

**Рекомендації з проведення повноцінного черезстравохідного
ехокардіографічного обстеження: консенсус Робочої групи Асоціації
серцево-судинних хірургів України та Українського товариства
кардіологів**

*В.В. Лазоришинець, В.М. Коваленко, А.В. Руденко, Р.М. Вітовський, С.О.
Сичов, Ю.А. Іванів, В.М. Бешляга, О.А Крикунов, С.В. Поташев, А.О. Руснак,
Л.М. Груб'як, С.І. Деяк, А.О. Бородай*

Ключові слова: *черезстравохідна ехокардіографія, повноцінне
обстеження*

Перелік умовних скорочень

АК – аортальний клапан

АКЗ – адекватні критерії застосування

Ао – аорта

АН – аортальна недостатність

АР – аортальна регургітація

АС – аортальний стеноз

АТ – артеріальний тиск

ВВСД – вроджені вади серця у дорослих

ВОВ (PFO) – відкрите овальне вікно

ВС (UE) – верхньо-стравохідний

ВЛП – вушко лівого передсердя

ВОВ (PFO) – відкрите овальне вікно (patent foramen ovale)

ВПВ – верхня порожниста вена

ВСП (UE) – верхньо-стравохідна позиція

ВТЛШ – виносний тракт лівого шлуночка

ВТПШ – виносний тракт правого шлуночка

ГКМП – гіпертрофічна кардіоміопатія

ДМПП (ASD) – дефект міжпересердної перегородки

ДМШП (VSD) – дефект міжшлуночкової перегородки
ЗС – задня стулка відповідного клапану або задня стінка
ЕхоКГ – ехокардіографія
ІЕ – інфекційний ендокардит
ІХС – ішемічна хвороба серця
КДК – кольорове доплерівське картування
КЛА – клапан легеневої артерії
КС – коронарний синус
ЛА – легенева артерія, стовбур легеневої артерії
ЛВ – легенева вена
ЛКА – ліва коронарна артерія
ЛКС – ліва коронарна стулка
ЛЛА – ліва легенева артерія
ЛП – ліве передсердя
ЛР – легенева регургітація
ЛС – легеневий стеноз
ЛШ – лівий шлуночок
МК – мітральний клапан
МН – мітральна недостатність
МПП – міжпередсердна перегородка
МР – мітральна регургітація
МШП – міжшлуночкова перегородка
НКС – некоронарна стулка
НПВ – нижня порожниста вена
ОГ – огинаюча гілка лівої коронарної артерії
ПАО – площа аортального отвору
ПКА – права коронарна артерія
ПКС – права коронарна стулка
ПЛА – права легенева артерія
ПЛВ – праві легеневі вени

ПМ – папілярні м'язи

ПМШГ – передня міжшлуночкова гілка лівої коронарної артерії

ПП – праве передсердя

ПС – передня стулка відповідного клапану або передня стінка

ПШ – правий шлуночок

РЧА – радіочастотна абляція

САТ – систолічний артеріальний тиск

СС – септальна стулка (трикуспідального клапану)

ССП (ME) – середньо-стравохідна позиція

ТГ (TG) – трансгастральний

ТК – трикуспідальний клапан

ТР – трикуспідальна регургітація

ТТЕхоКГ – трансторакальна ехокардіографія

УО – ударний об'єм

ЧС – черезстравохідний

ФСК – феномен спонтанного контрастування

ЧСЕхоКГ – черезстравохідна ехокардіографія

ЧСС – частота серцевих скорочень

ШВЛ – штучна вентиляція легень

ШКТ – шлунково-кишковий тракт

2D – двовимірний

3D - трьохвимірний

ASE – Американське ехокардіографічне товариство

AUC – критерії адекватності (доцільності) призначення

LAX – довга вісь, зріз по довгій осі

PISA – проксимальний ізошвидкісний потік

SAX – коротка вісь, зріз по короткій осі

Зміст

Вступ

Загальні рекомендації

Навчання та сертифікація

Показання для ЧСЕхоКГ

Ведення санації пацієнта

Санація та анестезія

Техніка введення датчика

Контроль за візуалізацією

Маніпуляція інструментами

Повноцінні обстеження та візуалізація

Середньо-стравохідні зрізи (ME)

Трансгастральні зрізи (TG)

Аортальні зрізи

Протокол 3D-ЧСЕхоКГ обстеження

Візуалізація окремих структур

МК

АК та аорта

КЛА

ТК

Оцінка розмірів та функції шлуночків

ЛП та легеневі вени

ПП та венозні комунікації

ВВСД: Алгоритми візуалізації під час ЧСЕхоКГ

Висновки

Література

Вступ

Черезстравохідна ехокардіографія (ЧСЕхоКГ) є критично важливим засобом серцево-судинної візуалізації. Наближеність стравоходу до більшості кардіальних структур та магістральних судин забезпечує неперевершене ультразвукове вікно, тому часто ЧСЕхоКГ надає цінну

додаткову та більш точну інформацію порівняно з трансторакальною (ТТЕхоКГ) ехокардіографією (ЕхоКГ) у певних пацієнтів з декількома специфічними діагнозами, а також при багатьох оперативних та катетерних кардіальних втручаннях. Вперше ЧСЕхоКГ була виконана в 1971 р. для визначення потоків в аорті (Ао) [1, 2]. Далі наступні публікації з'явилися про черезстравохідний М-режим [1, 3] в 1976 р. та про ЧСЕхоКГ в В-режимі з використанням механічного датчика – в 1977 р. [1, 4]. Сучасна ера ЧСЕхоКГ фактично розпочалася в 1982 р. з розробкою гнучких датчиків з фазовою кристалічною решіткою з можливістю маніпулювання кінчиком датчика [1, 5], на початку як одного горизонтально орієнтованого датчика (монопланового), далі – двох ортогонально орієнтованих площин сканування (біплановий датчик), і, нарешті – датчиків з можливістю налаштування площин сканування шляхом ротації під кутом 180° (мультипланові датчики). Нещодавно були розроблені та набули широкого розповсюдження черезстравохідні (ЧС) датчики та системи з можливістю відтворювання трьохвимірних (3D) зображень в режимі реального часу.

В 1999 р. Американське товариство ехокардіографії (ASE) та Товариство серцево-судинних анестезіологів (SCA) вперше опублікували Рекомендації з проведення повноцінної інтраопераційної мультипланової ЧСЕхоКГ [6, 7], що визначали набір 20 стандартних ЧС зрізів з метою забезпечення безперервності та відтворюваності в тренуванні, формуванні заключень, архівації даних та забезпечення якості візуалізації. Хоча ці рекомендовані інтраопераційні зрізи є загально всесвітньо широко прийняті в практиці, вони мають певні обмеження. Вони були розроблені саме для інтраопераційної візуалізації та не включають в перелік деякі зрізи, важливі в інших областях застосування ЧСЕхоКГ. Ці 20 зрізів не відносяться до будь-яких специфічних діагнозів, та не включають деякі зрізи, потрібні для адекватного обстеження при розповсюджених кардіологічних захворюваннях. В останні роки завдяки значному розвитку технологій ЧСЕхоКГ довела свою користь при широкому переліку клінічних ситуацій [8 – 13], включаючи застосування в операційній,

у відділенні інтенсивної терапії, в інтервенційних лабораторіях та амбулаторній практиці. Таким чином, ЧСЕхоКГ стала важливим інструментом візуалізації для кардіохірургів, анестезіологів, інтервенційних та клінічних кардіологів. Даний документ розроблений на основі світового досвіду сучасної ЧСЕхоКГ [1] спрямований бути керівництвом з виконання ЧСЕхоКГ в наступних ситуаціях:

1. Діагностична ЧСЕхоКГ: ЧСЕхоКГ, що виконується з приводу специфічного діагностичного питання.

2. Інтрапроцедурна ЧСЕхоКГ: ЧСЕхоКГ при хірургічних та інвазивних катетерних втручаннях.

Робоча група усвідомлює, що індивідуальні характеристики пацієнтів, анатомічні варіанти, певні патологічні риси або часові обмеження при виконанні ЧСЕхоКГ можуть лімітувати можливість виконання всіх описаних в даному документі аспектів повноцінного ЧС обстеження. Хоча початківець повинен шукати балансу між примхливо повним за об'ємом повноцінним обстеженням та доцільністю, досвідчений в ЧСЕхоКГ оператор є цілком здатним виконати описане в цьому документі обстеження за невеликий проміжок часу. Робоча група також визнає, що зовсім інші підходи та можливі ЧС зрізи також мають право на існування та можуть бути здатні надати подібну інформацію безпечно для пацієнта. Крім того, хоча дані Рекомендації містять запропонований рекомендований протокол отримання зображень, порядок та кількість зрізів може бути дуже різною залежно від різноманіття показань до ЧСЕхоКГ. При деяких показаннях щодо специфічних станів рекомендовані додаткові спеціальні зрізи, що описані в розділі «Візуалізація окремих структур» даного документу. Документ не ставить на меті перегляд специфічних показань до ЧСЕхоКГ або вичерпне описання всіх аномалій, які можуть бути візуалізовані за допомогою даного методу.

Дані рекомендації розподілені на наступні розділи:

1. Загальні рекомендації

- а. Навчання та сертифікація
- б. Показання для ЧСЕхоКГ
- в. Сedaція та анестезія
- г. Введення та маніпуляції датчиком
- 2. Повноцінне обстеження при ЧСЕхоКГ
 - а. Повноцінне обстеження в В-режимі
- 3. Візуалізація окремих структур підчас ЧСЕхоКГ
 - а. Візуалізація мітрального клапану (МК)
 - б. Візуалізація аортального клапану (АК) та аорти (Ао)
 - в. Візуалізація клапану легеневої артерії (КЛА)
 - г. Візуалізація трикуспідального клапану (ТК)
 - д. Оцінка розмірів та функції шлуночків
 - е. Візуалізація лівого передсердя (ЛП) та легеневих вен (ЛВ)
 - є. Візуалізація правого передсердя (ПП) та його венозних комунікацій
 - ж. Вроджені вади серця у дорослих (ВВСД): алгоритм візуалізації підчас ЧСЕхоКГ.

Загальні рекомендації

Навчання та сертифікація

Існує декілька опублікованих рекомендацій щодо навчання та підтримання рівня компетенції для лікарів, виконуючих ЧСЕхоКГ, сума яких наведена в Таб. 1 [1, 14 – 17]. ТТЕхоКГ є обов'язковою для кардіологів, що навчаються ЧСЕхоКГ, але не є обов'язковою для анестезіологів.

Демонстрація компетенції в ЧСЕхоКГ звичайно досягається успішним завершенням навчальної програми та складанням іспиту.

Наприклад, в США Національна організація ЕхоКГ, заснована в 1998 в співтоваристві з Американським товариством ехокардіографії (ASE) та Товариством кардіологічних анестезіологів (SCA), пропонує іспит та сертифікацію з ЧСЕхоКГ трьома шляхами: загальна діагностична ЕхоКГ, розширена періопераційна ЧСЕхоКГ та базова періопераційна ЧСЕхоКГ. Європейське товариство ехокардіографії (ESC) (зараз Європейська асоціація

серцево-судинної візуалізації, EACVI) разом з Європейською асоціацією кардіологічних анестезіологів пропонує сертифікацію з ЧСЕхоКГ шляхом тестування та подачі переліку самостійно виконаних досліджень, оцінених зовнішніми екзаменаторами. Принципи підтвердження сертифікації або акредитації з ЧСЕхоКГ розглядається в Положенні про клінічну компетенцію в ЕхоКГ Американського кардіологічного коледжу [18] та Рекомендаціях з постійного підвищення кваліфікації з періоперативної ЕхоКГ ASE та SCA [19], що також наведено в Таб. 1.

Мінімальні знання, потрібні для виконання та інтерпретації результатів ЧСЕхоКГ та періоперативної ЕхоКГ у дорослих, розглянуті в Положенні про клінічну компетенцію в ЕхоКГ АСС [18] та наведені в Таб 2 та 3. В Україні подібних документів до сьогодні не було розроблено та опубліковано.

Даний документ рекомендує максимально повне ЧСЕхоКГ обстеження в усіх можливих випадках та описує детально його методику згідно існуючих світових стандартів та рекомендацій [1].

Показання для ЧСЕхоКГ

ЧСЕхоКГ має багато задач в клінічній практиці. Показання можуть бути умовно розподілені на загальні та специфічні процедурні (інтраопераційний та інший процедурний контроль). Даний документ не стосується тільки базової періоперативної ЧСЕхоКГ, що не є повним обстеженням, що стосується виключно інтраопераційного контролю та оцінки причин нестабільності гемодинаміки, що вже було висвітлено в недавно опублікованих відповідних рекомендаціях [20]. Загальні показання до ЧСЕхоКГ перелічено в Таб. 4, але повний перелік всіх існуючих показань є просто неможливим внаслідок різноманіття захворювань та клінічних сценаріїв, при яких використовується ЕхоКГ. Показання до ЧСЕхоКГ включають оцінку морфології та функції кардіальних структур та магістральних судин в тих ситуаціях, коли знахідки підчас ЧСЕхоКГ здатні вплинути на ведення пацієнта, або якщо результати ТТЕхоКГ є неінформативними, або ТТЕхоКГ відкладено внаслідок високої вірогідності

її неінформативності. Ситуації, коли ТТЕхоКГ може бути неінформативною, включають (але не обмежуються) випадками потреби в детальній оцінці аномалій структур, що є за межами можливостей ТТЕхоКГ («дальнє поле»), таких як аорта (Ао) та вушко (ВЛП) лівого передсердя (ЛП), функція клапанних протезів, оцінка об'ємних утворень нативних клапанів, оцінка параклапанних абсцесів (як нативних клапанів, так і їхніх протезів), та різноманітні показання у критично хворих пацієнтів. Також візуалізація підчас ТТЕхоКГ може бути утрудненою у пацієнтів на штучній вентиляції легень (ШВЛ), із травмами грудної клітки, ожирінням та нездатних рухатися та повернутися на лівий бік.

Специфічні процедурні показання включають контроль за проведенням транскатетерних втручань та оцінку таких анатомічних та функціональних особливостей кардіальних структур, що можуть вплинути на проведення кардіохірургічного втручання. Хоча контроль за такими втручаннями може вимагати постійної візуалізації, звичайно інтраопераційна ЧСЕхоКГ типово вимагається перед запуском штучного кровообігу (ШК) та для оцінки виконаної операції після його припинення. Недавні практичні рекомендації, розроблені Американським товариством анестезіологів та Товариством кардіологічних анестезіологів [21], забезпечують базові рекомендації щодо відповідного використання периоперативної ЧСЕхоКГ з метою поліпшення хірургічних виходів на основі доказових даних застосування ЧСЕхоКГ. Ці специфічні процедурні показання включають використання ЧСЕхоКГ підчас обраних кардіохірургічних втручань, наприклад, клапанних та підчас хірургії Ао, так, як і підчас певних типах аорто-коронарного шунтування (АКШ), а також для контролю за проведенням катетерних внутрішньосерцевих втручань (включаючи закриття септальних дефектів та ВЛП та втручання з приводу аритмій), коли забезпечена загальна анестезія та не використовується внутрішньосерцевий ультразвук, коли у пацієнтів є відомою або існує підозра на серцево-судинну патологію, що може вплинути на прогноз, та у пацієнтів в умовах інтенсивної терапії та реанімації, коли

діагностичну інформація не може бути отримана підчас ТТЕхоКГ, а сама інформація має вплинути на тактику лікування.

Нещодавно були розроблені «критерії адекватності (доцільності) призначення» («appropriate use criteria» - (AUC) для засобів візуалізації. Задача розробки AUC полягає в класифікації клінічних ситуацій для визначення, чи є адекватним або неадекватним призначення методів діагностики або діагностичних процедур, таких як ЧСЕхоКГ. Хоча AUC для ЧСЕхоКГ в опублікованих на сьогодні документах не є вичерпними, вони, втім, ідентифікують найбільш типові сценарії з рутинної практики. Найбільш «свіжа» версія AUC для ЕхоКГ [22] наводить лише 15 клінічних сценаріїв для ЧСЕхоКГ, як метода першої лінії, та не враховує можливі інтраопераційні показання. Автори цих критеріїв доцільності визнають, що їх перелік сценаріїв не є вичерпним, та що деякі з сценаріїв, що визнані адекватними для ТТЕхоКГ також можуть бути адекватними і для ЧСЕхоКГ. Перелік градації критеріїв за AUC наведений в Таб. 5. Зважаючи на широкий спектр показань до ЧСЕхоКГ та потенційного надмірного або необов'язкового його використання, підхід використання AUC є доцільною методологією при розгляді показань до ЧСЕхоКГ. Хоча методологія AUC буде постійно змінюватися, як і термінологія, що описує доцільність призначення ЧСЕхоКГ, загальні концепції та рекомендації поки лишаються незмінними [23]. Комісія з акредитації між товариствами США зробила заяву, що «... в межах програми безперервного підвищення якості медичні заклади, що здійснюють ехокардіографічну візуалізацію повинні застосовувати визначення критеріїв доцільності, що є опублікованими та/або прийнятими медичними громадськими організаціями... Документація з визначення AUC буде обов'язковою вимогою для акредитації таких закладів.» [24]. Така позиція була б, безсумнівно, корисною і для України, що усвідомлює наша Робоча група.

Розуміння та дотримання показань та протипоказань до ЧСЕхоКГ є лише одним з аспектів забезпечення високого рівня якості, якої бажано

досягати в практиці. Безпека ЧСЕхоКГ була задокументована в багатьох дослідженнях [8, 25, 26], а ризики ускладнень, пов'язаних з ЧСЕхоКГ, не так давно передивлялися [27]. В Таб. 6 наведені відносні та абсолютні протипоказання до ЧСЕхоКГ. У пацієнтів з відносними протипоказаннями до проведення ЧСЕхоКГ необхідність його виконання має оцінюватися суто індивідуально з ретельною оцінкою потенційних плюсів та мінусів від проведення процедури із зваженим підходом до відповідних мір, таких як запобігання введення датчика далі середини стравоходу, обмеження маніпуляцій датчиком, та ін. У будь-якому разі переваги від проведення ЧСЕхоКГ мають перевищувати потенційні ризики процедури. У будь-якій ситуації, коли є питання про можливі симптоми або патологію з боку шлунково-кишкового тракту (ШКТ), що можуть представляти потенційний ризик для проведення ЧСЕхоКГ, дуже рекомендується консультація та схвалення гастроентеролога. Деякі процеси та системні захворювання можуть впливати на консистенцію тканин стравоходу, створюючи підвищений ризик для його перфорації. Ці стани включають променеву експозицію, склеродермію та ахалазію. Перед розглядом можливості ЧСЕхоКГ слід оцінити важкість процесу, щоб визначити, чи є протипоказання до ЧСЕхоКГ абсолютними або відносними.

Ускладнення ЧСЕхоКГ є варіабельними залежно від умов проведення (інтраопераційна або амбулаторна) [27] та розмірів датчика, що використовується. Частковий перелік даних про частоту можливих ускладнень згідно даних літератури наведений в Таб. 7 [8, 25, 26, 28 – 32].

Перегляд всіх аспектів якості виконання ЧСЕхоКГ лежить за межами задач даного документу. Існують специфічні рекомендації з якості роботи та структури кабінетів ЧСЕхоКГ, включаючи обладнання, тренінг та сертифікацію персоналу, а також процес проведення обстеження (відбір пацієнтів, отримання зображень, передача результатів) та оцінку якості обстеження [33].

Ведення сесії пацієнта

ЧСЕхоКГ є напівінвазивною процедурою з чітко визначеними критеріями підготовки персоналу [16]. Існує три групи пацієнтів, про які слід пам'ятати при обговоренні ведення седації для індивіда, якому показана ЧСЕхоКГ: 1) свідомі пацієнти (амбулаторні або стаціонарні); 2) пацієнти на ШВЛ в умовах відділення інтенсивної терапії та 3) пацієнти під анестезією в умовах операційної. Даний розділ фокусується на пацієнтах, яким ЧСЕхоКГ виконується в умовах ЕхоКГ кабінету в стані свідомої седації. В усіх трьох групах для забезпечення безпечного проведення дослідження необхідна попередня оцінка та планування. Практичні рекомендації з седації та анальгезії лікарем, що не є анестезіологом [7, 34], надають визначення помірної седації як цілеспрямованої відповіді на вербальну або тактильну стимуляцію із спонтанним диханням без потреби підтримки прохідності дихальних шляхів (напр., виведення нижньої щелепи). Рекомендації Комісії з аккредитації між товариствами США враховують це в своїх вимогах до сертифікації лабораторій ЧСЕхоКГ у дорослих [24]. Організації з аккредитації лікарень та інших лікувальних закладів визнають певні стандарти виконання досліджень щодо політики седації, персоналу лабораторії та обладнання.

Після підтвердження адекватних показань та отримання направлення на обстеження, пацієнт може бути запланований до ЧСЕхоКГ. Переважна більшість ЧСЕхоКГ обстежень в світі виконується у пацієнтів в стані седації, типово за стандартом помірної седації. Пацієнти, скеровані на обстеження з седацією мають утримуватися від вживання їжі та напоїв (за винятком чистих рідин) мінімум за 6 годин до запланованого обстеження, а також утриматися від прийому будь-чого за 3 години до обстеження [35].

Пацієнти з уповільненим опорожненням шлунку та іншими факторами ризику аспірації можуть потребувати довшого періоду натщесерце або призначення перед обстеженням таких препаратів, як метоклопрамід, з метою мінімізації ризиків аспірації резидуальним шлунковим вмістом. Пацієнти звичайно можуть прийняти свої ліки за звичним графіком згідно призначень, запивши невеликим ковтком води. Перед проведенням ЧСЕхоКГ

слід забезпечити внутрішньовенний доступ, при чому рекомендується доступ на лівій руці для забезпечення введення ультразвукових контрастів за потреби оцінки наявності внутрішньосерцевих шунтів. Ця рекомендація базується на високій частоті (до 4,3% популяції, що скеровується на кардіологічні обстеження) персистуючої лівої верхньої порожнистої вени (ВПВ) [26, 37]. В інших випадках можна використовувати праву руку, особливо у випадках, коли пацієнт займає положення на лівому боці. Типово прийнятним є катетер з просвітом 20.

Лікар має також провести скринінг щодо потенційних медичних проблем, що можуть збільшити потенційні ризики седації. Рекомендується використовувати класифікацію фізичного статусу пацієнта Американського товариства анестезіологів як частину передпроцедурного скринінгу (Таб. 8). При відповідності пацієнта статусу 3 або вище згідно цієї класифікації рекомендовано використовувати телеметрію на додаток до стандартного моніторингу, внаслідок того, що у таких пацієнтів існує вищий ризик кардіальних та легеневих ускладнень. Має бути також зібраний алергологічний анамнез, як і анамнез щодо вживання медикаментів та алкоголю або рекреаційних препаратів, які б могли вплинути на ефективність та об'єм седації.

Кабінет, де проводиться обстеження, має бути достатньо великим, щоб вміщати весь необхідний персонал, кушетку для пацієнта, засоби моніторингу та ехокардіографічне обладнання. Кабінет має бути обладнаним джерелом кисню та апаратурою для відсмоктування. Обладнання для забезпечення прохідності дихальних шляхів (ендотрахеальні трубки та ларингоскопи) на випадок гострої респіраторної недостатності та медикаменти для надання невідкладної допомоги за протоколом серцево-судинної підтримки мають бути в близькій досяжності. Крім того, за необхідністю мають бути доступні метилен, флумазеніл та налоксон.

Крім оцінки загального стану здоров'я слід також провести огляд дихальних шляхів з метою удосконалення, що пацієнт не належить до

категорії високого ризику порушення прохідності дихальних шляхів під час седації. Анестезіологам рекомендовано використовувати класифікацію дихальних шляхів за Маллампаті [22] для оцінки пацієнтів перед призначенням будь-якої анестезії, включаючи свідому седацію, хоча вона і не є досконалою. У більшості випадків дихальних шлях типу I є легким для проведення штучної вентиляції маскою та інтубації. Тип IV є важким для вентиляції та інтубації.

