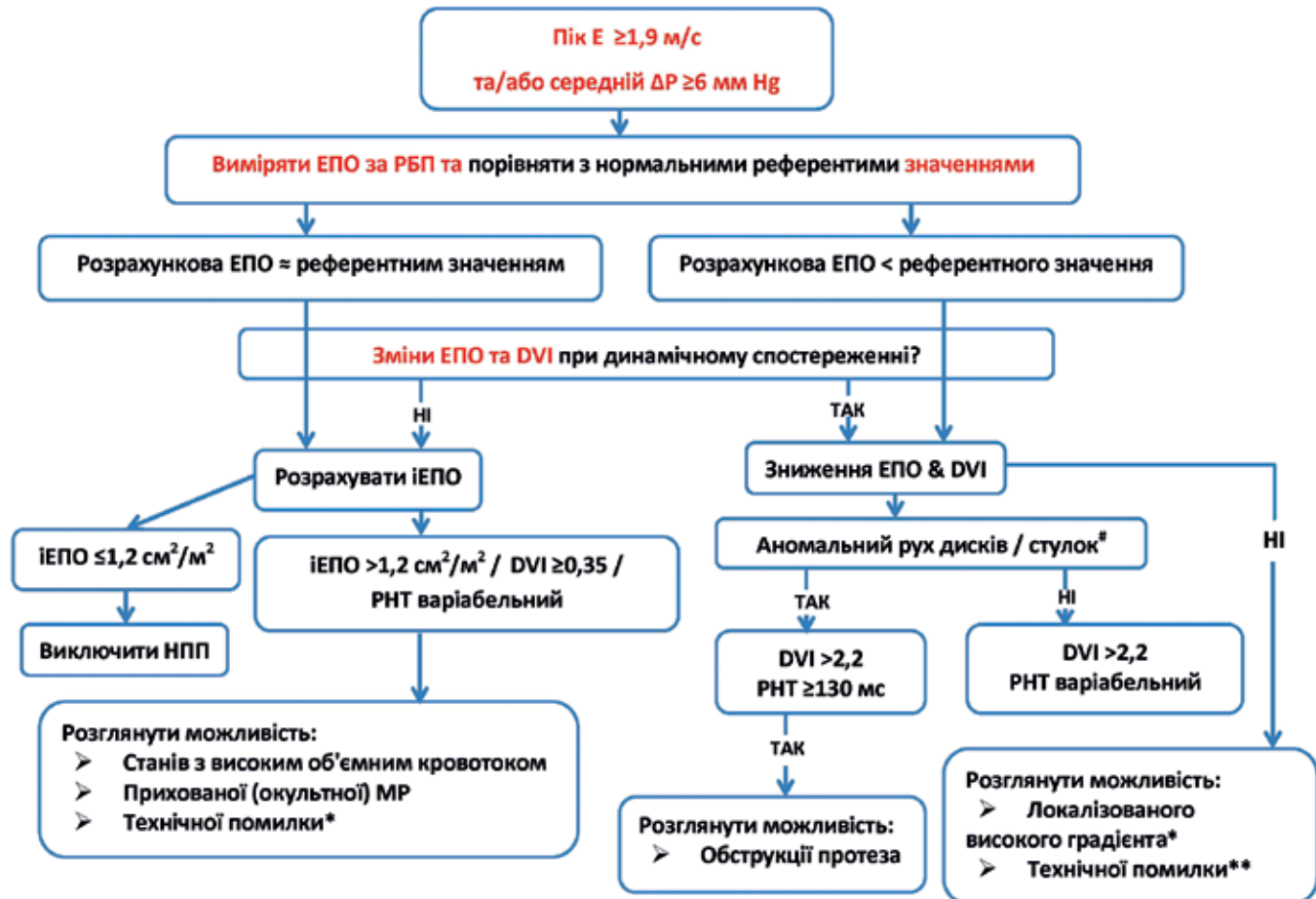
	Легка	Помірна	Важка
<b>Якісні</b>			
Структура та рух протеза	Звичайно нормальний	Звичайно аномальний <sup>a</sup>	Звичайно аномальний <sup>a</sup>
Ширина потоку AP в КДК <sup>6</sup>	Маленька	Проміжна	Велика (>65% діаметра ВТЛШ)
Сигнал потоку AP в ПХД	Неповний або блідий	Щільний	Щільний
Зворотний діастолічний потік у низхідній аорті	Короткий, протодіастолічний зворотний потік	Проміжний	Голодіастолічний зворотний потік із кінцево-діастолічною швидкістю >20 см/с
<b>Напівкількісні</b>			
РНТ (мс) <sup>8</sup>	>500	200–500	<200
Периферійна поширеність параклапанної регургітації (%) <sup>г</sup>	<10	10–29	≥30

## Продовження табл. 13

Ширина VC (мм)	<3	3–6	>6
<b>Кількісні</b>			
ЕРО (мм <sup>2</sup> )	<10	10–29	≥30
ОР (мл) <sup>а</sup>	<30	30–59	≥60
ФР (%)	<30	30–50	>50

+ Розмір ЛШе

ЕРО – ефективний регургітуючий отвір, ОР – об'єм регургітації, ФР – фракція регургітації.

<sup>а</sup> Аномальні механічні КПС: нерухомий оклюдер, протікання (зьяння) або хиткий протез (параклапанна регургітація); аномальні біопротези: потовщення / кальцифікація стулок або пролапс, протікання (зьяння) або хиткий протез (параклапанна регургітація).<sup>б</sup> Параметр, що підходить у випадку центральних потоків і менш точний при ексцентричних потоках.<sup>в</sup> На цей параметр впливає податливість (комплаєнс) ЛШ.<sup>г</sup> Стосується тільки параклапанної регургітації.<sup>д</sup> Може бути визначений за різницею між УО в ВТЛШ мінус УО в ВТПШ (якщо немає більш ніж легкої МР).<sup>е</sup> Стосується хронічної післяопераційної АР за відсутності інших етіологій.

**Рис. 13.** Алгоритм оцінки високого транклапанного мітрального градієнта. DVI – доплерівський індекс швидкості; ЕПО – ефективна площа отвору; НПП – невідповідність (неадекватність) протеза пацієнту.

\*Тільки для двостулкових клапанів.

\*\* Виключити недооцінку діаметра ВТЛШ та/або VTI потоку в ВТЛШ.

# Якщо характер стулок/ дисків нечітко візуалізується під час ТТЕхоКГ, пацієнту може бути показана РС або МСКТ серця.

## Виключити переоцінку діаметра ВТЛШ та/або VTI потоку в ВТЛШ [1]

Таблиця 14

Кількісна оцінка обструкції КПС у мітральній позиції

	Норма	Можлива обструкція	Значна обструкція
<b>Якісні</b>			
Структура та рух протеза	Звичайно нормальні	Часто аномальні <sup>a</sup>	Аномальні <sup>a</sup>
<b>Напівкількісні</b>			
РНТ (мс) <sup>b</sup>	<80	80–100	>100
<b>Кількісні</b>			
<b>Потік-залежні</b>			
Пікова швидкість (м/с) / Піковий градієнт <sup>в,г,е</sup>	<3	3–3,9	≥4
Середній градієнт (мм Hg) <sup>в,г,е</sup>	<20	20–34	≥35
Збільшення середнього градієнта під час стрес-ЕхоКГ	<10	10–19	≥20
Збільшення середнього градієнта під час спостереження	<10	10–19	≥20
<b>Потік-незалежні</b>			
ЕПО (см <sup>2</sup> ) <sup>в,е</sup>	>1,1	0,8–1,1	<0,8
Розрахункова ЕПО порівняно з нормальним референтним значенням <sup>в,е</sup>	референтне значення ± 1SD	< референтного значення – 1SD	< референтного значення – 2SD
Різниця (референтна ЕПО – розрахункова ЕПО) (см <sup>2</sup> ) <sup>в,е</sup>	<0,25	0,25–0,35	>0,35
Допплерівський індекс швидкості <sup>в,г,д,е</sup>	≥0,35	0,25–0,34	<0,25

Див. Таб. 8 щодо нормальних референтних значень ЕПО різних моделей та розмірів КПС.