На додаток до описаних оцінок клініцист має удосконалитися в адекватному об'ємі рухів шиї та відкритті рота пацієнта. У пацієнтів з ожирінням та пацієнтів з обмеженням рухливої здатності шиї відстань між нижньою щелепою та під'язиковою кісткою є меншою за три пальці, що асоціюється з утрудненням вентиляції маскою та інтубації пацієнта. Перед введенням седатиків слід розрахувати бали за модифікованою шкалою Aldrete score (Таб. 9) [38]. Свідомі седації типово визначаються кількістю балів від 9 до 10, в той час як стан пацієнта <9 визначає надлишкову седацію. Пацієнт має прийти до вихідного стану перед тим, як покинути зону відпочинку ЕхоКГ кабінету. Навіть короткодійні препарати не метаболізуються ще декілька годин, тому амбулаторні пацієнти мають не сидати за кермо після обстеження, потребуючи супроводу близьких, хто може провести їх додому. Лікувальні заклади, де проводиться ЧСЕхоКГ мають мати відповідні протоколи свідомої седації, а медичний та технічний персонал має слідувати цим протоколам, включаючи постійне безперервне навчання для забезпечення оптимального надання допомоги пацієнтам. Має бути наявний адекватний персонал для забезпечення моніторингу пацієнта та введення седативних засобів. В багатьох лікувальних закладах для цього достатньо середнього анестезіологічного персоналу.

Моніторинг під час свідомої седації як мінімум потребує оцінки частоти серцевих скорочень (ЧСС), неінвазивного моніторингу артеріального тиску (АТ), частоти дихання та сатурації кисню. Слід уникати значних коливань АТ та ЧСС, особливо у випадках проведення ЧСЕхоКГ з приводу

гемодинамічних порушень, на які можуть вплинути зміни АТ та ЧСС (напр., клапанні стенози або недостатність). Проведення капнографії є дуже рекомендованим під час свідомої седації та у всіх пацієнтів з ризиком респіраторних ускладнень. В умовах глибокої седації та анестезії вона є обов'язковою.

Під час процедури слід періодично оцінювати життєві показники, сатурацію кисню та медичну стабільність пацієнта з реєстрацією в медичній документації. Життєві показники мають моніторуватися постійно до їх повернення до вихідного рівня перед процедурою. Сатурація кисню оцінюється на виході без дачі кисню протягом процедури та після пробудження пацієнта від седації. Також необхідно забезпечити пацієнта інструкціями щодо поведінки після процедури, зокрема щодо станів, потребуючих спостереження. Слід переконатися, що пацієнт знає, з ким контактувати у випадку ускладнень або додаткових питань.

Седація та анестезія

Наступний розділ є переглядом сучасних існуючих практичних підходів до седації та анестезії під час виконання повноцінної ЧСЕхоКГ. Слід розуміти, що організації, що займаються акредитацією лікарень та лікувально-діагностичних закладів, знайомі із стандартами, пов'язаними з процедурами седації, вимогами до персоналу та обладнанням, та з тим, що в кожному закладі можуть існувати власні стандарти та протоколи. Наступний розділ носить характер рекомендацій та не може замінити локальні встановлені стандарти.

Свідомі пацієнти звичайно отримують локальну анестезію орально-фарингеальної слизової оболонки перед введенням седативних засобів. Типово застосовують лідокаїн, бензокаїн або кетакаїн. Хоча це і загальноприйнята практика, доказові дані щодо ефективності локальної анестезії при ендоскопічних обстеженнях є дещо суперечливими [39]. Рандомізоване подвійне сліпе плацебо-контрольоване дослідження ізольованої топічної фарингеальної анестезії без внутрішньовенної седації

підчас ендоскопії показало зниження дискомфорту, асоційованого з інтубацією порівняно з плацебо, але тільки у молодших пацієнтів та тих, кому інтубація проводилася вперше [40]. Багато проспективних досліджень з реакцій пацієнтів [41] та толерантності до процедури [42] свідчать на користь використання локальної анестезії. Локальної анестезії можна досягти багатьма засобами з використанням спреїв, полоскання, змазування або пастилок. Smith та співав. [43] припускають, що хоча будь-який засіб нанесення анестезії є однаково ефективним, адміністрація спрею є кращою з точки зору суб'єктивних вражень пацієнтів. Кожна з методик має свої переваги та недоліки. Використання спрею дозволяє пряме нанесення анестетику на задню стінку глотки. Однак при цьому може виникнути ненавмисне вдихання з неконтрольованим кашлем або анестезією гортані, що збільшує ризик аспірації. Аплікація гелю знижує абсорбцію анестетика, але може призвести до анестезії всієї ротової порожнини та глотки. Не слід недооцінювати взаємодію між лікарем та пацієнтом та ефективність вербальної седації. Ризик метгемоглобінемії при надмірному використанні бензокаїну є рідкісним явищем (0,07 – 0,12%), що можливо пов'язане з декількома клінічними факторами, включаючи вік, дозу медикаменту, ферментну недостатність, порушення харчування, ерозії слизової оболонки, госпіталізацію, сепсис та анемію [44, 45]. Ознаки та симптоми метгемоглобінемії (рівень метгемоглобіну $>1,5\%$) включають задишку, нудоту, тахікардію, ціаноз та падіння сатурації кисню за даними пульсоксиметрії. Артеріальна кров при підвищенні рівню метгемоглобіну має характерний шоколадно-коричневий колір порівняно з нормальним яскраво-червоним кольором нормальної артеріальної крові, багатой киснем. Лікування цього набутого стану є обов'язковим, тому що при важкій метгемоглобінемії (рівень метгемоглобіну $>55\%$) у пацієнтів розвивається летаргія, ступор та порушення свідомості. Більш високі рівні метгемоглобіну ($>70\%$) можуть призвести до життєво небезпечних аритмій, циркуляторних розладах, депресії функції центральної нервової системи та смерті [46].

Метгемоглобінемія лікується дачею кисню та повільним внутрішньовенним введенням 1% розчину метиленового синього (10 мг/мл) в дозі 1 – 2 мг/кг маси тіла протягом 5 хвилин з послідуєчим болюсним введенням фізіологічного розчину [46]. Відмітьте, що введення метиленового синього асоціюється з серотоніновим синдромом у пацієнтів, що приймають інгібітори зворотного захоплення серотоніну, тому слід уникати його введення у цих пацієнтів. Адекватна локальна анестезія язика, піднебіння, міндалін та задньої стінки глотки забезпечує більш легкий пасаж датчика та мінімізує кількість внутрішньовенних седатиків. Пацієнт під загальною анестезією локальної анестезії не потребує. Пацієнти на ШВЛ у відділенні інтенсивної терапії та реанімації можуть потребувати локальної анестезії, оскільки у них також вона може зменшити або усунути потребу в седативних препаратах. У деяких пацієнтів можливо проведення ЧСЕхоКГ без седації, тому що вони непогано її толерують при адекватній локальній анестезії глотки.

Найчастіше з седатиків використовують бензодіазепіни внаслідок їх анксиолітичних властивостей. Препаратом вибору першої лінії для більшості випадків ЧСЕхоКГ є мідазолам. Мідазолам має швидкий початок (1 – 2 хв.) та короткій термін (типово 15 – 30 хв.) дії, а також забезпечує кращу амнезію порівняно з іншими бензодіазепінами.

Також придатними є діазепам та лоразепам, але вони мають довший термін дії, що, відповідно, буде приводити до більшого часу до відновлення вихідного статусу пацієнта. Бензодіазепінів слід уникати при вагітності, зокрема, особливо в першому триместрі, внаслідок відомого ризику вад розвитку плоду. Режими дозування базується на анамнезі пацієнта та на загальному стані його здоров'я. Пацієнти похилого віку мають більш високий ризик розвитку делірію та спутаної свідомості, тому бензодіазепіни в цій групі слід вживати з обережністю. У слабких та похилого віку пацієнтів, що не знаходяться на хронічних режимах терапії бензодіазепінами слід використовувати маленькі початкові дози мідазоламу з поступовим

нарощуванням дози до досягнення необхідного рівня седації та анксіолізу. Бензодіазепінів можна уникнути за рахунок адекватної локальної анестезії, низьких доз анальгетиків та при добрій взаємодії пацієнта з медичними працівниками. Більшість закладів в місцевих протоколах мають певні максимальні дози незалежно від досягнутого рівня седації, після яких вимагається консультація з анестезіологом. Опіати часто використовуються як допоміжні засоби в ході ЧСЕхоКГ для відтермінування відчуття дискомфорту від введення та маніпуляцій датчиком. Опіати та бензодіазепіни є синергістами, тому при їх одночасному призначенні потрібна обережність. Найбільш частими препаратом цієї групи для седації є фентаніл та меперідин, хоча в останній час частота використання меперідину знизилася внаслідок більш високої частоти пригнічення спонтанного дихання та протипоказань до його застосування у пацієнтів з нирковою недостатністю внаслідок накопичення активних метаболітів. Опіати взагалі підвищують ризик респіраторних порушень, нудоти та блювання. У слабких та похилого віку пацієнтів початкова доза опіатів має бути розділена вдвічі.

Пацієнтів, що тривало отримують бензодіазепіни та опіати, слід інструктувати прийняти їх звичайну дозу препарату перед процедурою. При цьому слід бути готовими до більш високої толерантності, що частіше викликає необхідність в більш високій стартовій дозі та загальній дозі седатиків протягом дослідження.

Пропофол є внутрішньовенним седативним гіпнотиком, що типово не використовується неанестезіологами внаслідок високого ризику апное, що асоціюється з необхідністю титрації та необхідністю можливої штучної вентиляції. Переваги пропофолу для седації при ЧСЕхоКГ та ендоскопічних процедурах, не зважаючи на його відносно високу вартість, полягають в швидкій седації та відновленні свідомості з меншими затяжними пов'язаними з седацією побічних дій та у відсутності збільшення серцево-легеневих ускладнень порівняно з комбінаціями бензодіазепінів та наркотиків [47]. Але його використання під час ЧСЕхоКГ потребує координації с

анестезіологічними службами. Економічна доцільність та ефективність використання пропофолу порівняно з традиційними засобами седації до сьогодні доказово не вивчалася.

Внутрішньовенні антагоністи при передозуванні седатиків доступні для бензодіазепінів (флумазеніл) та опіатів (налоксон). Для пропофолу синтетичних антагоністів не існує. Початковою дозою флумазенілу є 0,2 мг з додатковими дозами 0,2 мг кожну хвилину до досягнення блокувального ефекту. Існує ризик судом, пов'язаних з абстиненцією, у пацієнтів, що тривало вживають бензодіазепіни. Термін дії флумазенілу складає 10 – 15 хв., тому пацієнта слід моніторувати ≥ 30 хв. після використання цього препарату, щоб удосконалитися, що не настала повторна седація. Доза налоксону при апное внаслідок дії наркотиків становить 0,4 мг. Для пацієнтів, у яких бажано досягнути лише часткового припинення дії опіату, доза може бути зменшена. Початкова доза складає 0,1 мг з поступовим додаванням додаткової дози кожну хвилину до досягнення частоти дихання >12 на хв. та повернення пацієнта до спонтанного дихання та адекватного рівня свідомості.

Техніка введення датчика

Після адекватної локальної анестезії до введення седативних засобів на місце в роті пацієнта слід помістити загубник для ендоскопії («bite block»). Типово пацієнт лягає на лівий бік, а ехокардіографіст стоїть лицем до пацієнта з лівого боку кушетки. Перед введенням датчика ехокардіографіст має перевірити датчик на будь-які наявні ушкодження, удосконалитися в справній функції датчика та в тому, що датчик знаходиться в розімкнутій позиції. Черезстраховідні ехокардіографічні датчики вводяться по задній стінці глотки, що може вимагати легкої антефлексії датчика. Пацієнта просять створити ковток, тобто проковтнути датчик, після чого датчик просувається вперед в нейтральній позиції по мірі ковтка пацієнта. Під час цього маневру слід удосконалитися, що датчик знаходиться в нейтральній позиції та по середній лінії глотки, що запобігти потраплянню датчиком в задню черепну ямку. З загубником *in situ* безпечно ввести один або два

пальці в ротову порожнину пацієнта та направити датчик уздовж середньої лінії та притиснути вниз язика, якщо він блокує його проходження. Дуже невеликий відсоток пацієнтів не може перенести введення датчика навіть в стані помірної седації. При потребі в глибокій седації або при очікуваній нестабільності гемодинаміки, або при наявному анамнезі проблем у досягненні адекватної седації при попередніх обстеженнях, розумно попросити допомоги анестезіолога та зважити необхідність більш інтенсивного моніторингу під час обстеження (напр., палата відновлення після наркозу або інтенсивної терапії).

Пацієнти, що потребують ЧСЕхоКГ під час втручання, звичайно знаходяться під загальною анестезією та інтубовані. Пацієнти в відділенні інтенсивної терапії на штучній вентиляції як правило потребують певної седації для введення датчика. Локальна анестезія у таких пацієнтів також може бути доцільною. Введення датчика у інтубованих пацієнтів потребує інших маніпуляцій, ніж у свідомого пацієнта, при цьому потрібна обережність щодо попередження зсуву ендотрахеальної трубки. Звичайно введення датчика в таких випадках слід проводити сумісно з анестезіологом. Надмірні рухи голови можуть зсунути ендотрахеальну трубку, тому датчик слід вводити так само, як це робиться в операційній, після чого пацієнт вже може бути повернутий на лівий бік для забезпечення кращої візуалізації під час обстеження.

Застосування загубника рекомендоване навіть пацієнтам під загальною анестезією.

В операційній пацієнт протягом оперативного втручання лишається лежачи на спині. Тому черезстравохідний датчик типово вводиться з головного кінця з легкою антефлексією датчика. В цих випадках загубник не слід вставляти перед введенням датчика, тому що це може призвести до зсуву язика назад та обструкції шляху для датчика.

Виведення нижньої щелепи вперед та каудально звичайно відкриває рот та призводить до зсуву язика вперед, що дозволяє рівне просування датчика.

Для правильного введення датчика можна використовувати ларингоскоп або пальці, якими можна направляти датчик у пацієнтів під анестезією. Оскільки в таких випадках загубник не використовується, слід бути переконаним, що пацієнт знаходиться під глибокою анестезією або міорелаксантами перед введенням пальців в ротову порожнину пацієнта.

По завершенні ЧСЕхоКГ обстеження амбулаторного пацієнта життєві показники повинні повернутися до вихідних в межах не більше 10% відхилення для того, щоб пацієнта можна було безпечно виписувати додому або у відділення. Для оцінки відновлення ментального статусу після седації рекомендовано використовувати модифіковану шкалу Aldrete. Пацієнти мають утримуватися від прийому будь-чого («нічого в роті») ≥ 1 години до повної метаболізації локальних анестетиків та седатиків для профілактики аспірації. У випадках одиофагії або дисфагії, що триває більше 1 дня пацієнти мають подзвонити їх лікуючому лікарю внаслідок реального, хоча й низького, ризику травмування м'яких тканин або стравоходу підчас ЧСЕхоКГ.

Контроль за візуалізацією

Лікарі, що виконують ЧСЕхоКГ, мають бути добре знайомими з управлінням ультразвуковим апаратом та оптимізацією якості ультразвукового зображення. Підчас візуалізації серця при ЧСЕхоКГ датчик спочатку пересувається у бажану позицію в стравоході або шлунку. Отримання зображень досягається спостереженням за зображеннями, що з'являються, по мірі здійснення маніпуляцій датчиком, не дуже покладаючись на мітки глибини на датчику або на позначку кута площини сканування на екрані. Хоча в даному документі наведені найбільш типові позиції датчика та кут площини сканування для кожного стандартного зрізу, остаточне налаштування зображення базується на тих анатомічних структурах та їх синтопії, що виникають на екрані. Визнано, що існують певні індивідуальні варіації анатомічних взаємовідносин (синтопії) стравоходу та серця. У деяких пацієнтів стравохід прилягає до латеральної частини

атріовентрикулярної борозни, в той час як у інших він проходить безпосередньо позаду лівого передсердя (ЛП). Це звичайно приймалося до уваги при розробці стандартних ультразвукових черезстравохідних зрізів. По можливості кожна структура має досліджуватися з різних зрізів та більш з ніж однієї позиції датчика. Стандартне мультипланове ЧСЕхоКГ обладнання відтворює зображення в В-режимі (томографічні зрізи). Маніпуляція датчиком потрібна для того, щоб провести площину сканування через весь кардіальний об'єм з отриманням повного трьохвимірного уявлення про всі структури, що візуалізуються, для повноцінного обстеження.

З недавньою розробкою 3D черезстравохідних датчиків одночасне отримання зображень з багатьох площин сканування (зрізів) дозволяє отримувати трьохвимірні зображення в режимі реального часу.

Маніпуляція інструментами

Термінологія, що використовується для описання чотирьох шляхів маніпуляції датчиком під час отримання зображень описана на Рис. 1. При цьому передбачається, що пацієнт лежить на спині в стандартній анатомічній позиції, а площина сканування спрямована вперед від стравоходу через серце. Зважаючи на положення серця, наверх означає в напрямку голови, вниз – в напрямку ніг, назад – в напрямку хребта, а вперед – в напрямку груднини. Терміни «вправо» та «вліво» визначають відповідні боки пацієнта, за винятком випадків описання зображення на дисплеї. По-перше, датчик можна проводити дистально на певну глибину в нижню третину стравоходу або шлунок. Це визначається як просування або просунення датчика, після чого кінчик датчика можна потроху виводити в протилежному напрямку проксимальніше, що визначається як виведення або висунення датчика. По-друге, головку датчика можна мануально повертати вправо та вліво. Ротація головки датчика по часовій стрілці в стравоході вправо визначається як повернення вправо, проти часової стрілки – як повернення вліво. По-третє, головку датчика можна вигинати в чотирьох різних напрямках з використанням двох контрольних колес (верньєрів), що знаходяться на

рукоятці датчика. Великий верньєр використовується для ротації головки в передньо-задньому напрямку, а менший – для поворотів вправо-вліво. Згинання головки датчика вперед великим верньєром визначається як антефлексія, назад – як ретрофлексія. При направленні датчика вперед згинання датчика вправо маленьким верньєром – це флексія вправо, відповідно, згинання вліво – вліво. Ця термінологія зберігається також при ротації датчика, коли він поверхнею дивиться не вперед, а назад. Флексію (згинання) вправо або вліво слід відрізняти від повороту (ротації) датчика вправо або вліво. Поворот датчика вправо відповідає ротації по часовій стрілці, а вліво – проти часової стрілки. При просуванні або виведенні датчика не має бути надмірної флексії в будь-якому напрямку. Це мінімізує тиск на стінку стравоходу та знижує ризик його травми. Нарешті, можлива електронна ротація площини сканування від 0 до 180° шляхом натиснення відповідних кнопок на рукоятці датчика. Це визначається як ротація площини сканування вперед. Ротація площини сканування в зворотному напрямку до 0° визначається як ротація назад.

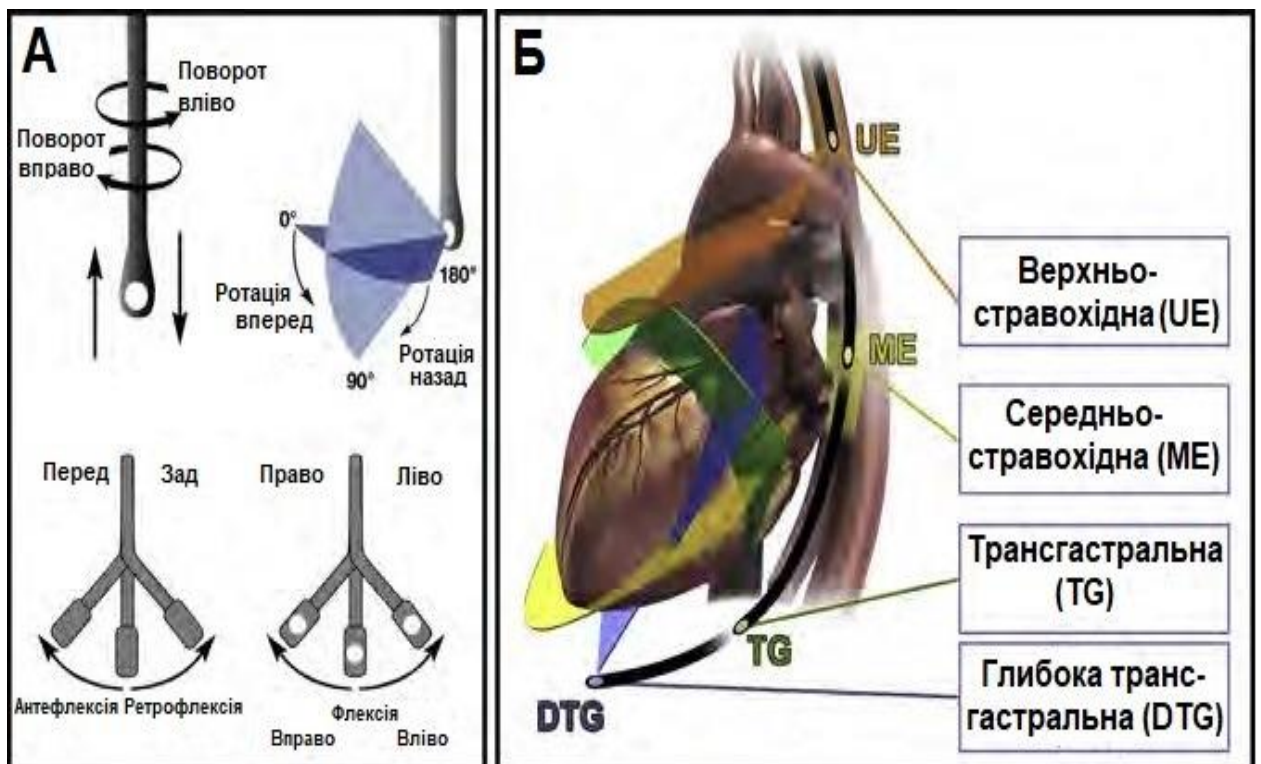


Рис. 1. Термінологія, що використовується для описання маніпуляцій датчиком для ЧСЕхоКГ підчас отримання зображень. А. Термінологія, що

використовується при маніпуляції датчиком. Б. Чотири стандартні позиції ЧС датчика в стравоході та шлунку та асоційовані ультразвукові зрізи [1].

Традиційне відображення зрізів, що отримуються підчас ЧСЕхоКГ (Рис. 2) описані в попередніх рекомендаціях [6]. Зображення традиційно відображаються з локалізацією верхнього сектору сканування в верхній частині екрану («ближнє поле» ближче до датчика, а «дальнє поле» сканування – внизу екрану). При куті сканування 0° (горизонтальна або поперечна площина) площина сканування спрямована вперед від стравоходу до серця, а правий бік пацієнта орієнтований в лівому боці сектора сканування («дзеркальне відображення», Рис. 2А). Ротація площини сканування вперед до 90° (вертикальна або повздовжня площина) пересуває лівий сектор сканування вниз в напрямку хребта (Рис. 2Б). Таким чином, ротація площини сканування відбувається «проти часової стрілки», як видно зі схеми, яка типово відображується на екрані поруч із сектором сканування. Ротація площини сканування на 180° поміщає лівий бік пацієнта в лівий сектор сканування, що є, таким чином, дзеркальним відображенням зрізу на 0° (Рис. 2В).

Одночасна мультипланова візуалізація є властивістю унікальних сучасних мактриксних датчиків, що дозволяє використовувати подвійне сканування з одночасним відображенням двох ортогональних (перпендикулярних) площин сканування в В-режимі. Перше (первинне) зображення є референтним зображенням, а друге типово повернуто на 90° відносно первинного. Це друге зображення, втім може бути модифікованим, тобто відображеним оператором у будь-якій проекції під кутом від 0 до 180° відносно первинного зображення. Ортогональне зображення під кутом 90° орієнтовано як повернуте від первинного зображення вперед. Таким чином, як тільки первинне зображення досягає кута ротації площини 90° , ортогональне мультипланове друге зображення буде відображатися як «перевернуте» первинне. На Рис. 3 представлена одночасна мультипланова

візуалізація стандартних первинних зрізів лівого шлуночка (ЛШ) та асоційовані вторинні зрізи. Внаслідок різниці у ротації підчас одночасної мультипланової візуалізації порівняно з одноплановим відображенням слід приділяти особливу увагу орієнтації вторинного зображення з метою точності відображення анатомії.