<sup>a</sup> Аномальні механічні КПС: нерухомий або з обмеженою рухливістю оклюдер, тромбоз, панус; аномальні біопротези: потовщення / кальцифікація стулок, тромбоз, панус.

<sup>b</sup> На цей параметр впливають ЧСС, податливість (комплаєнс) ЛП та ЛШ. Цей параметр не слід визначати за наявності тахікардії, АВ-блокади I ступеня або в ситуаціях, що викликають злиття хвиль E та A або призводять до скорочення періоду діастолічного наповнення.

<sup>c</sup> Критерії, пропонувані для цих параметрів, є валідними для майже нормального або нормального ударного об'єму (50–90 мл) та ЧСС (50–80°).

<sup>d</sup> Ці параметри також є патологічними за наявності значущої регургітації на мітральному протезі.

<sup>e</sup> Цей параметр також залежить від розміру ВТЛШ. При ФП VT<sub>PMV</sub> та VT<sub>ВТЛШ</sub> мають визначатися у подібних кардіальних циклах.

<sup>f</sup> На ці параметри впливають потік та ЧСС.

<sup>g</sup> Ці параметри не є валідними за наявності більш ніж легкої супутньої АР або МР.

### Патологічна регургітація на КПС у мітральній позиції Інтегральна оцінка

ЕхоКГ оцінка МР на протезі включає комплексний аналіз даних 2D/3D візуалізації КПС та ЛШ, а також доплерівської оцінки важкості регургітації (табл. 15). Кількісна оцінка МР на протезі вимагає певних зусиль, крім легкої або незначущої МР на протезі. Коли це можливо, рекомендовано визначення ширини vena contracta та розрахунок ЕРО, ОР і ФР. Додаткові параметри допомагають консолідувати впевненість у важкості МР, тому їх слід широко застосовувати, особливо у випадках дискордантності між результатами кількісної оцінки важкості МР та об'єктивною клінічною картиною. Ці параметри слід інтерпретувати відповідно до хронічності МР на протезі та даних про ремоделювання ЛШ. Якщо результати все ж залишаються суперечливими після виключення можливості технічних помилок або при невизначених результа-

тах ЕхоКГ дослідження, можна використовувати інші методи візуалізації в експертних центрах для більш детальної подальшої оцінки рухів, структури та функції протеза.

### Протези трикуспідального клапана Набута обструкція КПС у трикуспідальній позиції Інтегральна оцінка

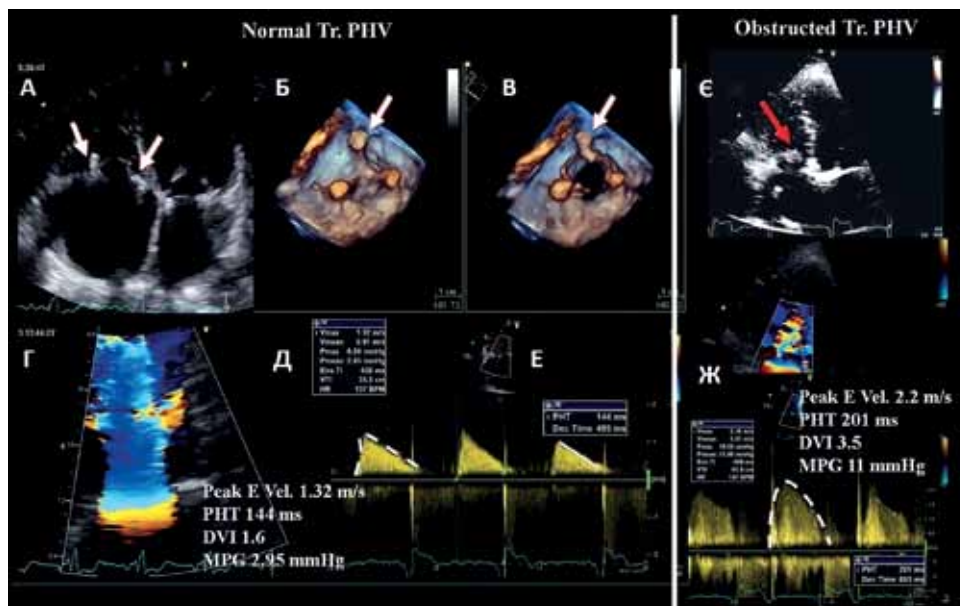
ЕхоКГ-оцінка обструкції протезів ТК включає комплексну оцінку даних 2D/3D візуалізації ТК та доплерівських вимірювань важкості стенозу (рис. 14). Інші методи візуалізації за показаннями можуть використовуватися для альтернативної оцінки рухів, структури та функції протезів. Інтерпретація даних має проводитися з урахуванням дати імплантації протеза, характеристик протеза та стану гемодинаміки.