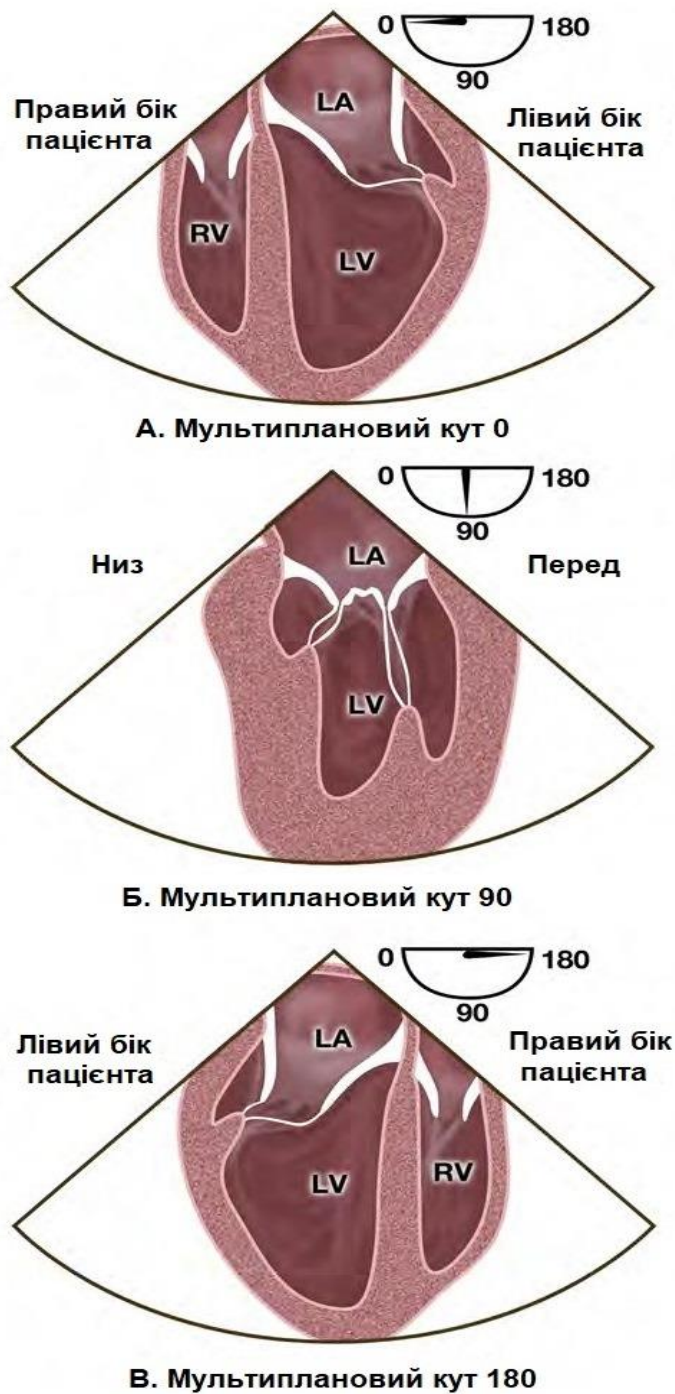


Рис. 2. Конвенційне відображення ЧСЕхоКГ зрізів в В-режимі. Положення датчика та «ближнє поле» (вершина зображення) сектору сканування знаходяться зверху екрана, а «дальнє поле» внизу. А. Зріз при

орієнтації кута датчика 0° . Б. Зріз при орієнтації кута датчика 90° . В. Зріз при орієнтації кута датчика 180° . LA – ЛП; LV – лівий шлуночок (ЛШ); RV – правий шлуночок (ПШ). Модифіковано за Shanewise та співав. [7].

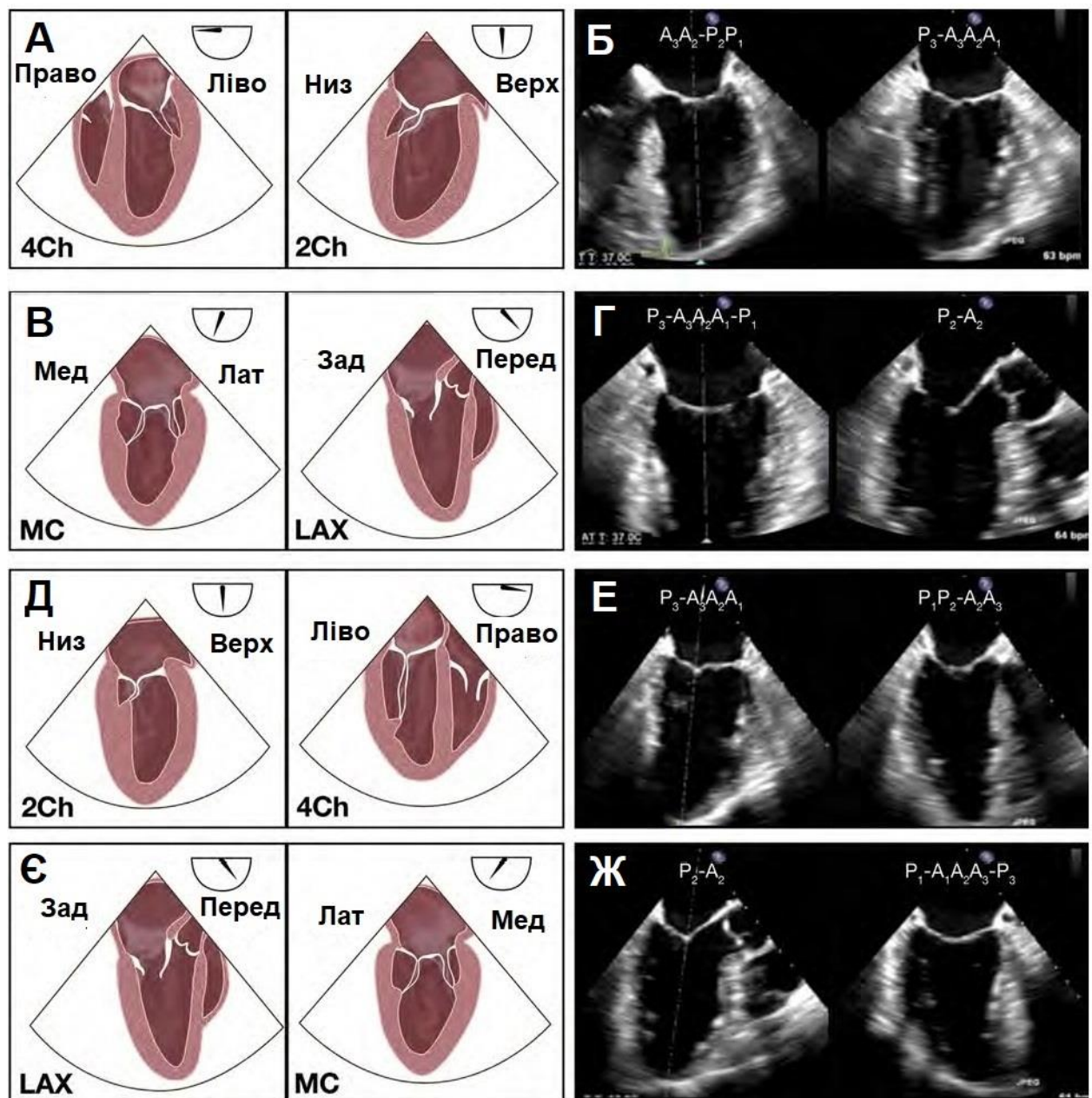


Рис. 3. Відображення мультипланової ЧСЕхоКГ візуалізації. Одночасна візуалізація дозволяє використання подвійного екрану для одночасної візуалізації двох зрізів в В-режимі в режимі реального часу. На даних прикладах первинне зображення (зліва на кожній з панелей) є референтним, а вторинне зображення (справа на кожній з панелей) є ортогональним (повернутим на 90°) до первинного, хоча для другого зображення може теоретично бути встановлений будь-який кут. Типово ортогональний

вторинний зріз на 90° орієнтований, ніби ротація відбулася по часовій стрілці, тому для деяких зрізів воно виглядає як «дзеркальне» відносно однопланових первинних зображень інших зрізів. (А, Б) Первинний зріз – ССП, 4-камерний зріз. (В, Г) Первинний зріз – ССП, зріз через комісури мітрального клапану (МК). (Д, Е) Первинний зріз – ССП, 2-камерний зріз. (Є, Ж) Первинний зріз – ССП, зріз по довгій осі ЛШ [1].

Повноцінні обстеження та візуалізація

Попередні рекомендації ASE та SCA описували техніку отримання 20 зрізів для повноцінної інтраопераційної ЧСЕхоКГ [6]. З розвитком технології та збільшенням показань для ЧСЕхоКГ кількість зрізів, необхідних для досконалого повного ЧСЕхоКГ, в т.ч. інтраопераційного, значно зросла.

Повноцінне ЧСЕхоКГ обстеження може бути виконано з використанням трьох основних позицій датчика на трьох рівнях його положення в верхніх відділах ШКТ (Рис. 3Б): середньо-стравохідної (ССП, ME), трансгастральної (ТПП, TG), та верхньо-стравохідної (ВСП, UE) позицій. До попередніх зрізів додано вісім додаткових зрізів, що включають множинні зрізи всіх чотирьох клапанів по довгій (LAX) та короткій (SAX) осі, всіх чотирьох камер та магістральних судин (Таб. 10). Використання технології 3D, що дозволяє багатопланову візуалізацію, в майбутньому обіцяє можливу розробку нових можливостей в отриманні зображень.

Нижче описана послідовність повноцінної ЧСЕхоКГ, що рекомендується. Клінічні показання до ЧСЕхоКГ мають бути первинною детермінантою того, які зрізи повинні отримуватися в першу чергу, як і з якого рівня починати обстеження. Важливо розуміти, що додаткові зображення, окрім описаних 28 зрізів, також можуть бути необхідними для повноцінної візуалізації та оцінки специфічних окремих структур. Крім того, ступінь ротації площини сканування, описана в даних рекомендаціях є досить приблизною, та для досягнення оптимальної візуалізації та рекомендованого зображення можуть знадобитися додаткові маніпуляції,

такі як права або ліва флексія, антефлексія або ретрофлексія, та додатковий мануальний поворот датчика. Наступний розділ «Візуалізація окремих структур» описує деякі з цих додаткових зрізів. Крім того, в наступній дискусії детально описується нормальна анатомія МК щодо його відділів та сегментів згідно класифікації за Carpentier та співав. [48] (Рис. 4.).

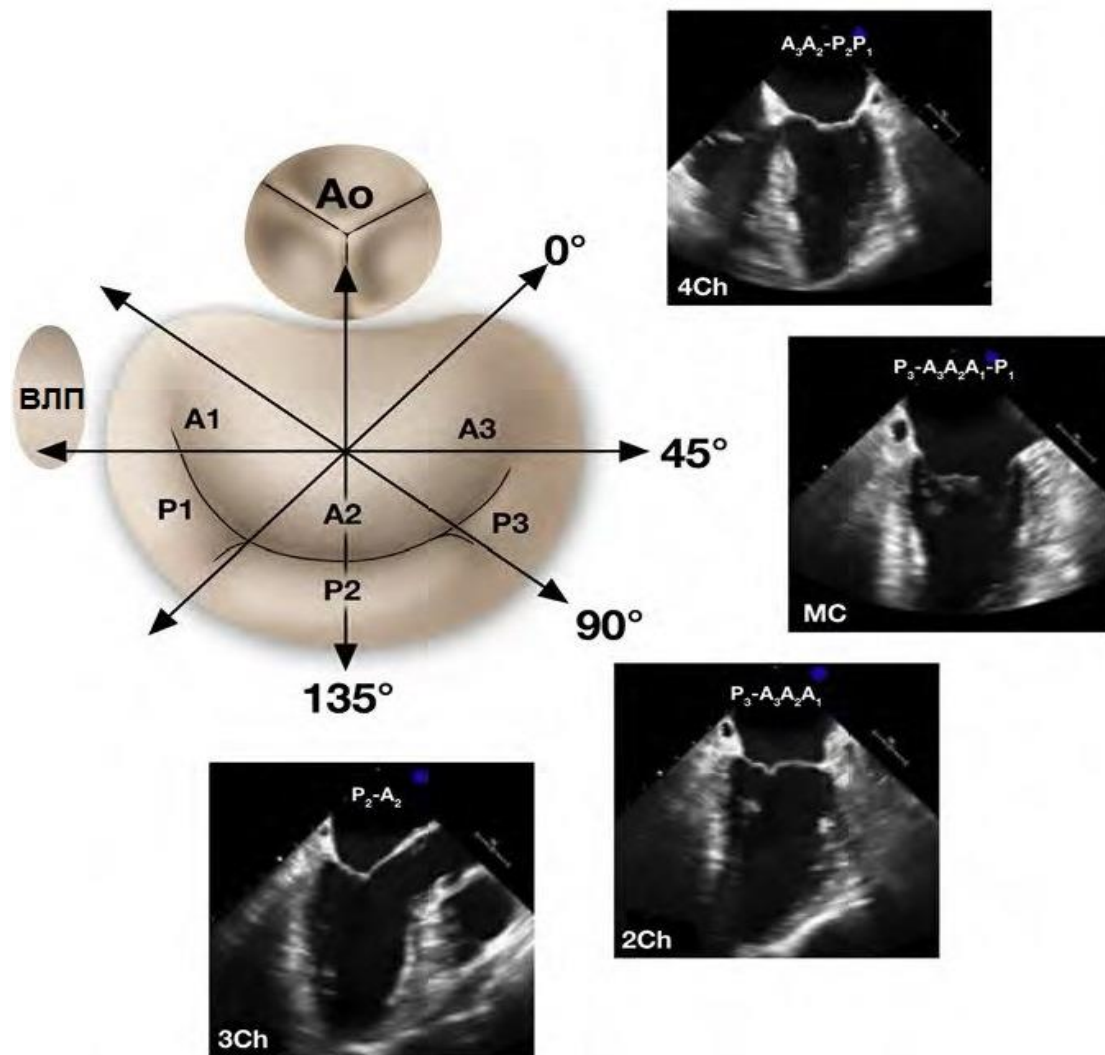


Рис. 4. Схематична будова сегментів МК. Відповідні зображення різних стандартних зрізів помічені позначками відповідних сегментів МК. Хоча подібна схема підходить для більшості випадків, конкретні регіони стулок МК можуть варіювати на зображеннях залежно від анатомічних взаємовідносин серця та стравоходу та від положення датчика в стравоході. Ao – аорта; ВЛП – вушко лівого передсердя [1].

1. ССП, 5-камерний зріз (Відео 1 [1, всі відео доступні на сайті www.onlinejase.com])

Після початкового введення датчика в стравохід він повільно просувається вперед до попадання в зріз аортального клапану (АК) та виносного тракту ЛШ (ВТЛШ) на глибині датчика близько 30 см. Легка маніпуляція кутом датчика (ротація площини на 10°) дозволяє оптимізувати зображення на АК та ВТЛШ. В цьому зрізі також візуалізуються ЛП, праве передсердя (ПП), ЛШ, правий шлуночок (ПШ), МК та трикуспідальний клапан (ТК). Даний зріз дозволяє візуалізувати сегменти А2-А1 та Р1-Р2 МК (зліва направо) та дві з трьох стулок АК. Кольорове доплерівське картування (КДК) дозволяє ідентифікувати потоки на АК, МК та ТК, в тому числі патологічні (стеноз або регургітація). Оскільки даний зріз не дозволяє візуалізувати справжню верхівку шлуночків, оцінка глобальної та регіональної функції шлуночків може бути обмеженою.

2. ССП, 4-камерний зріз (Відео 2)

Від ССП, 5-камерного зрізу датчик повільно просувається на глибину 30 – 35 см до чіткої візуалізації МК. Після цього глибина підлаштовується до чіткої візуалізації верхівки ЛШ. Відмітьте, що цей зріз отримується з більшої глибини, ніж 5-камерний, а АК та ВТЛШ чітко не візуалізуються. Далі кут площини сканування може знадобитися повернути на $10 - 20^{\circ}$ для елімінації АК та ВТЛШ з сектору сканування та максимізації розмірів трикуспідального кільця. Для кращого вирівнювання на екрані МК та верхівки ЛШ може бути потрібною легка ретрофлексія датчика. Структури, що візуалізуються, включають ЛП, ПП, міжпередсердну перегородку (МПП), ЛШ, ПШ та міжшлуночкову перегородку (МШП), МК (сегменти А3-А2 та Р2-Р1) та ТК. Септальна стулка ТК, що прикріплюється до МШП, знаходиться в правому секторі сканування, а задня стулка ТК, що прикріплюється до вільної стінки ПШ – в лівому. Ортогональним зрізом, що отримується при одночасній біплановій візуалізації, є ССП, 2-камерний зріз (Рис. 3). ССП, 4-камерний зріз є одним з самих наочних зрізів для оцінки

анатомії та функції серця. Поворот датчика вліво (проти часової стрілки) дозволяє візуалізацію переважно лівих відділів серця. Поворот датчика вправо (по часовій стрілці) дозволяє візуалізацію переважно правих відділів.

Діагностична інформація, яка може бути отримана з цього зрізу включає в себе оцінку функції МК та ТК, а також оцінку регіональної функції ЛШ (нижньо-септальної та передньо-бокової стінок) та функції ПШ (латеральної стінки). КДК може бути використане для ідентифікації мітральної (МР) та трикуспідальної (ТР) регургітації, а у деяких пацієнтів і аортальної (АР) регургітації. Після невеличкого просунення датчика безпосередньо над місцем прикріплення септальної стулки (СС) ТК можна візуалізувати коронарний синус по довгій осі (див. розділ, присвячений ПП та венозним комунікаціям).

3. ССП, зріз на рівні комісур МК (комісуральний зріз) (Відео 3)

Комісуральний зріз отримується шляхом ротації площини сканування до приблизно 50 – 70° від ССП, 4-камерного зрізу. Сегменти МК, що візуалізуються на цьому зрізі (зліва направо) –РЗ-А2-Р1, хоча часто можна візуалізувати й прилеглі сегменти АЗ та А1 (РЗ-АЗА2А1-Р1). З цієї нейтральної площини сканування повернення датчика вліво (проти часової стрілки) може дозволити візуалізацію задньої стулки (ЗС) МК по всій довжині (РЗ-Р2-Р1). Повернення датчика вправо (по часові стрілці від нейтральної позиції) може дозволити візуалізацію передньої стулки (ПС) МК по всій довжині (АЗ-А2-А1) [49]. Повернення датчика вправо чи вліво ще більше дозволяє візуалізацію частин кільця МК (або шовного кільця клапанного протезу). Крім того, в комісуральному зрізі ССП дуже добре візуалізуються передньо-латеральна та задньо-медіальна папілярні м'язи (ПМ) з відповідними хордами.

Діагностична інформація, яку отримують з цього зрізу, включає регіональну функцію ЛШ (передня / передньо-бокова та нижня / задньо-бокова стінки) та функцію МК. Ортогональною проекцією для цього зрізу при одночасній біплановій візуалізації є ССП, зріз по довгій осі ЛШ (LAX)

(Рис. 3). КДК може використовуватися для ідентифікації комісуральних потоків МР.

4. ССП, 2-камерний зріз (Відео 4)

Ротація кута площини сканування від комісурального зрізу ССП на 80° – 100° генерує 2-камерний зріз ССП. Структури, що візуалізуються включають ЛП, вушко ЛП (ВЛП), ЛШ та МК (РЗ-АЗ-А2-А1). Діагностична інформація, яку отримують в цьому зрізі, включає регіональну функцію ЛШ (передня та нижня стінки) та функцію МК. КДК використовується для ідентифікації порушення функції МК (регургітація та/або стеноз). Коронарний синус візуалізується в зрізі по короткій осі (SAX) безпосередньо вище базального нижнього сегменту ЛШ. Ортогональний зріз для 2-камерного зрізу є 4-камерний зріз ССП (Рис. 3 та 4), але ліві відділи при цьому будуть розташовані в лівому секторі екрану (дзеркальне відображення зрізу на 0°). Ротація датчика вправо (по часовій стрілці) при цьому куті площини сканування приведе в бікавальний зріз ССП (див. позицію 13 нижче). Поворот датчика вліво (проти часової стрілки) при цьому куті сканування приведе в зріз ВЛП ССП (див. позицію 15 нижче).

5. ССП, зріз по довгій осі (LAX) (Відео 5)

Від 2-камерної ССП кут сканування ротується до приблизно 120° – 140° , що відповідає за орієнтацією трансторакальним позиціям LAX або 3-камерній. Структури, що візуалізуються в цьому зрізі, включають ЛП, ВТЛШ, АК, проксимальну висхідну аорту (Ао), коронарний синус та МК (Р2-А2). Діагностична інформація, яку отримують в цьому зрізі, включає регіональну функцію ЛШ (задньо-бокову та передньо-перегородкову стінки) та функцію МК та АК. Також можна візуалізувати мембранозну МШП та стінку ПШ, що обмежує виносний тракт ПШ (ВТПШ). Ортогональним зрізом для LAX в ССП є комісуральний зріз ССП (Рис. 3 та 4), але передня / передньо-бокова стінка ЛШ тепер буде знаходитися в лівому секторі екрану (дзеркальне відображення зрізу на 60°). КДК може використовуватися для ідентифікації аортальної регургітації (АР).

6. ССП, зріз АК по довгій осі (LAX) (Відео 6)

Від зрізу LAX ССП легке висунення датчика при підтриманні кута сканування $120 - 140^{\circ}$ призводить до потрапляння в зріз АК LAX. Може також знадобитися легка ротація датчика вправо (по часовій стрілці). Зменшення глибини сканування дозволяє збільшити зображення ВТЛШ, АК та проксимальної висхідної Ао, включаючи синуси Вальсальви, сино-тубулярний перехід та варіабельний відрізок тубулярної висхідної Ао. Цей зріз є корисним для оцінки функції АК та вимірів аортального кільця та сино-тубулярного переходу. Передня (дальня) стулка АК є правою коронарною стулкою (ПКС), причому іноді (нечасто) вдається візуалізувати устя правої коронарної артерії (ПКА). Задня (ближня) стулка може бути некоронарною (НКС) стулкою АК або лівою коронарною (ЛКС) стулкою, залежно від кута площини сканування. При точній концентрації площини на центрі Ао площина може проходити по комісурі між цими останніми двома стулками. Ортогональним зрізом при одночасному біплановому скануванні є зріз АК по короткій осі (SAX) ССП (див. позицію 10 нижче), але при цьому ліві відділи серця будуть в лівому секторі екрану (дзеркальне відображення зрізу на 0°). КДК може використовуватися для ідентифікації АР та потоку в ПКА.

7. ССП (ВСП), зріз висхідної Ао LAX (Відео 7)

Із зрізу АК LAX ССП певне висунення датчика, типово з ротацією назад до площини сканування приблизно $90 - 110^{\circ}$ дозволяє потрапити в зріз висхідної Ао LAX. Цей зріз дозволяє оцінку проксимального сегменту висхідної Ао. В цьому зрізі права легенева артерія (ПЛА) лежить ззаду висхідної Ао. Хоча в цьому зрізі потік в Ао типово пролягає перпендикулярно за напрямком ультразвуковим променям, КДК, втім, при деяких патологічних станах може бути корисним. При зосередженні центру зображення на зрізі ПЛА («ближнє поле») поворот датчика вліво (проти часової стрілки) з можливою ретрофлексією призводить до візуалізації стовбура легеневої артерії (ЛА) та клапану легеневої артерії (КЛА). Цей зріз робить паралельними ультразвукові промені та потік в ЛА, що оптимізує

зображення для виконання доплерографії, імпульсної (ІХД), постійно-хвильової (ПХД) та КДК в ВТПШ, на КЛА та в ЛА. Ортогональним зрізом для зрізу АК LAX при одночасній біплановій візуалізації є зріз висхідної Ао SAX ССП (див. позицію 8 нижче), але ліві відділи серця тепер знаходитимуться в лівому секторі екрану (the left heart is now to the left of the display (дзеркальне відображення зрізу на 0°).

8. ССП, зріз висхідної Ао по короткій осі (SAX) (Відео 8)

Від зрізу ССП через АК та висхідну Ао зворотна ротація площини сканування приблизно на 0 – 30° приводить в зріз висхідної Ао SAX ССП. Окрім поперечних зрізів висхідної Ао та верхньої порожнистої вени (ВПВ) в цій позиції звичайно також вдається візуалізувати стовбур ЛА та праву ЛА з дольовими гілками. Від цієї нейтральної орієнтації датчика поворот датчика вліво (проти часової стрілки) дозволяє візуалізувати біфуркацію ЛА. Поворот датчика вправо (по часовій стрілці) дозволяє візуалізувати більші порції дольових ПЛА. Ліва ЛА (ЛЛА) є складною для візуалізації, тому що прикрита лівим головним бронхом. Клапан легеневої артерії (КЛА) також можна візуалізувати в цьому зрізі (у деяких пацієнтів). Ортогональним зрізом підчас одночасної біпланової візуалізації є зріз ПЛА на 90° (ССП, зріз висхідної Ао LAX, позиція 7). В цих позиціях корисними можуть бути ІХД, ПХД та КДК. Обережне просунення датчика може дозволити візуалізацію проксимального сегменту лівої коронарної артерії (ЛКА) з її біфуркацією на передню міжшлуночкову (ПМШГ) та огинаючу (ОГ) гілки ЛКА.

9. ССП, зріз правих легених вен (ПЛВ) (Відео 9)

Від зрізу в ССП через висхідну Ао SAX (та типово при куті 0°) просування датчику з його ротацією вправо (по часовій стрілці) приводить в зріз через праву легеневу вену (ПЛВ). Притік через нижню легеневу вену (ЛВ) типово розташований перпендикулярно ультразвуковим променям, а через верхню ЛВ – паралельний променям, що дозволяє доплерографію потоку в ЛВ в цьому зрізі. На додаток до правих ЛВ в цьому зрізі також візуалізуються ВПВ (SAX) та висхідна Ао (SAX). Праві ЛВ також можливо

візуалізувати з площини сканування на $90 - 110^\circ$ після початкового отримання бікавального зрізу ССП (див. позицію 13 нижче) з послідуєчим поворотом датчика вправо (по часовій стрілці). Це ортогональний зріз через праві ЛВ ССП (див. позицію 14 нижче). Відмітьте, що ліві ЛВ можна візуалізувати шляхом ротації датчика вліво (проти часової стрілки) – вони розташовані безпосередньо під ВЛП.

10. ССП, зріз АК по короткій осі (SAX) (Відео 10)

Від зрізу ПЛВ в ССП репозиція датчика до центру Ао на екрані (ротация вліво проти часової стрілки), подібно до зрізу через висхідну Ао SAX в ССП, з послідуєчим просуненням датчика та ротацією кута сканування на $25 - 45^\circ$ дозволяє отримати зріз АК SAX в ССП. При цьому може знадобитися легка антефлексія. При трьохстулковому АК ліва коронарна стулка (ЛКА) буде задньою (в «ближньому полі») та справа на екрані. Некоронарна стулка (НКС) «сидить» на міжпередсердсередній перегородці (МПП), а права коронарна (ПКС) стулка видається передньою (в «дальньому полі») та прилягає до ВТПШ. В цьому зрізі добре оцінювати морфологію та функцію АК. Крім того, легкий ступінь висунення датчика дозволяє візуалізувати відходження ЛКА від ЛКС та ПКА від ПКС. Окрім АК в цьому зрізі також візуалізуються апікальна частина ЛП, МПП та ПП. Ця нижня третина МПП є важливою, тому що тут може локалізуватися, хоча і не часто відкрите овальне вікно (ВОВ, PFO). Крім того, в дальньому полі частково можуть візуалізуватися ВТПШ та КЛА. КДК та, коли це доцільно, ІХД та ПХД можуть використовуватися для оцінки вище перерахованих структур. Ортогональним зрізом при одночасному біплановому скануванні є зріз АК LAX в ССП (див. позицію 6 вище).

11. ССП, зріз притоку-відтоку з ПШ (Відео 11)

Легке просунення датчику з ротацією площини сканування на кут $50 - 70^\circ$ від зрізу АК SAX в ССП до появи ВТПШ та КЛА на екрані визначає потрапляння в зріз притоку-відтоку з ПШ в ССП. Структури, що візуалізуються в даному зрізі включають: ЛП, ПП, МПП, ТК, ПШ (в лівому

боці екрану), КЛА та проксимальну частину стовбуру ЛА. В цьому зрізі можна оцінити розмір та функцію ПШ з визначенням діаметрів ВТПШ, морфологію та функцію ТК та КЛА, включаючи спектральну доплерографію та КДК.

12. ССП, модифікований бікавальний зріз ТК (Відео 12)

Від зрізу приток-відтоку ПШ в ССП датчик ротується вправо (по часовій стрілці) підтримуючи кут сканування $50 - 70^{\circ}$ до моменту, коли ТК опиниться в центрі екрану, що визначає потрапляння в модифікований бікавальний зріз ТК в ССП. При цьому добре візуалізуються ЛП, ПП, МПП, нижня порожниста вена (НПВ) та ТК. Іноді можна добре візуалізувати також вушко ПП, а також ВПВ. Внаслідок радіально короткої септальної стулки (СС) ТК багато потоків трикуспідальної регургітації (ТР) є ексцентричними та спрямовані в бік МПП. З цього зрізу СС ТК візуалізується en face, та потоки, спрямовані в бік МПП, можуть бути паралельними ультразвуковим променям. Ортогональний зріз (на $120 - 140^{\circ}$) є зрізом ТК LAX, що також може подібно візуалізувати ексцентричні потоки МР, паралельні ультразвуковим променям. В цих зрізах можлива спектральна доплерографія (переважно ПХД) та КДК зон інтересу.

13. ССП, бікавальний зріз (Відео 13)

Для отримання цього зрізу кут площини сканування ротується вперед від модифікованого зрізу ТК в ССП на $90 - 110^{\circ}$, при чому датчик ротується дещо вправо (по часовій стрілці). В цьому зрізі візуалізуються ЛП, ПП, НПВ, ВПВ, вушко ПП та МПП. Слід відслідковувати рух МПП, тому що наявність аневризму МПП часто асоціюється з наявністю міжпередсердних шунтів. В цьому зрізі взагалі оцінюється морфологія та функція МПП. Крім того, добре візуалізуються НПВ та ВПВ. Ортогональним зрізом при біплановій одночасній візуалізації є 4-камерний зріз в ССП з фокусом на МПП. Подальша ротація датчика вправо (по часовій стрілці) з легким висуненням датчика дозволяє візуалізацію правих ЛВ (ортогонально до позиції 9 вище).

14. ССП (ВСП), зріз лівих та правих ЛВ (Відео 14)

При куті сканування $90 - 110^{\circ}$ може бути отриманий зріз правих або лівих ЛВ. Повернення датчика далі вправо (по часовій стрілці) від бікавального зрізу в ССП призводить до візуалізації правих ЛВ з верхньою ПЛВ в правому секторі екрану. Повернення датчика вліво (проти часової стрілки) дає зображення через все серце (за ЛП) до зрізу через ліві ЛВ. Ліва верхня ЛВ знаходиться в правій частині сектору сканування, при чому типово потік в ній в ЛП є паралельним ультразвуковим променям, що дозволяє досить точну доплерівську оцінку.

15. ССП, зріз через ВЛП (Відео 15)

Ротація датчика вправо (по часовій стрілці) із зрізу через ліві ЛВ (при куті сканування $90 - 110^{\circ}$) з можливим просуненням та/або антефлексією датчика відкриває зріз через ВЛП в ССП. Часто при цьому також візуалізується верхня ліва ЛВ. Зважаючи на складну та дуже варіабельну анатомію ВЛП повна оцінка його морфології типово вимагає візуалізації ВЛП з декількох зрізів. Рекомендовано виконувати зворотну ротацію з 90 на 0° та/або одночасну мультипланову візуалізацію. Корисними можуть бути КДК та ІХД, особливо для оцінки швидкостей вигнання з ВЛП.

16. ТГП, SAX через базальний відділ ЛШ (Відео 16)

Від ССП при площині сканування $0 - 20^{\circ}$ датчик випрямляється та проводиться в шлунок. Часто перед досягненням трансгастрального рівня положення датчика протягом просунення датчика вдається візуалізувати устя коронарного синусу, а також НПВ з печінковими венами. По досягненні трансгастрального рівня датчик приводиться в стан антефлексії для отримання базального зрізу SAX в ТГП. Цей зріз демонструє типовий зріз SAX базальних відділів шлуночків або «риб'ячий рот» МК з ТГП з ПС МК зліва та ЗС МК на екрані справа. Медіальна комісура знаходиться в «ближньому полі», а латеральна – у дальньому. В даному зрізі проводиться оцінка морфології та функції МК, а також розмірів та функції ЛШ. Ортогональним зрізом при одночасній біплановій візуалізації є двокамерний зріз базальних

відділів ЛШ (див. позицію 22 нижче). КДК МК в даному зрізі допомагає характеризувати морфологію регургітуючого отвору.

17. ТГП, зріз SAX через рівень папілярних м'язів ЛШ (Відео 17)

Підтримуючи контакт зі стінкою шлунку, датчик в стані антефлексії для зрізу SAX через базальний відділ ЛШ трошки послаблюється в більш нейтральну позицію, або датчик можна просто трохи просунути в шлунок. При цьому отримується зріз SAX через серединний відділ ЛШ (рівень папілярних м'язів). Для правильного позиціонування можуть бути потрібні множинні маніпуляції датчиком з варіаціями глибини та ступеня його антефлексії. Кут площини сканування типово повинен лишатися в діапазоні $0 - 20^{\circ}$. Зріз SAX через середину папілярних м'язів в ТГП забезпечує багато діагностичної інформації та може бути надзвичайно корисним в оцінці розмірів та об'єму ЛШ, та його глобальної та регіональної функції. Це первинний зріз в ТГП для інтраопераційного моніторингу розмірів та функції ЛШ, тому що в ньому одночасно візуалізуються міокардіальні басейни кровопостачання всіх трьох магістральних коронарних гілок: ПМШГ, ОГ ЛКА та ПКА. Поворот датчика вправо з цієї позиції типово дозволяє візуалізувати середню порцію ПШ SAX.

18. ТГП, SAX через апікальний відділ ЛШ (Відео 18)

Для отримання зрізу SAX через апікальний відділ ЛШ від зрізу через середину папілярних м'язів SAX в ТГП ($0^{\circ} - 20^{\circ}$) датчик просується далі, продовжуючи підтримувати контакт зі стінкою шлунку. При ротації сканування вправо (по часовій стрілці) візуалізується верхівка ПШ. Цей зріз дозволяє оцінку апікальних сегментів ЛШ та ПШ.

19. ТГП, зріз через базальний відділ ПШ (Відео 19)

Даний зріз отримується шляхом повернення датчика на позицію зрізу через базальний відділ ЛШ SAX (антефлексія, кут площини сканування датчика $0^{\circ} - 20^{\circ}$), після чого датчик ротується вправо (по часовій стрілці). В зрізі через базальний відділ ПШ ТК візуалізується SAX, а ВТПШ – LAX. Ортогональним зрізом при одночасній біплановій візуалізації ТК є зріз

притоку в ПШ в ТГП (див. позицію 23 нижче). Ортогональним зрізом при одночасній біплановій візуалізації ВТПШ є зріз притоку-відтоку з ПШ в ТГП (див. позицію 20 нижче). КДК ТК в даному зрізі може допомогти характеризувати морфологію регургітуючого отвору.

20. ТГП, зріз притоку-відтоку з ПШ (Відео 20)

Зріз притоку-відтоку з ПШ в ТГП отримується максимальною флексією датчика вправо зі зрізу через базальних відділ ПШ в ТГП (кут сканування 0° – 20°). В цьому зрізі типово візуалізуються передня та задня стулки ТК, а також ліва та права стулки КЛА. Просунення датчика може бути необхідним для паралельного вирівнювання потоку в ВТПШ та ультразвукових променів. Дзеркальне відображення цього зрізу може також бути отримане з нейтральної позиції головки датчика (без флексії) з правим поворотом датчика (по часовій стрілці) таким чином, щоб всередині зображення був ПШ, з послідуною ротацією кута сканування вперед до 90° – 120° .

21. Глибока ТГП, 5-камерний зріз (Відео 21)

Трансгастральний 5-камерний зріз в ТГП позиції датчика отримується шляхом просунення датчика на глибокий трансгастральний рівень з позиції притоку-відтоку з ПШ (кут площини сканування 0° – 20°) з антефлексією та часто лівою флексією датчика. Внаслідок паралельності доплеріського курсору до ВТЛШ в цьому зрізі можлива доплерографія та КДК в ВТЛШ, на АК та в корені Ао та проксимальному сегменті висхідної Ао. Також візуалізується МК з достатньо повноцінною доплерівською оцінкою його гемодинаміки.

22. ТГП, 2-камерний зріз (Відео 22)

Для виведення цього зрізу датчик повертається на рівень зрізу через середину папілярних м'язів SAX в ТГП із ротацією кута площини сканування приблизно на 90° – 110° . На додаток до ПМ, хорд та стулок МК також візуалізуються передня та нижня стінки ЛШ. Хоча при цьому часто візуалізуються ЛП та його вушко, вони знаходяться у дальньому полі, що не дозволяє адекватну оцінку морфології та патологічних змін ВЛП.

23. ТГП, зріз через приносний тракт ПШ (Відео 23)

Зріз через приносний тракт ПШ отримують поворотом датчика вправо (по часовій стрілці) з 2-камерного зрізу ТГП (кут сканування $90 - 110^{\circ}$). При цьому візуалізуються передня та нижня стінки ПШ, а також його папілярні м'язи, хорди та ТК. Часто також візуалізується проксимальний сегмент ВТПШ, а легке просунення датчика може дозволити візуалізацію та доплерівську оцінку КЛА.

24. ТГП, зріз ЛШ LAX (Відео 24)

Поворот датчика вліво (проти часової стрілки) від 2-камерного зрізу в ТГП з ротацією кута площини сканування до $120 - 140^{\circ}$ приводить в зріз по довгій осі ЛШ (LAX). Іноді для візуалізації ВТЛШ та АК буває необхідно повернути датчик трошки вправо. В цьому зрізі візуалізуються задньо-бокова та передня стінки ЛШ, а також ВТЛШ, АК та проксимальний сегмент висхідної Ао. При достатній паралельності ультразвукового променя до довгої осі ВТЛШ, АК та проксимальної частини висхідної Ао можлива спектральна та кольорова доплерографія ВТЛШ та АК.

25 та 26. Зріз низхідної Ао SAX (Відео 25) та LAX (Відео 26)

Візуалізація низхідної Ао підчас ЧСЕхоКГ є досить легкою, тому що Ао безпосередньо прилягає до шлунку та стравоходу. Від зрізу LAX в ТГП кут датчика ротується до $0 - 10^{\circ}$, а сам датчик повертається вліво (проти часової стрілки). Хоча можна починати візуалізацію низхідної Ао під діафрагмою (типово близько відходження черевного стовбура), відомо, що абдомінальні газу та варіабельність положення Ао можуть перешкоджати адекватній візуалізації, тому для кращої початкової візуалізації низхідної Ао краще дещо висунути датчик на рівень вище діафрагми з візуалізацією її грудного сегменту. Зріз низхідної Ао SAX отримується при куті сканування $0 - 10^{\circ}$ (Відео 25), в той час як зріз LAX отримується при куті сканування приблизно $90 - 100^{\circ}$ (Відео 26). При цьому слід зменшити глибину сканування для збільшення зображення Ао на екрані та встановити фокус на ближньому полі сканування. Крім того, слід підлаштувати підсилення (gain) в ближньому

полі з метою оптимізації зображення. При підтриманні зображення Ао в центрі зображення на екрані, датчик можна трошки просунути або, навпаки, висунути для візуалізації всієї низхідної Ао. Внаслідок того, що підчас ЧСЕхоКГ анатомічних внутрішніх міток не існує, описання точної локалізації патологічних змін є складним. Одним зі способів вирішення цієї проблеми є ідентифікація локалізації ураження у відстані від різців. Низхідна Ао локалізується ззаду та вліво від стравоходу, тому підчас її візуалізації датчик «дивиться» на ліву грудну порожнину. Тому латеральніше від Ао типово візуалізуються міжреберні артерії (в правій часті екрану). При візуалізації низхідної Ао в дальньому полі може візуалізуватися напівнепарна вена (*v. hemiazygos*), що є венозним колектором від задньої лівої грудної клітки. В середньо-верхніх відділах грудної порожнини во зливається з непарною веною (*v. azygos*), що є венозним колектором від задньої правої грудної клітки. Ця венозна структура типово є паралельною до Ао та її дуги та впадає в ВПВ. vein (which drains the right posterior thorax). Внаслідок того, що ці дві структури є суміжними, їх можна помилково прийняти за листок ендотелію при розшаруванні в просвіті Ао. КДК та ІХД допомагають легко диференціювати венозний та артеріальний потоки у відповідних просвітах.

27. ВСП, зріз дуги Ао LAX (Video 27)

Підчас дослідження низхідної Ао SAX (кут площини сканування 0 – 10°) та висунення датчика Ао поступово стає витягнутою, та може візуалізуватися ліва підключична артерія, що вказує на початок дистального сегменту дуги Ао. В цій позиції Ао розташована попереду стравоходу, тому в верхньо-стравохідній позиції (ВСП) зріз дуги Ао LAX краще всього візуалізується шляхом ротації датчика вправо (по часовій стрілці) так, щоб датчик «дивився» вперед. Це дозволяє візуалізацію серединної порції дуги Ао. Крім Ао часто візуалізується ліва безіменна вена, яку легко диференціювати за характерним венозним потоком в КДК. Оскільки лівий головний бронх типово перетинає простір між стравоходом та Ао, частина

проксимального сегменту дуги Ао та дистальний сегмент висхідної Ао часто не візуалізуються («сліпа пляма»).

28. ВСП, зріз дуги Ао SAX (Відео 28)

Для отримання зрізу дуги Ао SAX кут площини сканування ротується до $70 - 90^{\circ}$ від зрізу дуги Ао LAX. В зрізі дуги Ао SAX часто візуалізується стовбур ЛА та КЛА в дальньому полі сканування, але їх візуалізація може вимагати додаткових налаштувань глибини, частоти датчика та фокусу. Внаслідок паралельності ультразвукових променів до довгої осі КЛА та стовбуру ЛА цей зріз підходить для їх доплерівської оцінки. Завдяки кривизні дуги Ао в проміжку між зрізами LAX та SAX часто можна візуалізувати правий брахіоцефальний стовбур та ліву загальну сонну артерію, що відходять від Ао, типово в ближньому полі сканування та в правому секторі екрану.

Протокол 3D-ЧСЕхоКГ обстеження

Повноцінне 3D-ЧСЕхоКГ обстеження з використанням матричного датчика звичайно починається з отримання зображень в режимі «реального часу» або «на живо» з використанням режиму одного удару. Втім, для отримання зображень з високою часовою та просторовою роздільною здатністю слід використовувати захоплення зображень у 3D з ЕКГ-синхронізацією, особливо якщо ритм пацієнта та його дихання дозволяють отримання зображень високої якості. При зсуві від вузького кута до широкого пірамідального отримання виникає зниження часової роздільної здатності. Режим декількох ударів (кардіальних циклів) в комбінації з широким кутом отримання зображень дозволяє покращити якість зображення та дозволяє захоплення зображення у ширшому секторі. Таб. 8 описує рекомендовані зрізи для отримання зображень кардіальних структур підчас 3D-ЧСЕхоКГ (більш детально описано у відповідних рекомендаціях з 3D-ЧСЕхоКГ ASE) [50]. Рис. 5 та 6 демонструють, як відтворювати 3D зображення АК та МК з відповідних оригінальних зрізів підчас ЧСЕхоКГ у В-режимі. Описання візуалізації окремих кардіальних структур підчас 3D-

ЧСЕхоКГ включено в розділ «Візуалізація окремих структур» даного документу.

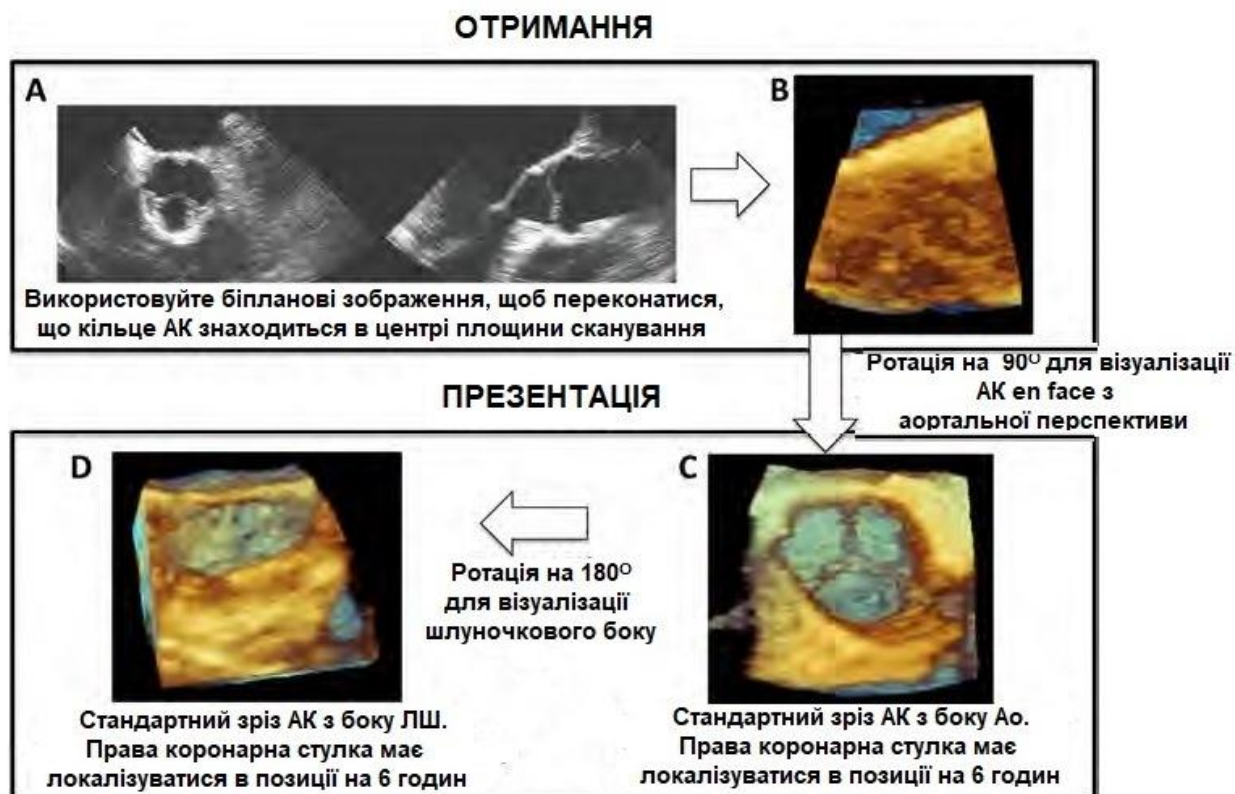


Рис. 5. Алгоритм отримання трьохвимірної зображення АК [1].