У табл. 16 перелічені параметри, що використовуються для оцінки КПС у трикуспідальній позиції під час візу-

Таблиця 15

Кількісна оцінка важкості регургітації на КПС у мітральній позиції

Якісні	Легка	Помірна	Важка
Структура та рух протеза	Звичайно аномальні <sup>а</sup>	Звичайно аномальні <sup>а</sup>	Звичайно аномальні <sup>а</sup>
Ширина потоку МР у КДК <sup>б</sup>	Маленька	Проміжна	Великий центральний потік або ексцентричний потік, що стелеться, закручується та досягає верхньої стінки ЛП
Конвергенція потоку (PISA) <sup>в</sup>	Відсутня або маленька	Проміжна	Велика <sup>г</sup>
Сигнал потоку МР у ПХД	Блідий / Параболічний	Щільний / Параболічний	Щільний / Трикутний
<b>Напівкількісні</b>			
Потік у ЛВ	Переважає систолічна хвиля	Притуплення систолічної хвилі <sup>а</sup>	Реверсія систолічної хвилі <sup>е</sup>
Трансмітральний притік	Варіабельний	Варіабельний	Пікова швидкість $\geq 1,9$ м/с; середній градієнт $\geq 5$ мм Hg
Доплерівський індекс швидкості ( $\sqrt{VI_{PM}} / \sqrt{VI_{VTLS}}$ )	<2,2	2,2–2,5	>2,5
Ширина VC (мм)	<3	3–5,9	$\geq 6$
Периферійна поширеність параклапанної регургітації (%) <sup>с</sup>	<10%	10–29%	$\geq 30\%$
<b>Кількісні<sup>ж</sup></b>			
ЕРО (мм <sup>2</sup> )	<20	20–39	$\geq 40$
ОР (мл) <sup>з</sup>	<30	30–59	$\geq 60$
ФР (%)	<30	30–50	>50

+ розмір ЛШ та ЛП<sup>и</sup> та систолічний тиск у ЛА<sup>а</sup> Аномальні механічні КПС: нерухомий оклюдер, протікання (заяння) або хиткий протез (параклапанна регургітація); аномальні біопротези: потовщення / кальцифікація стулок або пролапс, протікання (заяння) або хиткий протез (параклапанна регургітація).<sup>б</sup> Параметр прийнятний при центральних потоках МР і менш точний при ексцентричних потоках.<sup>в</sup> При ліміті Найквіста 50–70 см/с.<sup>г</sup> Радіус PISA <0,4 та  $\geq 0,9$  см для центральних потоків відповідно, після зсуву нульової лінії шкали КДК нижче 40 см/с.<sup>д</sup> Якщо немає інших причин систолічного зниження швидкості (ФП, підвищення тиску в ЛП іншої етіології).<sup>е</sup> Реверсія систолічного потоку в ЛВ є специфічною, але не чутливою ознакою важкої МР.<sup>ж</sup> Стосується тільки параклапанної регургітації.<sup>з</sup> Ці кількісні параметри є менш доказово валідними порівняно з МР на нативному МК.<sup>и</sup> Може бути визначений методом PISA або за розрахунком різниці між УО, виміряним на мітральному кільці та у ВТЛШ (якщо немає більш ніж легкої АР).<sup>и</sup> Стосується хронічної, пізньої післяопераційної регургітації на КПС у мітральній позиції за відсутності інших етіологій або гострої МР.