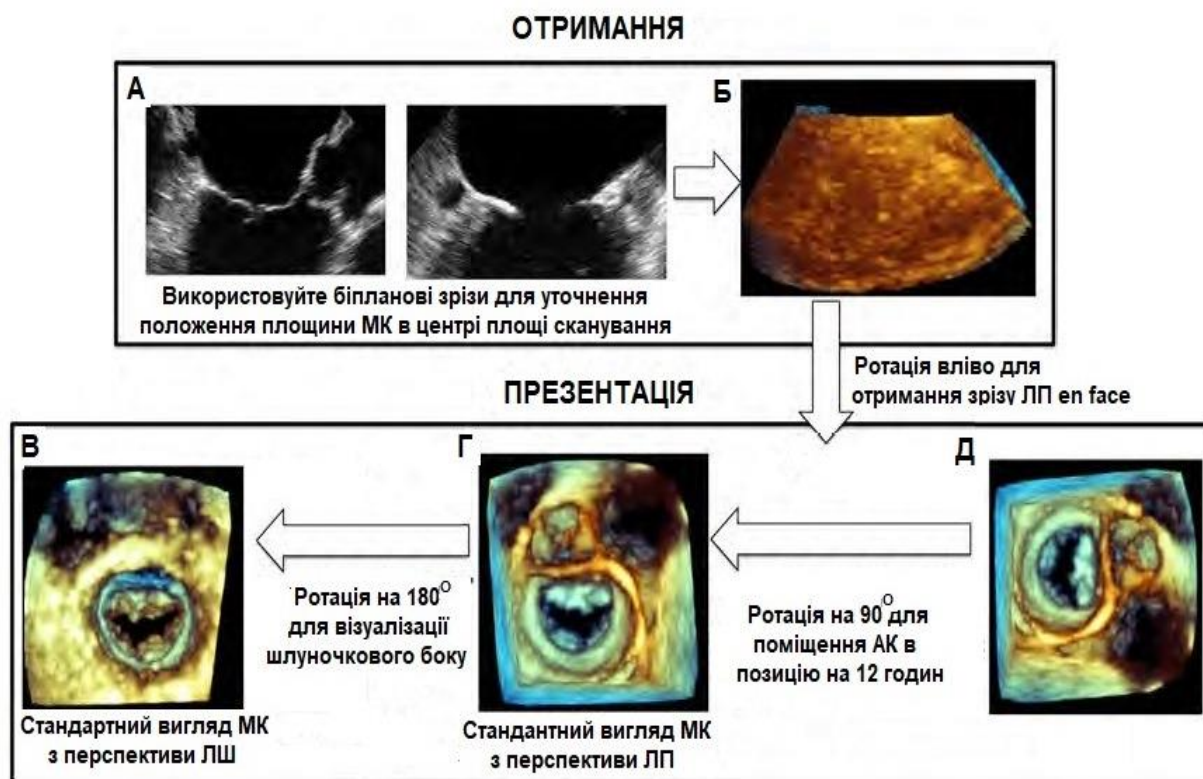


Рис. 6. Алгоритм отримання трьохвимірної зображення МК [1].

Візуалізація окремих структур

Загальні положення

Даний розділ описує анатомію та візуалізацію або доплерівську оцінку окремих кардіальних структур. Важливо пам'ятати, що зрізи для повноцінної візуалізації, що обговорювалися вище, не є вичерпними та не представляють всі можливі зрізи підчас сканування, що можна отримати при візуалізації окремих структур, особливо за умов значних індивідуальних варіацій анатомії. Інтегральний підхід до повної структурної оцінки може включати невеликі підлаштування та варіації положення датчика та кутів площини сканування.

Повна доплерівська оцінка гемодинаміки на будь-якому клапані або структурній аномалії повинна включати структурну оцінку в В-режимі та КДК по короткій осі (SAX) та множинні зрізи по довгій осі (LAX), спектральну доплерографію антеградних та ретроградних потоків через клапан або дефект, та 3D структурну та КДК візуалізацію з декількох різних зрізів. Підчас запису КДК спеціальну увагу слід приділяти інструментальним налаштуванням. Зокрема, ліміт Найквіста кольорової шкали слід встановлювати в діапазоні 50 – 60 см/с для стандартизації результуючого розміру малюнку (патерну) еліейзингу високошвидкісних потоків для відтворюваності оцінки важкості патологічних потоків. Підсилення КДК повинно встановлювати на такому рівні, який би обмежував кількість кольорових спеклів («шумів») в полі картування. Кут сектору та глибина КДК мають бути по можливості мінімізовані до максимально можливої частоти повторення кадрів. Збільшені зображення (режим «zoom») є корисними для визначення регіональних потоків, оскільки вони дозволяють максимальну частоту повторення кадрів.

МК

ЧСЕхоКГ відіграє важливу роль в візуалізації МК. МК та ЛП лежать в дальньому полі сканування в будь-якій площині сканування підчас ТТЕхоКГ. Оскільки стравохід пролягає безпосередньо ззаду від ЛП, ЧСЕхоКГ є

ідеальним методом візуалізації в режимі реального часу для оцінки ЛП та МК. В результаті ЧСЕхоКГ має набагато вищу чутливість у виявленні та кількісній оцінці патології МК, особливо в умовах анатомічних особливостей, що можуть створювати акустичне затінення підчас ТТЕхоКГ, таких як важкий кальциноз мітрального кільця або клапанні протези в мітральній (М-) позиції. Детальне розуміння механізму мітральної регургітації (МР) [51] та морфології МК у 3D є важливими при плануванні оперативної або інвазивної пластики [10, 49, 52 – 54] з метою оптимізації прогнозу [55]. Деякі аспекти МР, зокрема функціональна МР внаслідок апікальної дислокації ПМ з натягненням стулок, краще та детальніше оцінюється підчас вимірів у 3D [57].

Анатомія. Детальний огляд анатомії МК можна знайти в численних публікаціях [58 – 61], але для ехокардіографістів дуже важливо розуміти базову анатомію цієї складної структури. Комплекс мітрального апарату складається з мітрального кільця, стулок (передньої та задньої, ПС та ЗС, відповідно), хорд та папілярних м'язів (ПМ). На відміну від ТК, мітральний клапанний апарат знаходиться у безпосередньому контакті з клапанним апаратом АК.

Мітральному кільцю в останні роки приділялося багато уваги в науковій літературі, оскільки інтервенціоналісти та хірурги в останні часи суттєво фокусуються на цьому важливому компоненті мітрального клапанного апарату з точки зору можливостей мітральної пластики. Крім того, точна оцінка розмірів та площі мітрального кільця є важливою частиною кількісної доплерівської оцінки регургітуючого об'єму. Нативне мітральне кільце має форму латинської літери «D» з прямими межами, що складаються з мітрально-аортального фіброзного шару. Також контур мітрального кільця є неоднорівним, а його площа змінюється протягом серцевого циклу. Експансія фіброзної тканини з обох кінців даної області створює медіальний та латеральний фіброзні трикутники. Традиційна візуалізація мітрального кільця в В-режимі виконується з використанням відходу на основі зрізів (3-

та 2-камерні зрізи), а Рекомендації ASE радять використовувати тільки 4 камерний зріз для виміру діаметру мітрального кільця в середині діастолі (один цикл після максимального розкриття стулок МК) з послідуємим розрахунком площі мітрального кільця з використанням формули коуру [62]. Але насправді такий підхід є занадто спрощеним для такої складної анатомічної структури [62 – 65]. Були запропоновані коректні анатомічні зрізи візуалізації (LAX та комісуральний зріз) для більш точних вимірів діаметрів мітрального кільця з використанням еліптоїдної формули для визначення площі мітрального кільця [65 – 67]. При вимірі діаметру мітрального кільця в зрізі LAX важливо ідентифікувати «шарнірну» точку мітральної стулки (візуалізується уздовж апікальної або нижньої межі мітрально-аортальної занавіски). Ці ортогональні зрізи легко отримати при одночасній мультиплановій візуалізації або підчас 3D реконструкції ЧСЕхоКГ зрізів. Значення вимірів мітрального кільця, отримані з використанням цієї технології добре корелюють з моделями *in vitro* [68] та *in vivo* [69]. Пряма планіметрія площі мітрального кільця підчас 3D ЧСЕхоКГ для визначення мітрального ударного об'єму (УО) може бути ще точнішою, але це має бути ще доказово валідовано.

ПС МК (або аортальна стулка) є округленою та займає третину окружності мітрального кільця (Рис. 7). ЗС МК (або стіночна стулка) займає інші дві третини периметру, але має тенденцію бути більш вузькою за радіусом. Відносні площі обох стулок є приблизно однаковими, а лінія їхньої коаптації створює дугу. Кожен з кінців цієї дуги визначається як комісура. Передньо-латеральна та задньо-медіальна комісури не розповсюджуються на власно мітральне кільце. ЗС МК часто є зубчастою, створюючи часто не рівні за розміром сегменти, причому середній сегмент є хоча й варіабельним за розміром, але типово найбільшим з трьох. За номенклатурою Carpentier та співав. [48] найбільш латеральний сегмент ЗС МК описується як Р1, тобто прилеглий до передньо-латеральної комісури. Р2 є центральним сегментом, що може бути значно варіабельним за своїми розмірами, а найбільш

медіальний та задній сегмент – це РЗ. ПС МК подібна до занавіски, причому частіше неможливо ідентифікувати чіткі окремі сегменти, але до латеральної, середньої та медіальної областей ПС МК застосовують подібну номенклатуру (сегменти А1, А2 та А3). Передньо-латеральний папілярний м'яз (ПМ) підтримує латеральну комісуру МК та віддає хорди до латеральних половин обох стулок, передньої та задньої. Задньо-медіальний ПМ підтримує медіальну комісуру МК та віддає хорди до медіальних половин обох стулок. Кожна хорда від ПМ розподіляється на декілька інших хорд декілька разів перед прикріпленням до краю стулки МК. Хорди першого порядку (первинні хорди) прикріплюються до вільного краю стулки, а хорди другого порядку (вторинні хорди) кріпляться до тіл стулок (або до «грубої зони»). Хорди третього порядку (третинні хорди) прикріплюються безпосередньо від стінки шлуночка або від трабекул до основи ЗС МК або до кільця вільної стінки ЛШ. Такі хорди з прямим прикріпленням від міокарду до ПС МК є аномальними та в нормі не спостерігаються.

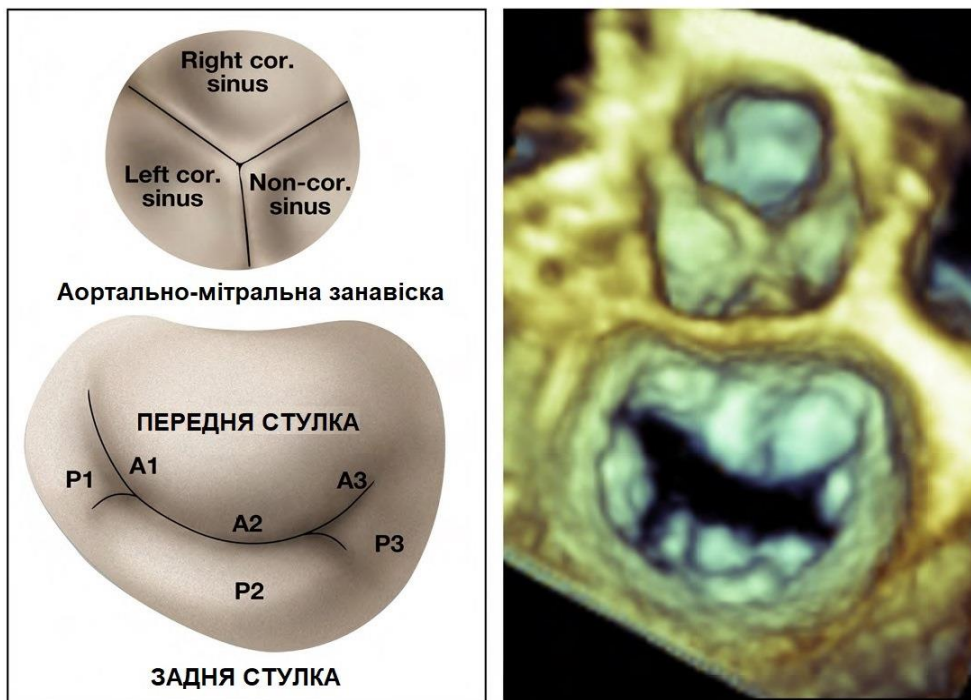


Рис. 7. Схематична діаграма (А) та вигляд МК en face (Б) з боку ЛП або хірургічна перспектива МК з демонстрацією типових анатомічних взаємовідносин. В даній проекції АК знаходиться в позиції на 12 годин. Передня стулка МК є великою, без відступу, трикутна та займає близько двох

третин всієї клапанної поверхні. Передні сегменти (A1, A2, A3) та протилежні задні сегменти (P1, P2, P3) відмічені відповідно. Латерально та медіально передня та задня стулка поєднуються з формуванням передньо-латеральної та задньо-медіальної комісур. Аортально-мітральна «занавіска» (або мітрально-аортальний міжклапанний фіброзний шар) відокремлює передню стулку МК від АК. (cor. – коронарний) [1].

Візуалізація та доплерографія МК в В-режимі. Рекомендовано візуалізувати МК разом з його КДК в зрізах LAX (з візуалізацією ЛШ та ЛП) принаймні в чотирьох різних зрізах: 4-камерному, мітральному комісуральному, 2-камерному та в зрізі LAX з ССП. Ці чотири зрізи дозволяють візуалізувати всі сегменти обох стулок МК (Рис. 4). Також можна використовувати множинні зрізи в ТГП як для візуалізації, так і для доплерівської оцінки. Взагалі протокол візуалізації має бути адаптований індивідуально до пацієнта з використанням ротаційних кутів сканування для оптимізації запису важливої інформації про структуру та функцію МК. Часто необхідним є панорамування або ротація площини сканування до додаткових зрізів для записи специфічних потоків або структурних аномалій. Зрізи для проведення КДК слід обирати на основі максимального миттєвого радіусу проксимальної конвергенції потоку (еліейзингу) мітральної регургітації за її наявності. На сьогодні описано багато методів кількісної оцінки мітральних стенозу та недостатності у відповідних рекомендаціях [70, 71]. Крім того, нещодавно з'явилися та оцінюються і продовжують розвиватися нові технології оцінки патології МК, включаючи 3D-візуалізацію [72, 73].

3D-ЧСЕхоКГ та доплерографія МК. Оцінка стану мітрального апарату з використанням 3D-ЧСЕхоКГ є найбільш корисною для 1) визначення локалізації та ступеня поширеності патології; 2) визначення механізму та ступеня важкості клапанної дисфункції, та, коли це доцільно, 3) для передачі результатів ЕхоКГ обстеження інтервенційному кардіологу або кардіохірургу при плануванні втручання. Отримання трьохвимірних зображень типово проводиться з ССП (Таб. 11).

3D-режим вузького кута. 3D-ЕхоКГ в режимі «реального часу» з використанням режиму одного кардіального циклу матриксним датчиком дозволяє обробку та візуалізацію структур в пірамідальному об'ємі 30 – 60° (вузький кут), що звичайно є достатнім для візуалізації всього мітрального апарату, коли первинним є мітральний комісуральний зріз ССП (на 60° або латеральна площа піраміди). Типово цей режим дозволяє швидку початкову 3D-оцінку мітрального апарату. Доступність режиму декількох ударів з отриманням вузького кута об'єму дозволяє більш детальну оцінку МК з більш високими часовою та просторовою роздільною здатністю, але з більшою вірогідністю потенційних дефектів візуалізації («дефектів швів»).

Обробка зображення («нарізання») з виділенням МК не повинна повністю виключати з об'єму сканування прилеглі структури, оскільки вони забезпечують цінні мітки для орієнтації та виведення МК на екрані. Орієнтація зображення має бути такою, щоб АК був зверху зображення на екрані в положенні на 12 годин, незалежно від перспективи отримання зображення (з боку ЛП або ЛШ) (Рис. 6).

3D-режим широкого кута. Фокусований широкий сектор (режим «zoom») дозволяє фокусовану широкосекторну візуалізацію клапанного апарату МК від мітрального кільця до кінчиків ПМ. Слід відмітити, що надмірне збільшення зони інтересу може призвести до надмірного падіння часової роздільної здатності. Втім, цей ефект може бути пом'якшений шляхом використання багатоциклового режиму, що дозволяє оптимізувати просторову роздільну здатність та деталізувати діагностику у випадках складної патології. Режим отримання зображення в широкому куті має найбільший можливий сектор отримання зображення, що є ідеальним для візуалізації всього мітрального апарату разом з ЛШ. Цей режим також має оптимальну просторову роздільну здатність, що дозволяє детальну діагностику при складних морфологічних патологіях МК. Також він має високу часову роздільну здатність (>30 Hz), що є бажаним при діагностиці механізмів аномальних рухів стулок. Повний об'єм, синхронізований з ЕКГ

також можна перевертати та повертати різним чином з орієнтацією мітрального апарату в унікальних позиціях en face з перспективою з боку ЛП або ЛШ.

3D-КДК. КДК має додаватися до обстеження клапанного апарату МК підчас багатоциклового отримання зображень у пацієнтів з МР та/або стенозом. Подібно до технології отримання некольорової доплерографії в багатоцикловому режимі отримання даних КДК в 3D від початку вимагає ідентифікації зони інтересу в ортогональних зрізах в В-режимі. Розмір зони інтересу має бути обмеженим власно мітральним апаратом та потоком через МК в КДК для оптимізації частоти зміни кадрів. Більш нове програмне забезпечення може дозволяти високу частоту зміни кадрів при більшому секторі, що візуалізується. Нарешті, слід намагатися отримувати найбільшу кількість синхронізованих з ЕКГ циклів (4 – 6 ударів), якщо це можливо. Додаткові дані отримані в 3D-КДК дозволяють орієнтувати площини зрізів перпендикулярно та паралельно регургітуючому та антеградному отворам, що має цінність щодо розуміння морфології та гемодинамічної значущості цих структур.

АК та Ао

При оцінці клапанного апарату АК потужність ЧСЕхоКГ частіше застосовується для оцінки скоріше морфології, ніж функції нативного АК. Оцінку гемодинаміки на АК краще проводити підчас ТТЕхоКГ внаслідок кращої придатності ТТЕхоКГ до оцінки потоків на АК з використанням множинних доступів, що підчас ЧСЕхоКГ є дещо лімітованою. Точна оцінка АК залежить від розуміння будови всього клапанного апарату АК, який складається з власно АК, кореня Ао та ВТЛШ. Внаслідок того, що обструкція відтоку з ЛШ може відбуватися не тільки на рівні АК, але й нижче та вище АК, важливо ретельно оцінювати ці області. ЕхоКГ в В-режимі лишається до сьогодні золотим стандартом оцінки морфології АК. Втім, 3D-ЧСЕхоКГ може значно покращити якість оцінки як АК, так і ВТЛШ та морфології аортального кільця. Трьохвимірний ЧСЕхоКГ дозволяє отримати виміри площі

АК, що є дуже близькими до результатів МСКТ [74]. Оцінка кореня Ао також є важливим компонентом повноцінної оцінки морфології та функції АК, оскільки дилатація кореня Ао також може асоціюватися з порушенням структури та функції АК.

Анатомія. АК є напівмісячним клапаном з трьома стулками, локалізованим близько до анатомічної середини серця. Аортальні стулки ідентифікуються за відходженням коронарних артерій від відповідних синусів Вальсальви: ліва коронарна (ЛКС), права коронарна (ПКС) та некоронарна (НКС) стулки. Ці три напівмісячні стулки формують частину відповідних синусів Вальсальви та фіброзні міжстулкові трикутники. Кожна напівмісячна стулка прикріплюється до аортальної стінки вигнутим способом так, що базальне прикріплення локалізується в порожнині ЛШ нижче анатомічного шлуночково-аортального поєднання, а дистальне прикріплення – на рівні синотубулярного переходу [75]. Синуси Вальсальви та синотубулярний перехід є інтегральними частинами клапанного механізму, тому будь-яка значуща дилатація цих структур може призводити до недостатності АК (АН). Взагалі, якщо провести лінію за вигнутою «стежкою» лінії прикріплення стулок Ао, трохвимірна конфігурація АК нагадує корону [76].

Корінь Ао не є специфічною окремою структурою per se, але він включає в себе кільце АК, стулки АК, синуси Вальсальви, отвори коронарних артерій, синотубулярний перехід та проксимальну частину висхідної Ао. Виносний тракт ЛШ (ВТЛШ) є частиною ЛШ безпосередньо проксимальніше АК. Устя коронарних артерій починаються від відповідних синусів Вальсальви, хоча точна їх локація в синусах може бути варіабельною.

Візуалізація та доплерографія АК та ВТЛШ в В-режимі.

Візуалізація морфології АК та ВТЛШ найкраще здійснюється з ССП, як це описано в розділі «Повноцінні обстеження та візуалізація». З цієї позиції датчика можливі оцінка та візуалізація АК та оточуючих структур як LAX,

так і SAX. Підчас візуалізації прицільно АК найкраще встановлювати зріз або використовувати режим «zoom» з фокусом на АК. Для збільшення роздільної здатності зображення візуалізацію слід виконувати, використовуючи найвищу можливу частоту зображення. Оскільки АК знаходиться в ближньому полі сканування, візуалізація при найвищих частотах отримання зображення взагалі є можливою. Втім, в деяких випадках, при наявності вираженого кальцинозу АК краще використовувати більш низькі частоти. Кількість стулок АК, довжину вільних країв аортальних стулок та площа аортального отвору (ПАО) можуть бути визначені із зрізу АК SAX в ССП (зріз №10). При чому можлива одночасна візуалізація всіх трьох стулок АК (Рис. 8). Стулка, прилегла до МПП є НКС, найбільш передня стулка – це ПКС, третя – ЛКС. КДК в цьому поперечному зрізі використовується для детекції наявності аортальної регургітації (АР) та для визначення розміру та локалізації регургітуючого отвору. Для візуалізації отворів гирл ПКА та ЛКА та синотубулярного переходу датчик дещо висувається з легкою антефлексією для зсуву площини сканування вище через синуси Вальсальви. Для візуалізації зрізу ВТЛШ SAX датчик просувається з тим, щоб змістити площину сканування через ВТЛШ проксимальніше кільця АК.

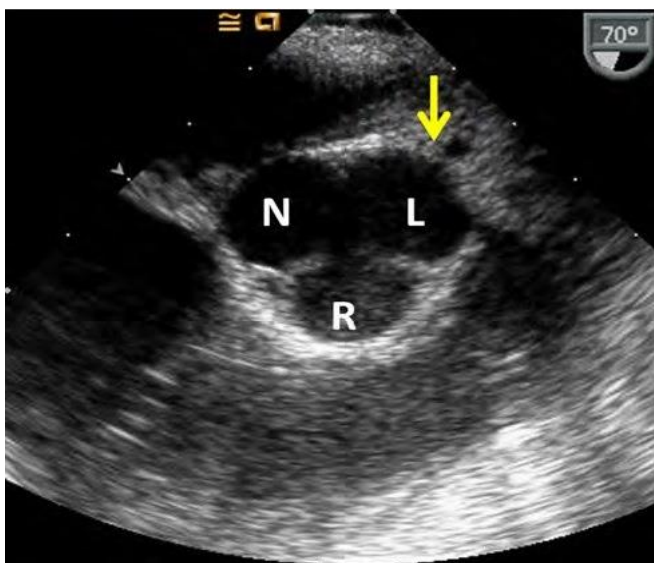


Рис. 8. Зріз через АК SAX в ССП. Стулки АК ідентифікуються за відповідною наявністю або відсутністю гирл коронарних артерій, що

відходять від відповідних синусів Вальсальви: ЛКС (L), ПКС (R) та НКС (N). На даному зрізі візуалізується гирло стовбура ЛКА (стрілка) [1].

Зріз АК LAX в ССП (зріз №6) дозволяє візуалізацію базальної частини МШП, ВТЛШ, а також АК, аортального кільця та синусів Вальсальви. Цей зріз є особливо важливим за наявності базальної гіпертрофії МШП, яка може бути асоційована з аортальним стенозом (АС) або гіпертрофічною кардіоміопатією (ГКМП). Виміри ВТЛШ мають проводитися в ранню систолу або в середині систоли, дистальніше сигмовидної ділянки МШП, якщо така наявна, типово на відстані до 5 мм від аортального кільця. Цей вимір добре корелює з даними вимірів підчас ТТExoКГ [77, 78]. За відсутності значущого АС (та проксимальної конвергенції потоку) для розрахунку ударного об'єму (УО) використовується діаметр аортального кільця на рівні «шарнірних» точок стулок АК [62]. У випадку АС та проксимальної конвергенції потоку за діаметр для розрахунку УО приймається діаметр ВТЛШ (ІХД на відстані до 5 мм апікальніше від аортального кільця) [71]. Детальний розбір ехокардіографічної кількісної оцінки АС викладений у відповідних рекомендаціях [71].

Із зрізу АК LAX в ССП також можна оцінити АК. Стулка АК, що лежить спереду або в напрямку низу екрану – завжди ПКС. Протилежна стулка може бути ЛКС або НКС, залежно від точної локалізації зрізу площини сканування та її проходження через АК. Цей зріз є найкращим для оцінки розмірів кореня Ао. Діаметр ВТЛШ та кільця АК вимірюються протягом систоли, зокрема з метою планування транскатетерного протезування АК [13]. Кільце АК визначається як точки прикріплення стулок АК («шарнірні» точки), а його діаметр в нормі складає 1,8 – 2,5 см. За умов акустичних тіней від кальцинозу АК та аортального кільця може бути потрібною візуалізація з багатьох зрізів, що досягається поступовим висуненням або просуненням датчика. Допплерографія в зрізі АК LAX в ССП дозволяє оцінити потоки через ВТЛШ, АК та в проксимальній третині висхідної Ао. КДК ВТЛШ часто є цінним для визначення точної локалізації обструкції ВТЛШ. Оскільки в

цьому зрізі потік є перпендикулярним до ультразвукових променів, пікові швидкості потоків в ВТЛШ або на АК типово в ССП не отримуються, за винятком випадків виражено ексцентричних потоків та/або випадків, коли можливо вирівняти ультразвуковий промінь більш-менш паралельно потоку шляхом висунення або просунення датчика. Втім, інші доплерографічні виміри, такі як *vena contracta* регургітуючого потоку, співвідношення площі потоку до площі ВТЛШ SAX, а також радіус проксимальної ізошвидкісної конвергенції потоку для кількісної оцінки об'єму регургітації та площі регургітуючого отвору, в цих зрізах можуть бути виконані. Кількісна оцінка АР більш детально викладена у відповідних рекомендаціях [70].

Первинна мета використання двох зрізів АК в ТГП (глибокий 5-камерний зріз та зріз LAX [зрізи №21 та №24]) полягає в паралельному вирівнюванні доплерівського курсору до трансаортального потоку, що є необхідним для точної оцінки потоку через АК та визначення пікових швидкостей. У деяких пацієнтів ці зрізи також дозволяють візуалізувати шлуночкові поверхні АК, хоча візуалізація АК в дальньому полі сканування може обмежувати детальну оцінку. При глибокій ТГП важче визначати та контролювати точне положення датчика та площини сканування, але при влучній маніпуляції датчиком по різних напрямкам найчастіше вдається отримати обидва зрізи. В обох цих зрізах АК локалізується в дальньому полі сканування, а ВТЛШ спрямований в напрямку від датчика. Ротація площини сканування від цих зрізів може дозволити у деяких пацієнтів візуалізацію в дальньому полі сканування дуги Ао та магістральних судин.

Швидкість кровотоку в ВТЛШ визначається шляхом встановлення пробного об'єму ІХД в центрі ВТЛШ безпосередньо проксимальніше АК. Дані спектральної доплерографії разом з визначенням діаметру ВТЛШ або кільця АК використовуються для розрахунку УО ЛШ [62, 63]. Пікова швидкість потоку через АК визначається шляхом спрямування курсору ПХД через ВТЛШ та стулки АК або іншу ділянку високошвидкісного турбулентного потоку, яка визначається за допомогою КДК. Зважаючи на

лімітовану кількість доступних «вікон» для сканування, слід пам'ятати про те, що пікові швидкості потоку на АК підчас ЧСЕхоКГ часто можуть бути недооціненими. Оцінка клапанних стенозів детально розкрита у відповідних рекомендаціях [71]. В цих зрізах також можливо оцінювати потоки АР, але їх локалізація в дальньому полі сканування створює для цього багато обмежень [13, 70, 79].

Візуалізація та доплерографія кореня Ао та проксимальної висхідної Ао в В-режимі. Зрізи АК LAX та висхідної Ао LAX в ССП (зрізи №6 та №7) є найбільш корисними для візуалізації та вимірів кореня Ао та проксимальної частини висхідної Ао. Хоча зріз АК LAX найкраще отримується під кутом сканування $120 - 140^\circ$, висхідну Ао LAX з ССП краще візуалізувати під меншими кутами, близько $90 - 110^\circ$, внаслідок того, що цей відрізок Ао локалізується правіше кореня Ао. Зріз висхідної Ао SAX може бути отриманий ортогонально з відповідного зрізу LAX. Може бути корисною одночасна багатопланова візуалізація з використанням 3D-ЕхоКГ.

Виміри кореня Ао звичайно виконують на наступних рівнях: 1) кільце АК («шарнірні» точки стулок АК); 2) максимальний діаметр кореня Ао на рівні синусів Вальсальви; та 3) синотубулярний перехід (перехід синусів Вальсальви в тубулярну частину висхідної Ао). Існують певні суперечливості щодо методології вимірів Ао. Деякі експерти надають перевагу методу визначення діаметру «від внутрішнього краю до внутрішнього краю» з метою відтворюваності діаметрів за даними інших методів візуалізації, таких як МРТ та МСКТ. Втім, відповідно до Рекомендацій ASE [80] нормативні реферативні межі розмірів Ао для дорослих наводяться за методикою виміру «від верхнього краю до верхнього краю». Нормативна реферативна база для педіатричної популяції, з іншого боку, отримана за методологією систолічних вимірів «від внутрішнього краю до внутрішнього краю» [81]. Рекомендації з оцінки грудної аорти Американського коледжу кардіологів та Американської асоціації серця 2010 р. [82] також розглядають ЕхоКГ нарівні з іншими методами візуалізації для оцінки грудної Ао. Зрізи, що

використовуються для вимірів мають бути такими, щоб демонструвати найбільший діаметр кореня Ао при вимірі перпендикулярно довгій осі судини в даному зрізі. Віддається перевага вимірам в В-режимі перед М-режимом, оскільки циклічні рухи серця та результуючі зміни в положенні курсору М-режиму відносно максимального діаметру синусів Вальсальви призводять до систематичної недооцінки (приблизно на 2 мм) діаметрів Ао [83]. Діаметр кільця АК можна вимірювати в діастолу між точками прикріплення («шарнірними точками») стулок АК (від внутрішнього краю до внутрішнього краю) в зрізах LAX, що дають найбільший діаметр кільця АК (див. вище), але при плануванні хірургічного або транскатетерного протезування АК такі виміри слід проводити в систолу [13, 84]. КДК може бути важливим у випадках патології, такої як розшарування Ао або інтрамуральні гематоми.

Візуалізація та доплерографія грудної Ао в В-режимі. Низхідна грудна Ао та верхня частина абдомінальної Ао візуалізуються за допомогою ротації черезстравохідного датчика вліво з візуалізацією задню та ліву частини грудної порожнини (низхідна Ао локалізується вліво від хребта). Датчик просувається до втрати зображення по мірі проходження Ао за межі діафрагми з поступовим висуненням датчика по стравоходу з отриманням зрізів низхідної Ао SAX та LAX (зрізи 25 та 26). Може бути корисною одночасна багатопланова візуалізація. Для оптимізації якості зображення можна збільшувати зображення Ао на екрані шляхом зменшення глибини сканування, зсуву фокусу в ближнє поле сканування та підвищення частоти роботи датчика. По мірі висунення датчика наверх від діафрагми в напрямку дуги Ао часто можна візуалізувати відходження лівої підключичної артерії. Дистальний сегмент висхідної Ао та дуга Ао візуалізуються гірше та рідше внаслідок проходження заповненої повітрям трахеї між стравоходом та цими сегментами грудної Ао [85]. Кут площини сканування ротується вперед з 0° (зрізи SAX) до 90 – 110° з поступовим виведенням циркулярного, косого та LAX зрізів низхідної Ао, в яких стінки низхідної Ао виглядають як дві

паралельні лінії (зріз LAX). При цьому вдається візуалізувати та оцінити порушення внутрішнього контуру аортальної стінки та наявність атером, визначити товщину атером, а також наявність рухливих атеросклеротичних елементів.

КДК грудної Ао використовується для виявлення фізіологічних та патологічних потоків, зокрема у випадках атером з виразковим процесом або при розшаруванні Ао з відшарованою інтимою. ІХД для оцінки зворотного потоку в низхідній Ао можна виконати майже завжди, що треба використовувати як надійний допоміжний показник важкої АР, особливо за умов поганої візуалізації ВТЛШ. Внаслідок перемінних синтопічних взаємовідносин між стравоходом та низхідною грудною Ао, а також недостатніх внутрішніх анатомічних міток, визначати передню та задню стінку та праву та ліву орієнтацію на ЧС зображеннях буває важко. Одним з підходів до анатомічної локалізації патологічних знахідок в низхідній Ао є описання локалізації дефекту на певній відстані від відходження лівої підключичної артерії та його локалізації на стінці Ао відносно позиції стравоходу (напр., стінка протилежна стравоходу). Іншим підходом є запис глибини ураження від різців. Наявність прилеглої анатомічної структури, наприклад, ЛП або базального відділу ЛШ, також може допомогти визначити відповідний рівень низхідної Ао.

Дуга Ао візуалізується на зрізах дуги Ао LAX та SAX в ВСП (зрізи №27 та №28). У деяких пацієнтів висунення датчика вище зрізу дуги Ао LAX в ВСП дозволяє візуалізувати проксимальний сегмент лівої підключичної та лівої сонної артерій. Правий брахіоцефальний стовбур більш складно візуалізувати внаслідок інтерпозиції заповненої повітрям трахеї. По мірі висунення датчика, можна паралельно здійснювати його ротацію вліво (проти часової стрілки) для візуалізації подальшого ходу лівої підключичної артерії. Ліва внутрішня яремна вена пролягає спереду та лівіше загальної сонної артерії, та її інколи вдається візуалізувати. В зрізі дуги Ао SAX в ВСП відходження великих гілок дуги Ао можна часто ідентифікувати в верхній

частині дуги Ао в правій частині екрану. Частота візуалізації магістральних гілок дуги Ао підчас ЧСЕхоКГ є найнижчою для правого брахіоцефального стовбура та найвищою для лівої підключичної артерії. Ліва плече-головна вена також часто візуалізується спереду від дуги Ао. Ротація від зрізу дуги Ао LAX (на 0°) вперед до зрізу SAX (на 90°) може дозволити візуалізацію стовбура ЛА в дальньому полі сканування (типово на 70 – 90°).

3D-ЧСЕхоКГ АК та Ао. Трьохвимірна ЧСЕхоКГ в ССП забезпечує важливу морфологічну інформацію про АК та ВТЛШ. Міжкомісуральні відстані та довжина вільних країв стулок можуть бути виміряні підчас 3D-ЧСЕхоКГ та використовуються для вибору розмірів протезів, в тому числі при плануванні клапаннозберігаючих втручань [86] (Рис. 9).

Оскільки ВТЛШ за своїм поперечним зрізом часто є не циркулярним, а овальним, виміри з сагітального зрізу (LAX) в В-режимі можуть недооцінювати справжні розміри ВТЛШ. Трьохвимірна ЧСЕхоКГ типово дає більші розміри площі ВТЛШ та розрахункові розміри та площі отвору АК [87]. Насправді, було доказово продемонстровано, що пряма планіметрія площі АК та ВТЛШ за даними 3D-ЧСЕхоКГ відрізняється кращою відтворюваністю [88, 89]. При такому більш точному вимірюванні площі ВТЛШ вдається уникнути геометричних припущень рівняння безперервності потоку, що призводить до більш точного визначення площі АК при використанні 3D-ЧСЕхоКГ порівняно з традиційними вимірами в В-режимі.

3D-ЧСЕхоКГ сьогодні вже перетворилася на важливий компонент анатомічної оцінки аортального кільця та Ао при плануванні транскатетерних процедур [90]. Доказові дані досліджень дозволяють припустити, що 3D-ЧСЕхоКГ здатна точно визначати площу та периметр аортального кільця [91 – 94], та може використовуватися для визначення відстані між кільцем та кінчиками стулок з одного боку, та гирлами коронарних артерій з іншого [90] у випадках важкого кальцинованого АС. При плануванні транскатетерних втручань ці виміри виконуються в середині систоли [95].

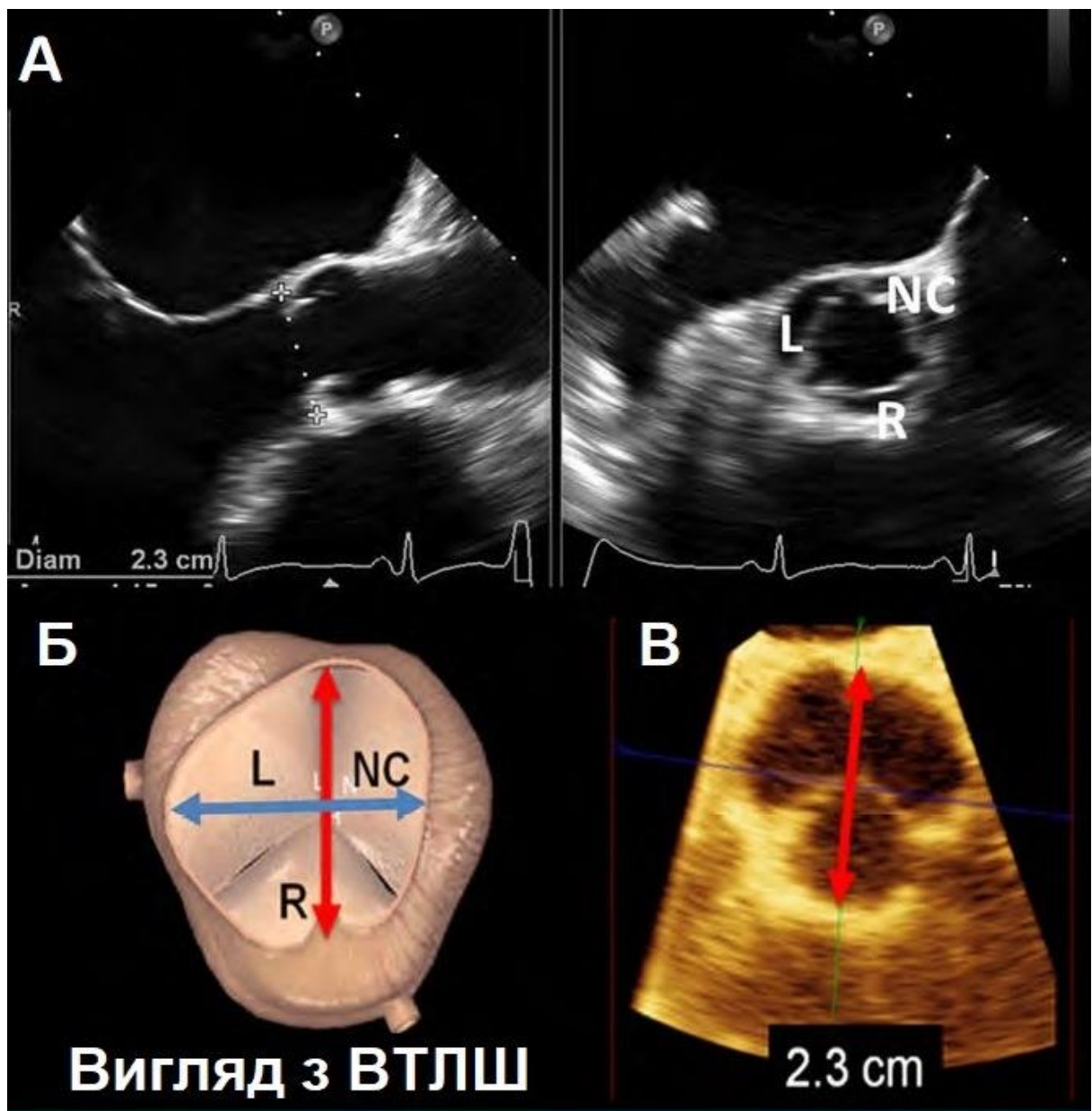


Рис. 9. Планарні виміри в В-режимі можуть некоректно оцінювати істинні розміри кільця АК, якщо зріз LAX не перетинає максимальний діаметр кореня Ао. А. Одночасна багатопланова візуалізація добре встановленого зрізу LAX, що перетинає навпіл комісуру ЛКС та НКС ззаду та ПКС спереду. Б. Схема, що демонструє оптимальну сагітальну площину для вимірів (червона стрілка), що відповідає відстані між комісуурою ЛКС та НКС та ПКС. В. Вимір в сагітальній площині під час 3D-ЧСЕхоКГ відповідає 2,3 см. Втім, найбільшим розміром є коронарна площина (блакитна стрілка). (L – ЛКС; R – ПКС; NC – НКС) [1].

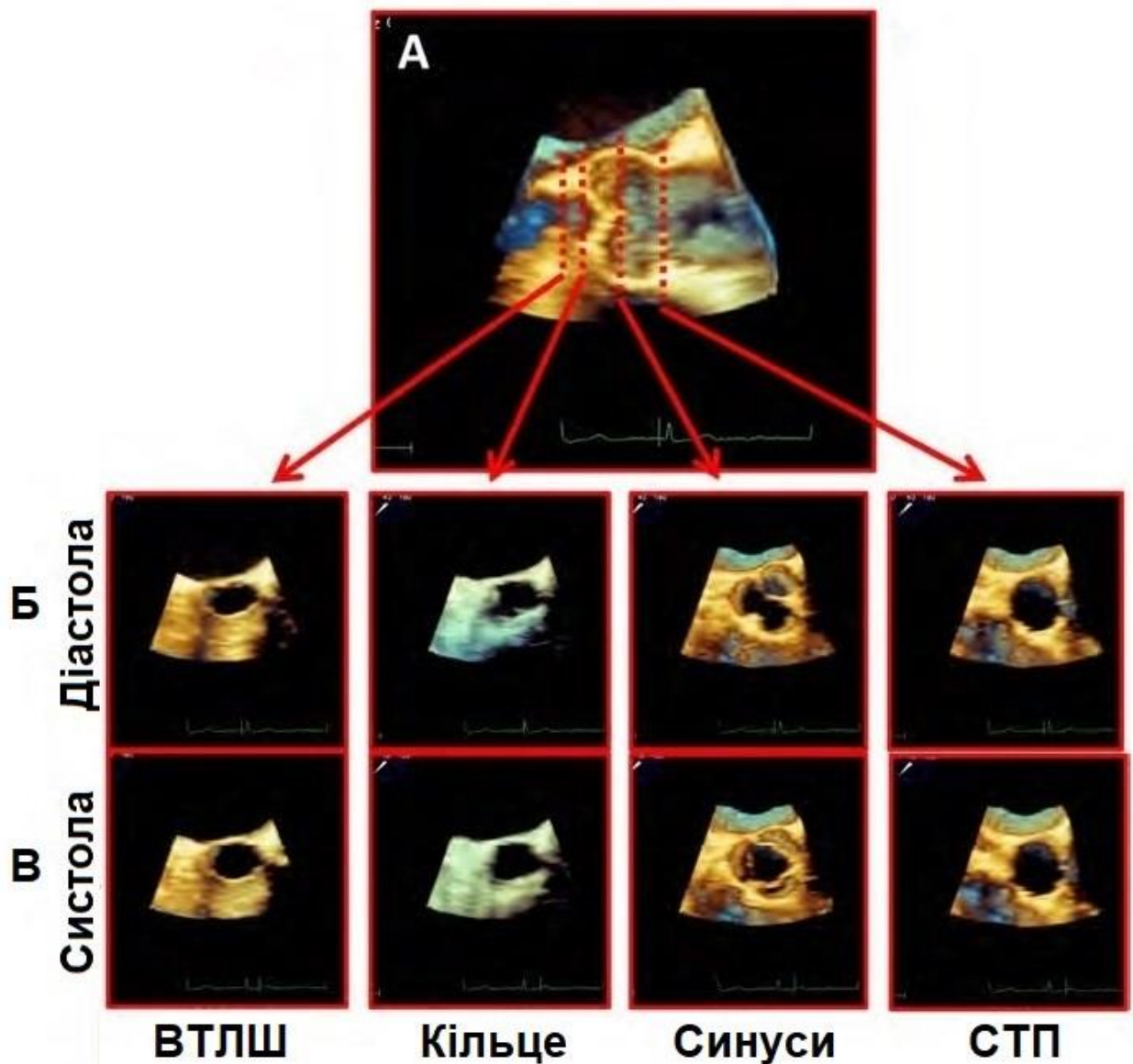


Рис. 10. 3D-ЧСЕхоКГ візуалізація Ао. А. 3D об'ємна реконструкція Ао в режимі реального часу по довгій осі (LAX). Відповідні зрізи по короткій осі (SAX) показано на рисунках Б (діастолічні кадри) та В (сistolічні кадри). Наведені анатомічні зміни залежно від рівня сканування: овальний контур ВТЛШ та циркулярний контур синотубулярного переходу (СТП). Окрім змін контурів ВТЛШ та аортального кільця per se слід також відмітити зміни їх контурів протягом серцевого циклу: вони стають більшими та більш циркулярними в систолу [1].

3D-режим вузького кута. Слід отримати зображення АК підчас ЧСЕхоКГ в В-режимі зі зрізу АК SAX або LAX (Таб. 11). Після оптимізації зображення в В-режимі можна використовувати отримання об'ємного масиву

вузьким кутом з послідуєчим дослідженням анатомії АК та кореня Ао. Після отримання 3D об'єму з зображенням АК en face, зображення АК на екрані орієнтується таким чином, щоб ПКС локалізувалася внизу сектора, незалежно від того, з якої перспективи отримане зображення (з ВТЛШ або з Ао) (Рис. 5).

3D-режим широкого кута. Після отримання даних захоплення об'єму широким кутом в 3D площина сканування має бути вирівняна паралельно отвору АК, ідентифікованому в зрізі LAX. Це дозволяє отримати 3D зріз отвору АК SAX, який можна використати для планіметрії. Також площину сканування можна зсунути в ВТЛШ, на синуси Вальсальви або на синотубулярний перехід для отримання відповідних поперечних трьохвимірних зрізів. Нарешті, площини сканування можна розташувати також перпендикулярно аортальному кільцю для оцінки анатомії надклапанної та підклапанної областей з метою оцінки можливих серійних стенозів.

3D-КДК. КДК підчас 3D-ЧСЕхоКГ слід також виконувати для візуалізації вигляду потоку в систолу та діастолу. Додаткове КДК з отриманням захоплених об'ємів дозволяє розташовувати зрізи перпендикулярно та паралельно регургітуючому та антеградному отворам, що може допомагати розуміти морфологічну та гемодинамічну значущість аномальних потоків.

КЛА

Анатомія. Клапан легеневої артерії (КЛА) подібно до АК є напівмісячним та має три стулки. На відміну від АК стулки КЛА є тоншими та не мають спільного фіброзного поєднання з м'язовою частиною МШП та фіброзним кільцем правого атріовентрикулярного клапану (ТК) [96]. Три стулки КЛА визначаються за їх позицією відносно АК. Таким чином права та ліва стулки відповідають ПКС та ЛКС АК. Третя стулка визначається як передня або «протилежа», зважаючи на її положення напроти АК [50]. Площина КЛА є косою по відношенню до площини АК. Усвідомлення цієї

синтопії є корисним, коли оператор намагається визначити оптимальне вікно для візуалізації КЛА. Зважаючи на те, що КЛА знаходиться спереду та, таким чином, в дальньому полі сканування під час ЧСЕхоКГ, його зрізи є більш складними для виведення внаслідок або інтерференції від інших структур (бронхи), або внаслідок скарг з боку пацієнта внаслідок занадто високої або трангастральної позиції датчика. Тому ці додаткові зрізи часто мають виключне значення у невідкладних ситуаціях за умов «важкої седації» або в умовах загальної анестезії в операційній [97, 98].

Візуалізація та доплерографія КЛА в В-режимі. КЛА можна візуалізувати з декількох зрізів, але не всі з них можуть бути завжди отримані або є необхідними при кожному обстеженні. Подібно до інших клапанів корисним є застосування В-режиму, КДК, спектральної доплерографії та 3D. Під час повноцінної ЧСЕхоКГ перший зріз КЛА можна отримати шляхом ротації датчика вліво (проти часової стрілки) зі зрізу висхідної Ао LAX (зріз №7) або зрізу висхідної Ао SAX (зріз №8) в ССП. Візуалізація КЛА з цих зрізів в ССП типово вимагає легкого висунення датчика в більш високу позицію в стравоході. Поворот датчика вліво (проти часової стрілки) зі зрізу висхідної Ао LAX в ССП дозволяє візуалізацію стовбура ЛА з КЛА в дальньому полі сканування. Підтримання положення стовбура ЛА в центрі сектору сканування з ротацією площини сканування назад (в напрямку 0°) дозволяє візуалізацію стовбура та біфуркації ЛА. В будь-якому з цих зрізів можливим є проведення ІХД та ПХД, а також КДК, тому що курсор доплеру буде паралельним до потоків на КЛА. Крім того, поворот датчика вправо (по часовій стрілці) дозволяє візуалізацію правої долевої ЛА (зріз LAX) та біфуркації стовбура ЛА, а також ВПВ (зріз SAX).