**Рис. 14.** ЕхоКГ-оцінка біопротеза в трикуспідальній позиції. Нормально функціонуючий протез представлений на зображеннях А–Е. Зображення Е та Ж демонструють дисфункцію протеза з ознаками важкого стенозу. Білі стрілки на А–В вказують на стійки рамки протеза під час 2D ТТЕхоКГ (А) та 3D ЧСЕхоКГ (Б – закриті положення; В – відкрите положення). Гемодинамічні параметри [пікова рання діастолічна швидкість, час напівзниження тиску (РНТ), доплерівський індекс швидкості (DVI) та середній градієнт тиску (MPG)] нормальні (Д та Е). Патологічне підвищення ехогенності біопротеза (червона стрілка, Є) свідчить на користь дисфункції протеза, що підтверджується доплерівськими ознаками дисфункції (Ж) [1]

алізації. Чим більше параметрів виходять за межі норми, тим більша ймовірність можливої дисфункції КПС.

#### **Диференційна діагностика станів із високими градієнтами**

На протезах у трикуспідальній позиції середній градієнт потоку >6 мм може вказувати на патологічну обструкцію або на наявність серйозних гемодинамічних розладів (наприклад, післяопераційний період, анемія, сепсис), тахікардію, НПП, регургітацію, технічні помилки вимірювань або локалізований високошвидкісний центральний потік (тільки для двостулкових механічних протезів) [1]. При нормальній рухливості стулок/дисків, нормальному або дещо пролонгованому РНТ та нормальному DVI слід підозрювати НПП, локалізований високий градієнт на двостулковому механічному протезі (слід повторно доплерографічно оцінити потік без запису швидкостей центрального потоку), регургітацію на протезі або стан із високим об'ємним кровотоком. І навпаки, наявність аномальної рухливості КПС у контексті високого DVI, пролонгованого РНТ, та прогресивно зростаючого середнього градієнта на протезі протягом динамічного спостереження свідчить на користь патологічної обструкції протеза.

**Таблиця 17**

*Кількісна оцінка важкості регургітації на КПС у трикуспідальній позиції*

	Легка	Помірна	Важка
<b>Якісні</b>			
Структура та рух протеза	Звичайно нормальні	Звичайно аномальні <sup>a</sup>	Звичайно аномальні <sup>a</sup>
Ширина потоку TR у КДК <sup>6</sup>	Маленька	Проміжна	Дуже великий центральний потік або ексцентричний тік, що б'є в стінку ПП
Конвергенція потоку (PISA) <sup>a</sup>	Відсутня або маленька	Проміжна	Велика <sup>г</sup>
Сигнал потоку TR у ПХД	Блідий / Параболічний	Щільний / Параболічний	Щільний / Ранній пік
<b>Напівкількісні</b>			
Потік у печінкових венах (ПВ)	Переважає систолічна хвиля	Притуплення систолічної хвилі <sup>a</sup>	Реверсія систолічної хвилі <sup>e</sup>
Діастолічний притік на ТК	Варіабельний	Варіабельний	Підвищений градієнт тиску
Ширина VC (мм)	НД	<7	>7
<b>Quantitative</b>			
ЕРО (мм <sup>2</sup> )	НД	НД	НД
ОР (мл)	НД	НД	НД
ФР (%)	НД	НД	НД
+ Розміри ПШ, ПП, НПВ <sup>e</sup>			

НД – немає даних.

<sup>a</sup> Протікання (заяння) (параклапанна регургітація), потовщення / кальцифікація стулок (параклапанна регургітація); аномальні біопротези: потовщення / кальцифікація стулок.

<sup>6</sup> Параметри, більш придатні для оцінки центральних потоків і менш точні при ексцентричних потоках.

<sup>b</sup> При ліміті Найквіста 50–70 см/с.

<sup>г</sup> Після зсуву ліміту Найквіста шкали КДК до 28–30 см/с.

<sup>д</sup> Якщо немає інших причин систолічного зниження швидкості (ФП, підвищення тиску в ПП іншої етіології).

<sup>e</sup> Потік у ПВ з реверсією систолічної хвилі є специфічною, але нечутливою ознакою важкої TR.

<sup>f</sup> Стосується хронічної, пізньої післяопераційної регургітації на КПС у трикуспідальній позиції.

**Таблиця 16**

*Кількісна оцінка обструкції КПС у трикуспідальній позиції*

	Норма	Можлива обструкція <sup>a</sup>
<b>Якісні</b>		
Структура та рух протеза	Нормальні	Часто аномальні <sup>6</sup>
<b>Напівкількісні</b>		
РНТ (мс) <sup>6</sup>	<130	≥130
Доплерівський індекс швидкості	<2	≥2
<b>Кількісні</b>		
<b>Потік-залежні</b>		
Пікова швидкість (м/с) / Піковий градієнт <sup>a</sup>	<1,9	≥1,9
Середній градієнт (мм Hg) <sup>a</sup>	<6	≥6

<sup>a</sup> Внаслідок респіраторних варіацій рекомендується визначати на затримці дихання або розраховувати середнє значення із 3–5 синусових циклів.

<sup>6</sup> Потовщення та іммобілізація стулок.

<sup>b</sup> Може також підвищуватися при клапанній регургітації.

**Патологічна регургітація на КПС у трикуспідальній позиції****Інтегральна оцінка**

ЕхоКГ-оцінка ТР на протезі поєднує комплексну оцінку всіх можливих даних 2D/3D ЕхоКГ-візуалізації КПС, правих відділів серця, руху МШП та НПВ, а також доплерівської оцінки ступеня важкості регургітації (табл. 17). Консенсус експертів віддає перевагу класифікації ступенів ТР у першу чергу за даними ширини VC, крім випадків легкої або тривіальної ТР. Додаткові параметри слугують для консолідації переконань щодо ступеня важкості ТР. Їх слід інтерпретувати з точки зору хронічності ТР на протезі та ознак ремоделювання ПШ. У випадку дискордантних або неінформативних результатів ЕхоКГ експертні центри можуть використовувати інші методи візуалізації для оцінки рухливості, структури та функції протезів.

**Протези клапана легеневої артерії****Набута обструкція КПС у легеневій позиції****Інтегральна оцінка**

ЕхоКГ-оцінка обструкції КПС у легеневій позиції об'єднує дані 2D/3D візуалізації КЛА, а також доплерівську оцінку ступеня стенозу. Інші методи візуалізації за показаннями можуть бути використані для льгер-

**Таблиця 18***Кількісна оцінка обструкції КПС у позиції КЛА*

	Норма	Можлива обструкція
<b>Якісні</b>		
Структура та рух протеза	Нормальні	Часто аномальні <sup>a</sup>
Потік у КДК	Нормальний	Звуження антеградної кольорової карти
<b>Напівкількісні</b>		
РНТ (мс)	<230	≥230
<b>Кількісні</b>		
Потік-залежні		
Пікова швидкість (м/с) / Піковий градієнт <sup>6,8</sup>	<3,2 (41) (біопротез) <2,5 (25) (гомографт)	≥3,2 (41) (біопротез) ≥2,5 (25) (гомографт)
Середній градієнт (мм Нг)	<20 (біопротез) <15 (гомографт)	≥20 (біопротез) ≥15 (гомографт)

<sup>a</sup> Потовщення та обмеження рухливості стулок.

<sup>6</sup> Критерій є валідним для майже нормального або нормального УО (50–90 мл) та об'ємного кровотоку (200–300 мл/с).

<sup>8</sup> Зростання пікової швидкості та градієнта в серійних дослідженнях є більш надійним параметром.