Зріз притоку-відтоку з ПШ (зріз №11) дозволяє візуалізацію двої стулок (типово лівої або правої та передньої) та є корисним зрізом для оцінки мобільності, товщини стулок та оцінки регургітації в В-режимі та за допомогою КДК. Виведення цього зрізу часто обмежується акустичними шумами від АК або клапанних протезів в Ао-позиції, що лежать

безпосередньо ззаду від КЛА. Просунення датчика з розташуванням ВТПШ перпендикулярно до ультразвукових променів покращує зображення, дозволяючи проведення вимірів діаметрів ВТПШ (Рис. 11А).

Зрізи через КЛА в ТГП (Рис. 11Б) використовуються переважно з метою вирівнювання транспульмонарного потоку паралельно до доплерівського курсору. Датчик просувається в шлунок з антефлексією від апікального зрізу SAX в ТГП (зріз №18) для отримання зрізу через базальний відділ ПШ (зріз №19). Флексія датчика вправо від цього зрізу типово дозволяє візуалізувати зріз притоку-відтоку з ПШ (зріз №20). Подібний дзеркальний зріз можна отримати шляхом ротації площини сканування зі зрізу через базальний відділ ПШ в ТГП на $90 - 120^{\circ}$. КДК та спектральна доплерографія використовуються, коли курсор доплеру вирівняний паралельно транспульмонарного потоку. Зріз дуги Ao SAX (рівень дуги Ao) в ВСП часто дозволяє візуалізувати стовбур ЛА за КЛА в дальньому полі сканування LAX (Рис. 11В).

3D-ЧСЕхоКГ КЛА. При трьохвимірній візуалізації КЛА під час ЧСЕхоКГ датчик може позиціонуватися на зрізі дуги Ao SAX в ВСП (зріз №28) з площиною сканування на кутах $70 - 90^{\circ}$ або на 3-камерному зрізі ЛШ з коренем Ao на $\approx 120^{\circ}$ з послідуною ротацією датчика вліво (проти часової стрілки) для виведення в зріз КЛА (Таб. 11). Типово отримання такого зрізу КЛА є складним для виконання внаслідок частого випадіння сигналу від дуже тонких стулок КЛА.

3D-режим вузького кута. При оптимальній візуалізації можна отримати 3D дані КЛА з використанням режиму отримання даних в вузькому куті з одного кардіального циклу. Вузькокутовий багатоцикловий режим дозволяє кращу візуалізацію стулок КЛА. Зображення можна «нарізати» з його ротацією для візуалізації КЛА en face після отримання вигляду КЛА з боку ЛА або ПШ. При візуалізації режиму en face передня стулка КЛА повинна локалізуватися зверху в положенні на 12 годин незалежно від перспективи, з якої отримували зображення.

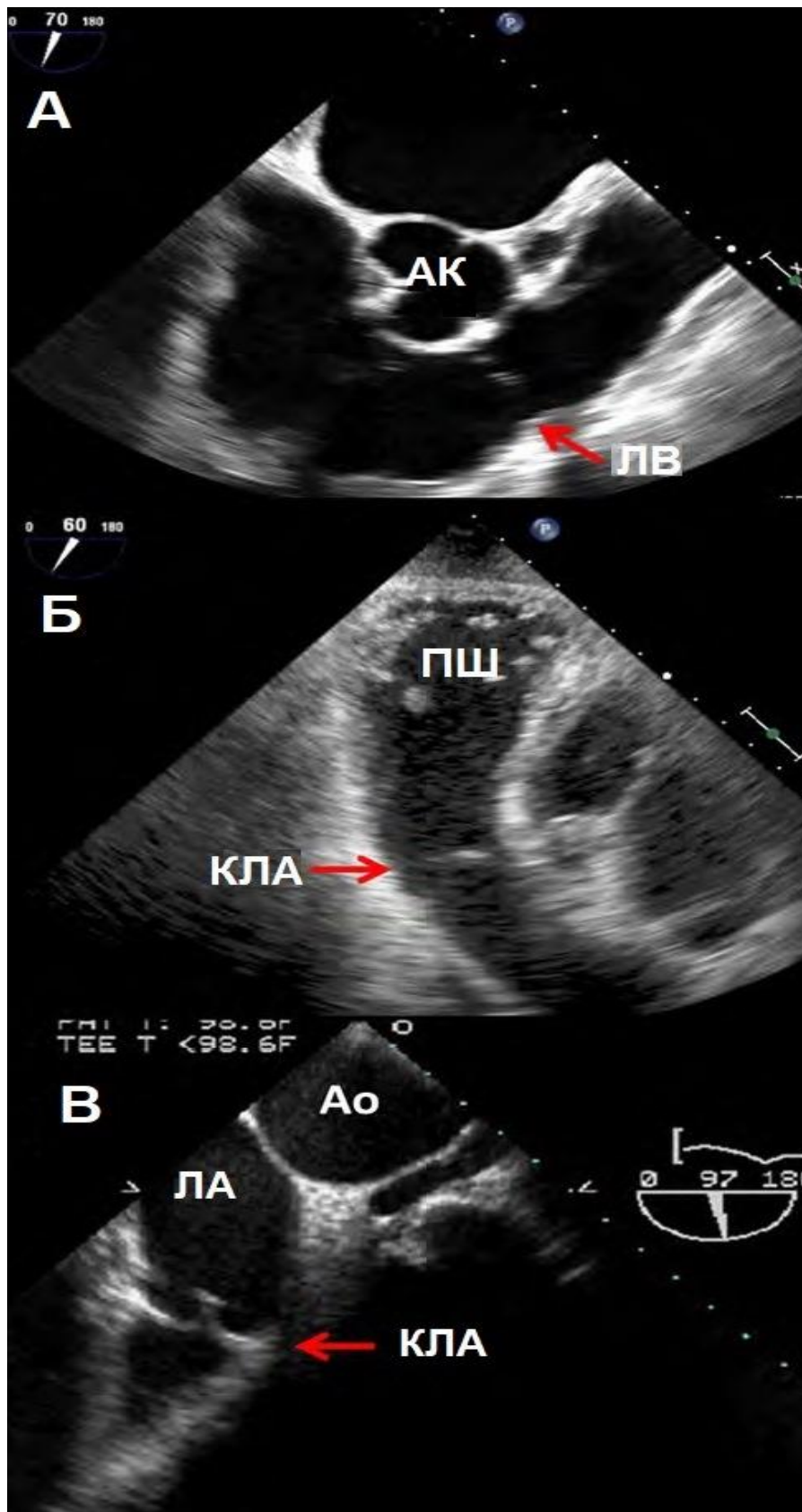


Рис. 11. Візуалізація КЛА в ССП із зрізів притоку-відтоку з ПШ (А, червона стрілка), в ТГП, зріз через базальний відділ ПШ (Б, червона стрілка) та зі зрізу дуги Ао SAX в ВСП (В, червона стрілка) [1].

3D-режим широкого кута. Режим отримання даних в широкому куті також дозволяє дослідження КЛА, стовбура ЛА та ВТПШ. Після захоплення, «нарізки» та ротації пірамідального об'єму можна візуалізувати перспективу КЛА en face. Також «нарізка» може використовуватися для оцінки розмірів стовбуру ЛА та ВТПШ [99]. Нарешті, об'єм можна «нарізати» таким чином, щоб на одному зображенні візуалізувалися ВТПШ, КЛА та головна ЛА.

3D-КДК. У пацієнтів з легеневою регургітацією (ЛР) або стенозом (ЛС) КДК має додаватися до отримання даних в режимі багатоциклового вузького кута. Розмір пробного об'єму має обмежуватися КЛА та потоком в КДК з оптимізацією частоти оновлення кадрів. Як було зазначено вище, слід завжди намагатися отримувати максимальну кількість зрізів з ЕКГ-синхронізацією з найменш коротким по можливості терміном захоплення даних для 3D-реконструкції. Пірамідальний захоплений об'єм може оцінюватися в оригінальному вигляді з послідуною ротацією для оцінки КЛА з перспективи ЛА та ПШ з ідентифікацією місця початку потоку. Подальша «нарізка» пірамідального об'єму та використання режиму пригнічення чорно-білої шкали можуть використовуватися для ідентифікації ефективного регургітуючого отвору (ЕРО), розрахунку площі ЕРО, vena contracta та оцінки площі поверхні проксимального ізощвидкісного потоку (PISA) в 3D.

ТК

Зацікавленість патологією ТК зросла протягом останніх років [100 – 102] з визнанням прогностичної важливості вторинної трикуспідальної регургітації (ТР) [103 – 106] та хірургічних втручань з метою пластики ТК [107, 108]. Важка ТР є незалежним предиктором довгострокової смертності [103]. Внаслідок того, що вторинна ТР, як правило, ускладнює мітральну патологію [100 – 102] у більш, ніж 30% випадків [94 – 96], оцінка анатомії ТК сьогодні стала важливою частиною повноцінного ехокардіографічного обстеження, в тому числі і ЧСЕхоКГ.

Анатомія. ТК – найбільший за розмірами та найбільш апікально розташований клапан серця. Комплекс клапанного апарату ТК складається з

трьох стулок (передньої, задньої та септальної), відповідних стулкових хорд, трьох папілярних м'язів (ПМ, переднього, заднього та третього варіабельного за розташуванням м'яза) та фіброзного кільця ТК [109]. Трикуспідальні стулки є досить різними за циркулярним (кільцевим) та радіальним розмірами. Відносні циркулярне або кільцеве співвідношення передньої до септальної до задньої стулки у здорових суб'єктів складає 1:1:0,75 [102, 110]. Передня стулка (ПС) ТК є найдовшою стулкою за радіусом, а септальна стулка (СС) – найкоротшою. Ця коротка СС прикріплюється до трикуспідального кільця безпосередньо вище МШП з певною кількістю хорд третього порядку, що кріпляться безпосередньо до МШП, а не до ПМ. Трикуспідальне кільце є складною динамічною структурою. Трьохвимірна ЧСЕхоКГ додала багато до нашого розуміння анатомії ТК [111, 112]. Нормальне трикуспідальне кільце є трикутним з непланарними високою та низькою точкою, при чому передня та задня частини кільця розташовані вище, а задньо-септальна його частина розташована нижче (апикальніше) [101].

Візуалізація та доплерографія ТК в В-режимі. Типово перше зображення ТК отримується з 4-камерного зрізу в ССП (зріз №2), в якому візуалізуються септальна та передня стулки ТК. Ротація датчика вправо (по часовій стрілці) виводить кільце ТК в центр сектору сканування, дозволяючи візуалізацію множинних площин через ТК підчас аксіальної ротації. Площина ТК часто не співпадає з площиною зрізу, що дещо утруднює оцінку всіх стулок ТК, але долається за допомогою 3D-ЧСЕхоКГ (див. нижче). Внаслідок того, що СС ТК має коротшу радіальну довжину та часто є найбільш фіксованою ригідним трикуспідальним кільцем стулкою, потік ТР часто є спрямованим в бік МПП. Зріз притоку-відтоку з ПШ (зріз №11) та модифікований бікавальний зріз через ТК в ССП (зріз №12) можуть бути дуже корисними для КДК та спектральної доплерографії внаслідок того, що СС ТК візуалізується en face, а потік ТР в цих зрізах часто спрямований в бік

МПП, що робить його майже ідеально паралельним до ультразвукових променів.

Зрізи через базальний відділ ПШ (зріз №19), притоку-відтоку з ПШ (зріз №20), та зріз приносного тракту ПШ (зріз №23) є додатковими зрізами в ТГП, що можуть бути корисними для візуалізації ТК. Типово в цих зрізах в ближньому полі сканування візуалізується ЗС ТК. КДК ТК в зрізі SAX (зріз через базальний відділ ПШ в ТГП) може дати краще уявлення про контур *vena contracta* при складних потоках ТР (Рис. 12). Нестандартні глибокі ТГ зрізи також можуть візуалізувати ТК LAX (0°). Максимальна антефлексія датчика з деякою флексією вправо призводить до перпендикулярного зрізу площини трикуспідального кільця до ультразвукових променів з паралельним вирівнюванням потоків ТР.

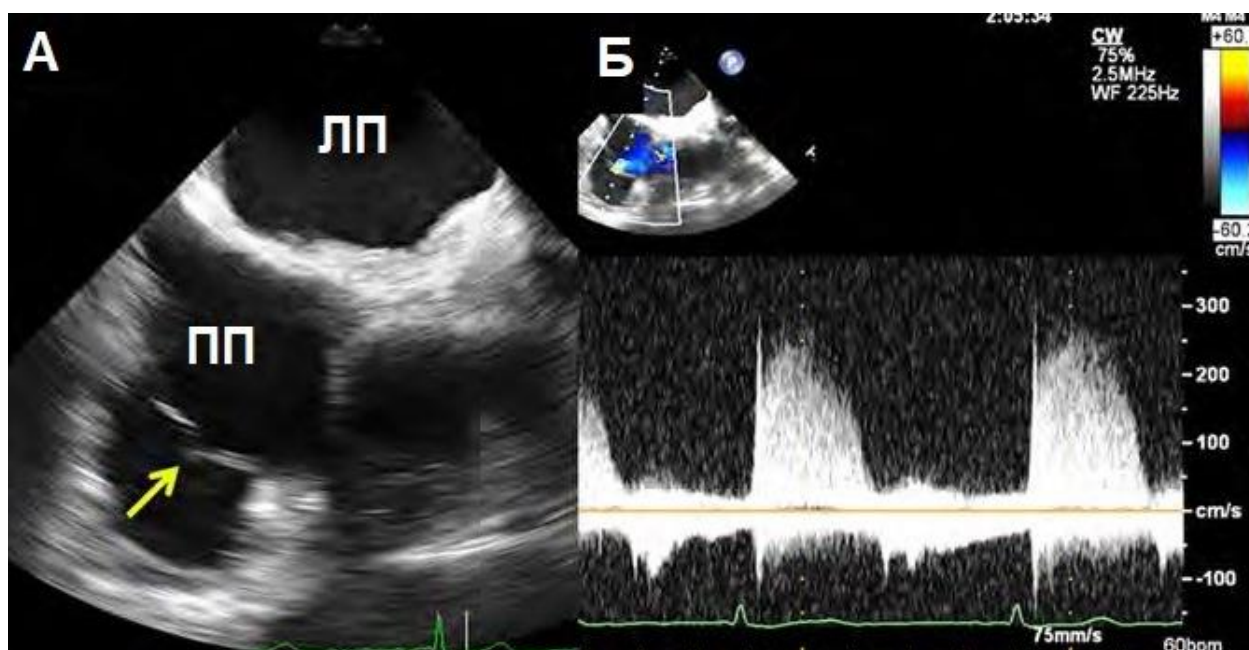


Рис. 12. Модифікований бікавальний зріз ТК в ССП (А) візуалізує точку коаптації стулок ТК (жовта стрілочка) та регургітуючі потоки, направлені в бік МПП з оптимальним вирівнюванням з курсором ПХД (Б) [1].

3D-ЧСЕхоКГ ТК. Трьохвимірна ЧСЕхоКГ ТК дозволяє візуалізувати всі анатомічні аспекти ТК з єдиного об'єму даних та провести фокусне обстеження окремих частин клапанного апарату ТК з використанням режиму більш вузького захоплення об'єму даних з вищою роздільною здатністю.

Отримання даних виконується зі зрізу $0 - 30^{\circ}$ з розташуванням ТК в центрі екрану (Таб. 11).

3D-режим вузького кута. Отримання масиву об'єму тканин з одного кардіального циклу в режимі вузького кута виконується після оптимізації зображення ТК в В-режимі. При зображенні ТК en face СС ТК має бути розташована в позиції на 6 годин незалежно від перспективи. Ці зображення en face можуть бути особливо корисними при локалізації патології стулок клапану, такої як пролапс, перфорація або вегетація, а також для ідентифікації місця походження регургітуючого потоку або при планіметрії площі ефективного регургітуючого отвору або антеградного отвору при оцінці ступеня важкості трикуспідального стенозу. На додаток до стандартних зображень площина «нарізки» об'єму може налаштовуватися для більш прицільної візуалізації окремих секцій ТК.

3D-режим широкого кута. Режим захоплення об'єму широким кутом дозволяє візуалізацію трикуспідального клапанного апарату від кільця до кінчиків ПМ. Надмірне збільшення області інтересу призведе до шкідливого падіння часової роздільної здатності. Це можна покращити за допомогою використання режиму захоплення об'єму з декількох кардіальних циклів, що підвищує просторову роздільну здатність та дозволяє більш детальну діагностику складних патологій (Рис. 13) з високою часовою роздільною здатністю (>30 Hz), що є бажаною при діагностиці механізмів аномальних рухів трикуспідальних стулок.

3D-КДК. КДК має додаватися до багатоциклового захоплення зображень для 3D-реконструкції у пацієнтів з ТР та / або стенозом ТК. Подібно до техніки некольорової багатоциклової доплерографії, отримання масиву даних для 3D-КДК з початку вимагає ідентифікації області інтересу в ортогональних площинах сканування. Розмір області інтересу має бути обмежений трикуспідальним клапанним апаратом та потоком через ТК в КДК для оптимізації частоти оновлення кадрів. Крім того, хоча бажано отримувати високу щільність ліній, нижча щільність ліній дозволяє

візуалізацію більш широкого сектору. Нарешті, завжди слід намагатися отримати найбільшу кількість окремих субоб'єктів (4 – 6 циклів) з ЕКГ-синхронізацією.

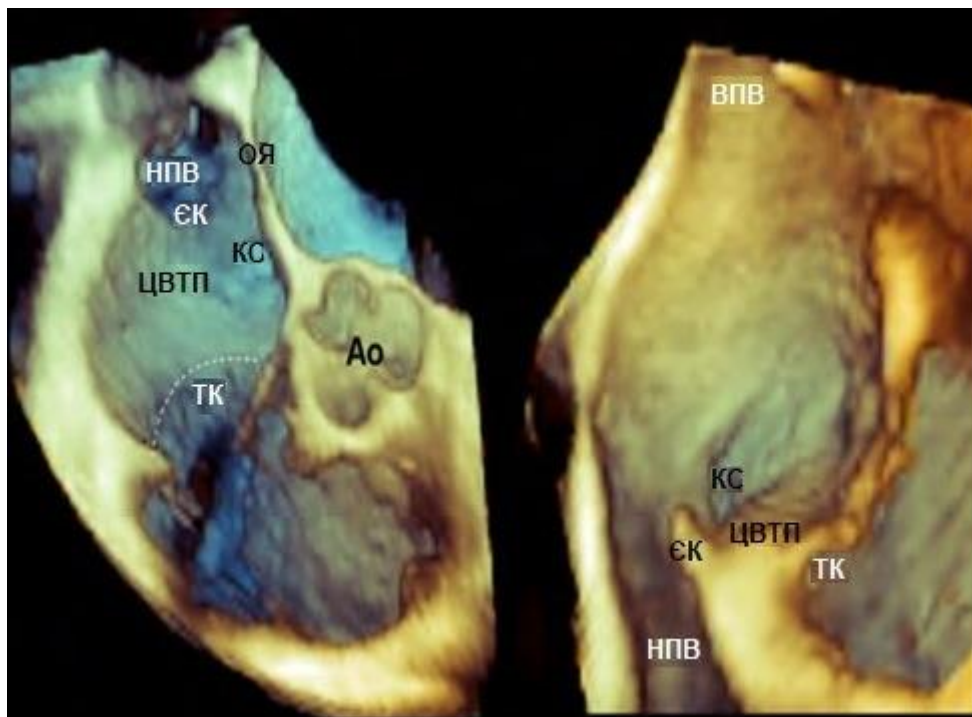


Рис. 13. Отримання 3D зображення в режимі широкого кута дозволяє візуалізацію клапанного апарату ТК від трикуспідального кільця до кінчиків папілярних м'язів, а також ПП з асоційованими структурами. well as the right atrium and associated structures. Ао - аорта; ВПВ – верхня порожниста вена; ЄК – Євстахіїв клапан; КС – коронарний синус; НПВ – нижня порожниста вена; ОЯ – овальна ямка; ЦВТП – перешийок між гирлами центральних вен та кільцем ТК (каво-трикуспідальний істмус). Модифіковано за Lang та співав. [50].

Оцінка розмірів та функції шлуночків

Оцінка функції шлуночків звичайно завжди проводиться підчас ТТЕхоКГ. Втім, деяких ситуаціях ЧСЕхоКГ також можна використати для оцінки функції шлуночків [33, 113]. Трьохвимірна та одночасна мультипланова візуалізація дозволила втілити в практику набір якісних та кількісних технік для оцінки функції ЛШ та ПШ [114]. Однак, високочастотні ЧС датчики мають певні обмеження, такі як невелика

глибина сканування та високий рівень затухання ультразвуку, що призводить до обмеженої роздільної здатності дальнього поля сканування в ССП з необхідністю використання зрізів ТГП для більш точної оцінки характеру руху стінок, особливо в збільшених серцях. При оцінці глобальної міокардіальної функції слід враховувати можливі впливи змін гемодинаміки (напр., внаслідок анестезії) на функцію шлуночків в умовах операційної.

Анатомія. Нормальний ЛШ складається з приносної частини, що включає в себе клапанний апарат МК та апікальну частину з характерними м'язовими тяжами, та з виносної частини проксимальніше АК[115]. Нормальний ЛШ має контур витягнутого еліпсу, тому геометричні моделі, що використовуються для розрахунків об'єму ЛШ є лінійними. Дослідження показують, що виміри об'ємів ЛШ за даними ТТЕхоКГ майже ідентичні до вимірів за даними ЧСЕхоКГ [99, 116, 117], але стандартні зрізи для вимірів за даними ЧСЕхоКГ до сьогодні не визначені. Дослідження, що прямо порівнювали виміри за даними ЧСЕхоКГ з даними ТТЕхоКГ, використовували зріз через серединний відділ ЛШ SAX в ТГП (зріз №17), його ортогональний 2-камерний зріз ЛШ в ТГП (зріз №22), або зріз ЛШ LAX в ТГП (зріз №24). Визначення діаметрів ЛШ має проводитися перпендикулярно довгій осі ЛШ, тому рекомендованими зрізами є зріз ЛШ LAX або 2-камерний зріз ЛШ. При використанні зрізу SAX використання одночасних мультипланових зрізів допомагає забезпечити виміри через середину порожнини ЛШ перпендикулярно довгій осі ЛШ (Рис. 14). Нормативні реферативні значення розмірів ЛШ для ЧСЕхоКГ досі не є опублікованими. Існує певна різниця в локалізації вимірів (ближче до серединного відділу ЛШ підчас ЧСЕхоКГ та ближче до кінчиків стулок МК при ТТЕхоКГ), що пояснює різницю у вимірах за даними двох методів.

Використання зрізів в ССП є можливим, але не є рекомендованим внаслідок проблем з латеральною роздільною здатністю ендокардіальних поверхонь, що є паралельними ультразвуковим променям в цих зрізах з постійним випадінням ендокардіальних ехо-сигналів. ССП зрізи можуть

використовуватися для застосування біпланового методу дисків за Симпсоном з розрахунком об'ємів та фракції викиду (ФВ) ЛШ, але тільки якщо вдається візуалізувати ендокардіальний периметр ЛШ по всій довжині без штучного укорочення порожнини ЛШ. Тому цей метод має дуже обмежене застосування при ЧСЕхоКГ.

Нормальний ПШ також подібно складається з приносної порції, що включає в себе клапанний апарат ТК, апікальної порції з характерними м'язовими тяжами, та виносної порції проксимальніше КЛА. Однак, контур ПШ суттєво відрізняється від ЛШ. Означені три порції порожнини ПШ лежать в різних площинах, а апікальна та виносна порції порожнини ПШ «огорнуті» навколо ЛШ. Тому контур ПШ неможливо звести до простої геометричної моделі, а об'єми не можуть бути точно визначені за даними лінійних вимірів.