**Таблиця 19***Кількісна оцінка важкості регургітації на КПС у позиції КЛА*

	Легка	Помірна	Важка
<b>Якісні</b>			
Структура та рух протеза	Звичайно нормальні	Звичайно аномальні <sup>a</sup>	Звичайно аномальні <sup>a</sup>
Ширина потоку ЛР у КДК <sup>6,8</sup>	Маленька	Проміжна	Велика (>50–65% діаметру ВТПШ)
Сигнал потоку ЛР у ПХД	Неповний або блідий	Щільний	Щільний
Швидкість сповільнення потоку в ПХД	Повільне	Варіабельне	Швидке, круте сповільнення з раннім припиненням діастолічного потоку <sup>f</sup>
Зворотний діастолічний потік у ЛА	Немає	Наявний	Наявний
Співвідношення легеневого до системного кровотоку в ІХД	Незначно підвищене	Проміжне	Значно підвищене
<b>Напівкількісні</b>			
РНТ (мс) <sup>d</sup>	ND	ND	<100
<b>Кількісні</b>			
	ND	ND	ND

+ Розмір ПШ<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Аномальні механічні протези: нерухомий оклюдер, протікання або гойдаючий протез (параклапанна регургітація); аномальний біопротез: потовщення / кальцифікація стулок, або пролапс, або хиткий протез (параклапанна регургітація).

<sup>6</sup> Параметр більш підходить для центральних потоків і є менш точним при ексцентричних токах.

<sup>8</sup> При ліміті Найквіста 50–60 см/с; параметр підходить для центральних, однак не підходить для ексцентричних потоків.

<sup>f</sup> Круте сповільнення не є специфічним для важкої ЛР.

<sup>d</sup> РНТ скорочується зі зростанням діастолічного тиску в ПШ.

<sup>e</sup> Стосується хронічної ЛР, якщо немає інших причин для дилатації ПШ, включаючи резидуальну післяопераційну дилатацію.

нативної оцінки структури, рухів та функції клапанних протезів. У табл. 18 наведено рекомендовані параметри візуалізації, що застосовуються для оцінки функції КПС.

#### **Патологічна регургітація на КПС у легеневій позиції Інтегральна оцінка**

ЕхоКГ-оцінка регургітації на протезі в легеневій позиції включає поєднані дані 2D/3D візуалізації КЛА та ПШ, а також доплерівську оцінку важкості регургітації (табл. 19). Для оцінювання регургітації мають бути використані всі доступні методи візуалізації. У випадку суперечливих/неінформативних результатів в експертних центрах може бути використана МРТ серця.

#### **Література**

1. Lancellotti P., Pibarot P., Chambers J., et al. Recommendations for the imaging assessment of prosthetic heart valves: a report from the European Association of Cardiovascular Imaging endorsed by the Chinese Society of Echocardiography, the Inter-

- American Society of Echocardiography, and the Brazilian Department of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging* 2016; doi:10.1093/ehjci/jew025
2. Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN, Gottdiener JS, Scott CG, Enriquez-Sarano M. Burden of valvular heart diseases: a population-based study. *Lancet* 2006;368: 1005–11.
3. Dunning J, Gao H, Chambers J, Moat N, Murphy G, Pagan D et al. Aortic valve surgery: marked increases in volume and significant decreases in mechanical valve use – an analysis of 41227 patients over 5 years from the Society for Cardiothoracic Surgery in Great Britain and Ireland National database. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;142:776–82.
4. Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, Benjamin EJ, Berry JD, Baha MJ et al. Executive summary: heart disease and stroke statistics-2014 update: a report from the American Heart Association. *Circulation* 2014;129:399–410.
5. Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F, Antunes MJ, Baron-Esquvias G, Baumgartner H et al. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). *Eur Heart J* 2012;33:2451–96.

*Повний текст Рекомендацій «Мультимодальні засоби візуалізації клапанних протезів серця і оцінки їх морфології та функції» читайте на сайті <http://amosovinstitute.org.ua> у розділі «Спеціалістам»*