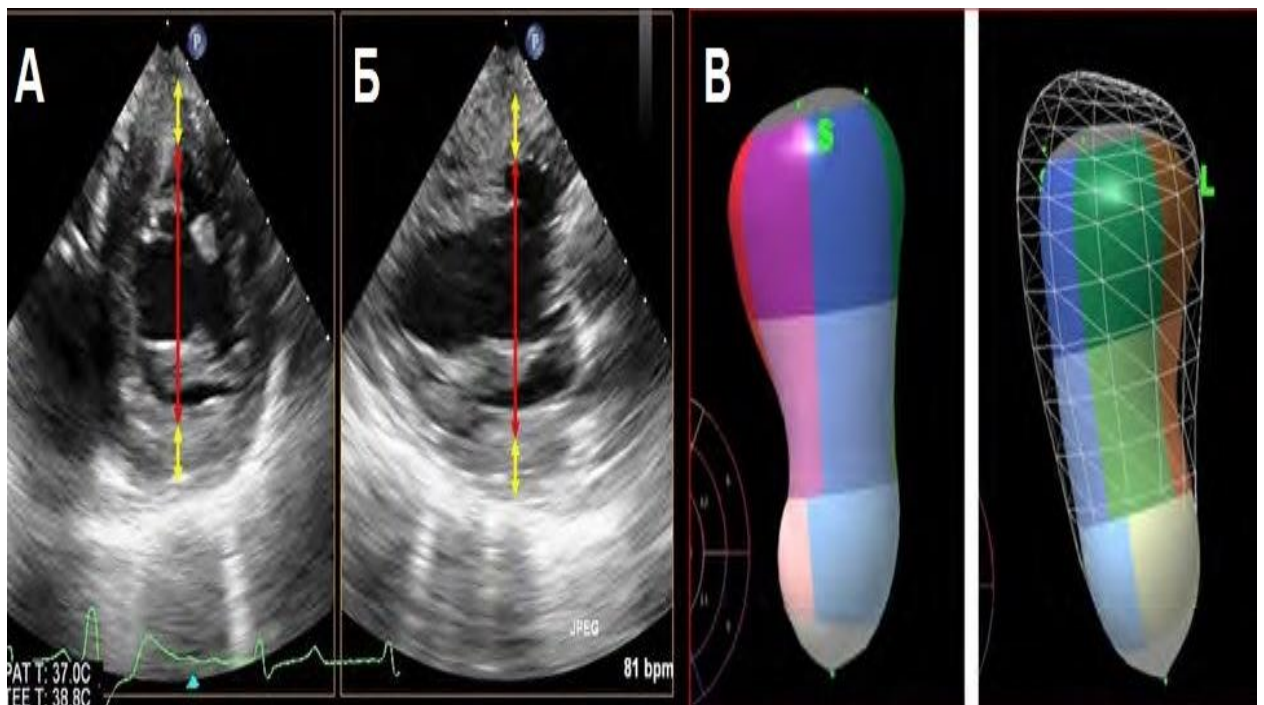


Рис. 14. Рекомендовані зрізи для вимірів товщини стінок ЛШ та внутрішніх розмірів ЛШ. Одночасна багатопланова візуалізація ЛШ на рівні кінчиків стулок МК демонструє рекомендовані виміри ЛШ в зрізах ЛШ SAX в ТГП (А) та ортогональному 2-камерному зрізі ЛШ (Б). Трьохвимірною візуалізацією об'єму ЛШ з напівавтоматичною кількісною оцінкою виконується шляхом посегментарного створення об'ємів ЛШ, що

окреслюють ендокард ЛШ після обведення його меж (мануально або автоматично програмним забезпеченням) (В) [1].

Візуалізація та доплерографія ЛШ в В-режимі. Оцінка функції ЛШ може виконуватися в ТГП та ССП. В ТГП можна отримати зрізи SAX на рівні базального, серединного та апікального відділів ЛШ (зрізи №16 – 18) [114]. Ортогональні зрізи можуть бути отримані або на мезогастральному (зріз №24) або глибокому трансгастральному (апикальному) рівнях. Зрізи в ССП (зрізи №1 – 5) забезпечують зрізи, аналогічні позиціям при ТТExoКГ: 4-камерній ($0 - 10^\circ$), 2-камерній ($80 - 100^\circ$), та апікальній LAX ($120 - 140^\circ$) позиціям [114], а також 5-камерній ($0 - 10^\circ$) позиції та мітральний комісуральний зріз ($50 - 70^\circ$). Сума цих зрізів дозволяє чудово та повністю відстежити рух ендокардіальної поверхні ЛШ в усіх його сегментах, як це було описано вище [80], що дозволяє оцінити порушення регіональної скоротливості, хоча верхівка ЛШ часто погано візуалізується («зрізається»). Оптимізація зображення в В-режимі допомагає поліпшити точність та відтворюваність оцінки функції ЛШ. Оптимізація включає налаштування глибини сканування для включення в зріз всього ЛШ, маніпуляцію антефлексією та ретрофлексією для запобігання «зрізання» ЛШ, оптимізацію підсилення сигналу для кращої візуалізації ендокарду, та розміщення фокусу на півшляху між основою та верхівкою або використання подвійного фокусу для кращої візуалізації області верхівки. За необхідності можна використовувати внутрішньовенне контрастування для кращого визначення меж ендокарду. Весь ЛШ цілком в ССП візуалізувати вдається дуже рідко внаслідок варіацій його орієнтації відносно стравоходу.

Глобальна систолічна функція ЛШ. Початковий якісний аналіз продовжується більш детальним кількісним аналізом за необхідності. Якісна оцінка глобальної функції ЛШ виконується візуально (визначення ФВ «на око») після візуалізації ЛШ в декількох ортогональних зрізах. Хоча кількісна оцінка є теоретично можливою, обмеження відповідних зрізів та лімітована

референтна нормативна база обмежують використання М-режиму, В-режиму та доплерографії для оцінки ФВ ЛШ, як це робиться підчас ТТЕхоКГ.

Обмеження ЧСЕхоКГ в оцінці функції ЛШ. Верхівка ЛШ найчастіше підчас ЧСЕхоКГ «зрізається». Це може призводити до недооцінки справжніх об'ємів ЛШ. Допплерівська оцінка ударного об'єму також може бути неточною при ЧСЕхоКГ внаслідок складності в вирівнюванні доплерівського курсору паралельно до потоку в ВТЛШ та через АК.

ЧСЕхоКГ з контрастуванням. У багатьох пацієнтів ЧСЕхоКГ дозволяє усунути фізичні причини поганої візуалізації підчас ТТЕхоКГ, такі як м'які тканини або легені, що закривають серце. Крім того, близьке розташування датчика до серця дозволяє використовувати вищі частоти сканування з більшою роздільною здатністю, але за рахунок випадіння сигналів дальнього поля сканування. Хоча в цілому роздільна здатність візуалізації ендокарду підчас ЧСЕхоКГ є вищою, в окремих випадках якість зображення може бути обмеженою. В таких випадках застосування контрастних речовин може поліпшити візуалізацію меж ендокарду. Застосування контрасту також здатне підсилювати візуалізацію та роздільні характеристики доплерівських сигналів. Нарешті, контрастування збовтаним фізіологічним розчином, що вводиться в периферичну вену, використовується для діагностики міжпередсердних шунтів.

Оцінка діастолічної функції ЛШ. Хоча оцінка діастолічної функції точно та ефективно проводиться підчас ТТЕхоКГ, в технічно складних ситуаціях або у випадках, коли ЧСЕхоКГ призначається для інших цілей, ЧСЕхоКГ також може бути використана для оцінки діастолічних параметрів [118, 119]. ЧСЕхоКГ може використовуватися для отримання діастолічних швидкостей на МК, потоків в ЛВ та тканинної доплерографії. Особливою перевагою ЧСЕхоКГ є гарний доступ до гирл ЛВ та можливість оптимальної орієнтації доплерівського курсору для визначення швидкостей потоків в ЛВ. Швидкості діастолічних потоків через МК та тканинна доплерографія виконуються за даними ТТЕхоКГ та ЧСЕхоКГ з однаково доброю якістю за

умов доброї якості зображення. Недавні дослідження у пацієнтів перед оперативними втручаннями з метою аорто-коронарного шунтування дозволили розробити спрощений алгоритм оцінки діастолічної функції за даними ЧСЕхоКГ з використанням тільки швидкості латерального сегменту мітрального кільця E' за даними тканинної доплерографії (патологічне значення <10 см/с) та співвідношення швидкостей трансмітральної хвилі E до швидкості E' – E/E' (нормальне значення ≤ 8). Діастолічна дисфункція ЛШ за даними цього алгоритму мала довгострокову предиктивну цінність щодо віддалених великих кардіальних подій [120].

Оцінка глобальної та регіональної функції ПШ. Оцінка ПШ легко виконується за даними ТТЕхоКГ, але погана якість зображення або обмеження візуалізації внаслідок індивідуальних особливостей пацієнта можуть бути показанням для додаткового призначення ЧСЕхоКГ. Також підчас ЧСЕхоКГ за іншими показаннями вона може забезпечити високу роздільну здатність та відмінну якість зображень ПШ порівняно з ТТЕхоКГ. Підчас оцінки критично хворих пацієнтів оцінка розмірів та функції ПШ може забезпечити певну інформацію щодо окремих патофізіологічних наслідків окремих патологічних станів, таких як інфаркт ПШ, легенева емболія, локалізований перикардіальний випіт та екстракардіальна патологія, наприклад, об'ємні утворення, що стискають ПШ.

Хоча розміри ПШ підчас ЧСЕхоКГ частіше оцінюються візуально, та вважаються нормальними при розмірі менше двох третин від аналогічних діаметрів ЛШ, сьогодні вже існують опубліковані рекомендації щодо референтних значень нормальних розмірів та функції ПШ, але за даними ТТЕхоКГ [118]. Оцінка ПШ підчас ЧСЕхоКГ звичайно виконується з 4-камерного зрізу в ССП, або зі зрізів в ТГП (зрізи через ПШ LAX (зрізи №20 та №23) та SAX (зрізи №16-19). На сьогодні немає адекватної кількості доказових даних для розробки специфічних рекомендації щодо показників розмірів та функції ПШ за даними ЧСЕхоКГ.

3D-ЧСЕхоКГ в оцінці функції ЛШ. Режим захоплення об'єму в одному кардіальному циклі та в режимі реального часу дозволяє потенційно використовувати 3D-ЧСЕхоКГ в рутинній клінічній практиці. В нинішній час можливо отримувати масиви даних «повного об'єму» для ЛШ та ПШ. Аналіз оф-лайн повного 3D об'єму дозволяє операторам визначати межі ендокарду без будь-яких математичних або геометричних припущень. Таким чином, сучасні програмні пакети дозволяють візуалізувати весь шлуночок цілком в 3D з точним та надійним визначенням його кінцево-діастолічного та кінцево-систолічного об'ємів, що дозволяє дуже надійно розраховувати ударний об'єм та фракцію викиду як лівого, так і правого шлуночків (Рис. 14С).

ЛП та легеневі вени

Візуалізація ЛП та ВЛП сьогодні є однією з дуже актуальних ролей ЧСЕхоКГ. Найбільш частим показанням до ЧСЕхоКГ є пошук кардіальних джерел емболії, тому ВЛП є первинною мішенню для оцінки [9,121]. Чутливість та специфічність ЧСЕхоКГ в діагностиці тромбозу ВЛП складають 100% та 99%, відповідно [122, 123], але внаслідок складної анатомії ВЛП маленькі (<2 мм) тромби можуть пропускатися та не діагностуватися [124]. Критерії доцільності призначення АУС підтримують використання ЧСЕхоКГ для оцінки кардіальних джерел емболій або для обґрунтування прийняття клінічного рішення у пацієнтів з фібриляцією або тріпотінням передсердь [22]. Виключення ВЛП сприяло зниженню ризику інсульту в певних популяціях пацієнтів [126, 127], а можливість застосування тракнскатетерних оклюдерів ВЛП викликало чималий інтерес до дослідження характеристик високо варіабельної анатомії ВЛП за даними ЧСЕхоКГ [124, 129 – 131]. Отвір ВЛП типово має овальний контур, а саме тіло ВЛП є дуже варіабельним за довжиною та контурами (Рис. 1–3) [132, 133]. Оскільки ВЛП є структурою, що активно скорочується та має виражену трабекулярність, що складається з гребінчастих м'язів, його розміри та положення змінюються протягом кардіального циклу, що робить особливо важким візуалізацію ВЛП в статичних зрізах. Крім того, контури та функція

ВЛП також змінюються під впливом багатьох факторів, включаючи вік, гіпертензію, діабет та терміни тривалості пароксизму фібриляції передсердь [133, 134]. Дані аутопсій показують, що ВЛП анатомічно може мати від однієї до п'яти доль [135].

Анатомія. ЛП є камерою серця, що лежить в задній частині основи серця. З поверхні МПП має місце мілке заглиблення, що відповідає овальній ямці. Венозна частина камери має в задній частині відкриття гирл чотирьох легеневих вен (ЛВ), при чому ліві вени типово розташовані дещо вище правих ЛВ. Вихідна частина ЛП оточує МК [136]. Вушко (ВЛП) ЛП є сліпою структурою з гирлом, що розташовані типово зверху та латерально. Нормальний діаметр гирла ВЛП складає 10 – 24 мм [132]. Перешийок між гирлом ВЛП та лівою верхньою ЛВ є трикутною складною серозного перикарду, що по-різному визначається як Q-край задньо-латерального перешийка, варфаріновий перешийок або зв'язка (або складка) Маршалла. Стінки ЛП є м'язовими з варіабельною товщиною. Результати множинних аутопсій показують зони дефіциту міокарду з виражено потоншеними ділянками стінки ($1 \pm 0,5$ мм), що типово трапляється уздовж передньо-бокової або бокової стінки ЛП в зоні вихідної частини ЛП у напрямку до мітрального кільця, а також дистальніше гирла ВЛП. Крім того, маленькі ямки та жолобки можуть мати місце навколо гирла ВЛП, з тонкими стінками, що може мати значення при встановленні перкутанних пристроїв [128]. Аномальне потовщення стінок може бути результатом ламінарних муральних тромбів або ендокардиту. Дегенеративні кальцинози мітрального кільця можуть розповсюджуватися на стінку ЛП, що також збільшує товщину його стінки.

Візуалізація та доплерографія ЛП та ЛВ в В-режимі. Візуалізація МК завжди також дозволяє візуалізувати ЛП. Оскільки ЛП є структурою близького поля сканування підчас ЧСЕхоКГ, всю структуру ЛП важко візуалізувати з одного зрізу, що робить важким кількісну оцінку об'єму ЛП. Площа та об'єм ЛП за даними ЧСЕхоКГ є недооцінюваними порівняно з

даними ТТExoКГ [137]. Лінійні виміри ЛП, що найкраще корелюють з трансторакальним передньо-заднім поперечним розміром ЛП (з парастернальної позиції LAX), це виміри, що проводяться в зрізах через АК LAX (зріз №6) або АК (зріз №10) в ССП, з виміром від верхівки сектора сканування (тобто від задньої стінки ЛП) до задньої стінки кореня Ао [117, 137], але нормативні референтні дані є обмеженими. Поперечний (септально-латеральний) розмір ЛП в 4-камерному зрізі в ССП має найвищу кореляцію з еквівалентними трансторакальними позиціями [137], але нормативна референтна база для цих вимірів досі не розроблена. Гирло ВЛП є латеральною кардіальною структурою, що часто візуалізується на початковому 4-камерному зрізі на 0° . Втім, для візуалізації ВЛП на зрізі на 180° гирло має бути розташоване в центрі сектора сканування, для чого типово слід повернути датчик вліво (проти часової стрілки) з антефлексією. Хоча й нечасто, зв'язка Маршала може викликати артефакти реверберації, які можна сплутати з тромбом. В таких ситуаціях краща позиція датчика для візуалізації ВЛП потребує глибшого просунення датчика, при чому зв'язка Маршала більше не візуалізується між порожниною ВЛП та датчиком.

Організований тромб визначається ехокардіографічно як добре очерчена достатньо ехогенна маса з рівномірною консистенцією та текстурою, що відрізняється від стінки передсердя [28]. Феномен спонтанного контрастування (ФСК) (або «сладж»), з іншого боку, є феноменом без чітко очерчених меж та без рівномірної консистенції. Його локалізація може бути динамічною з візуалізацією «димув» або «сніжної бурі» внаслідок його повільного переміщення в порожнині [138]. Втім, можуть зустрічатися такі тромби, що не мають чітко очерчених контурів та мають ФСК, що оточує організовані ділянки. В таких випадках тривале спостереження в одному зрізі або використання одночасної мультипланової візуалізації допомагає диференціювати «сладж» та тромбоз.

Допплерографія ВЛП виконується, зокрема, у випадках фібриляції або тріпотіння передсердь для оцінки ризиків тромбоутворення внаслідок того,

що доведена прогностична значущість низьких швидкостей вигнання з ВЛП [139]. Для цього пробний об'єм імпульсного доплеру типово розташовують на відстані 1 – 2 см від гирла в порожнині ВЛП (Рис. 15А та 15Б). Швидкість вигнання з ВЛП <20 см/с асоціюється з наявністю ФСК, тромбоутворенням та емболічними подіями. Швидкість вигнання з ВЛП >40 см/с є предиктором більш високої вірогідності утримання синусового ритму після кардіоверсії з приводу фібриляції передсердь [140].

Ліві ЛВ візуалізуються зі зрізу ВЛП та лівої верхньої ЛВ в ССП (зріз №16). Праві ЛВ візуалізуються зі зрізу правої ЛВ в ССП (зріз №9) на 0° або при ротації площини сканування вправо (по часовій стрілці) з бікавального зрізу в ССП (зріз №13) на 90° . Допплерографія потоків в ЛВ також оцінюється під час ЧСЕхоКГ в окремих ситуаціях (Рис. 15В та 15Г). Хоча наявність стенозу ЛВ (врожденного або набутого) частіше та більш точно діагностується за даними МСКТ та МРТ серця, ПХД потоку в ЛВ під час ЧСЕхоКГ додає певної інформації при оцінці ступеня важкості стенозування [141, 142]. Реверсія систолічного потоку в ЛВ має високу специфічність при діагностиці важкої МР, коли потік МР не є спрямований в ту ЛВ, що візуалізується [70].

3D-ЧСЕхоКГ ЛП та ВЛП. Оцінка ВЛП за даними 3D-ЧСЕхоКГ є добре описаною [134, 143 – 145]. Використання одночасної мультипланової візуалізації може значно допомогти в виключенні тромбозів ЛП та ВЛП, а також під час позиціонування катетерів під час перкутанних процеду. 3D-ЧСЕхоКГ в режимі реального часу є корисною при визначенні варіантів анатомії гирла ВЛП та його взаємовідношення до ЛВ перед та протягом процедури.

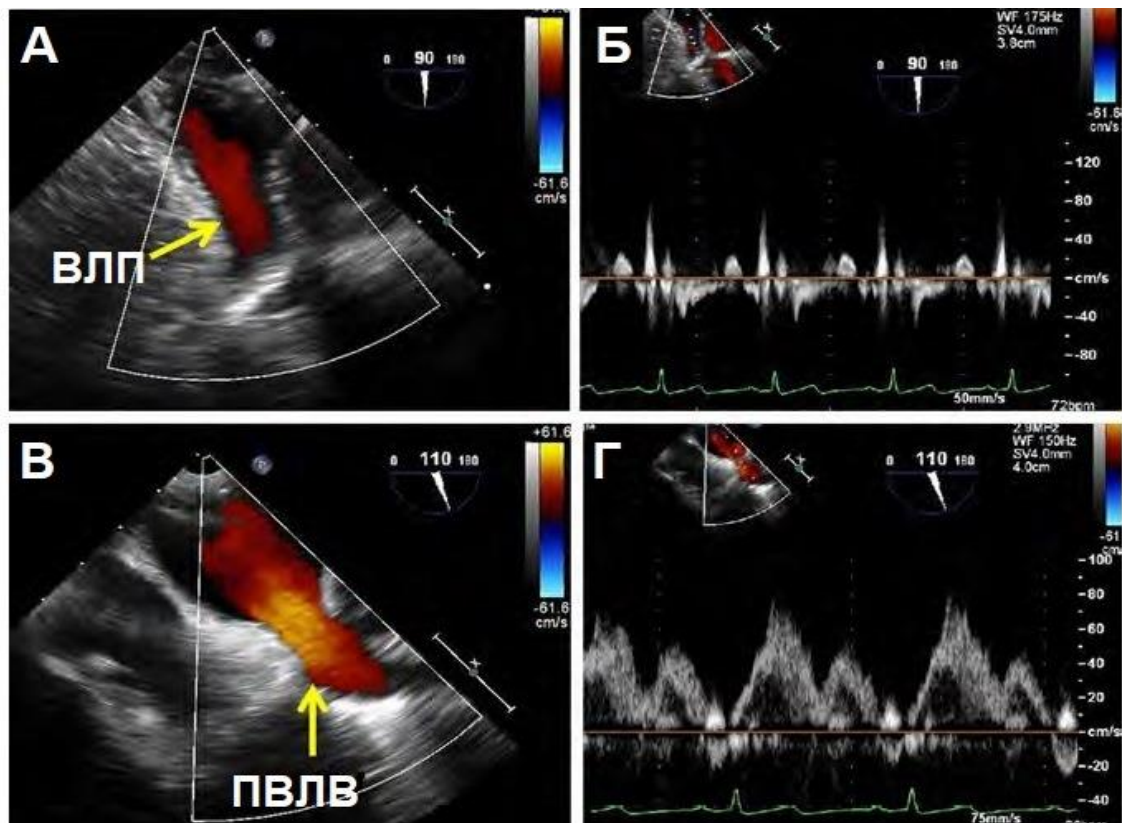


Рис. 15. Вушко ЛП (ВЛП) (А) візуалізується зі зрізів ССП. Зважаючи на складну та високо варіабельну анатомію, візуалізація ВЛП має проводитися з різних кутів сканування. ІХД (Б) використовується для оцінки скоротливості та ризику формування тромбів у ВЛП. Також слід по можливості візуалізувати праві та ліві легеневі вени (ЛВ). Права ЛВ (В) може візуалізуватися шляхом ротації датчика вправо (по часовій стрілці) з бікавального зрізу в ССП на $90 - 110^\circ$. ІХД та ПХД можуть виконуватися для оцінки потоків в ЛВ. ПВЛВ – права верхня ЛВ [1].

ПП та венозні комунікації

Розуміння анатомії ПП останніми роками набуло великого значення внаслідок розвитку транскатетерних інтервенцій, а ЧСЕхоКГ все частіше використовується інтрапроцедурно для визначення місця транссептальних пункцій та при катетерних абляціях.

Анатомія. ПП є камерою, що отримує кров венозного повернення від ВПВ та НПВ, а також з коронарного синусу. Правопередсердний бік МПП є демаркованим зв'язкою овальної ямки. Ця напівмісячна структура є краєм

вторинної перегородки (septum secundum). Дрібне заглиблення овальної ямки (овальне вікно у плода) заходить за цей край. Через декілька тижнів після народження закриття овального вікна виключає комунікацію між лівим та правим передсерддями. При неповному закритті залишається стан відкритого овального вікна (ВОВ). Дані аутопсій дозволяють заключити, що ВОВ персистує приблизно у 27% здорових суб'єктів, хоча його частота з віком знижується [146]. Хоча може існувати сепарація між покришкою septum primum та краєм septum secundum з шунтуванням зліва направо в стані спокою, діагноз *in vivo* часто можливо встановити за допомогою ін'єкції збовтаного фізіологічного розчину з метою контрастування (див. нижче) з або без проведення маневрів, що призводять до раптового підвищення тиску в ПП (наприклад, різке припинення проби Вальсальви).

Раніше більш висока частота шунтування через МПП асоціювалася з аневризмами МПП [147 – 150]. До сьогодні не існує консенсусу щодо визначення аневризми МПП, яка по різному визначалася як діаметр від основи трикутника натягнутої частини ≥ 15 мм та екскурсія аневризматичної мембрани ≥ 11 мм в бік ЛП або ПП, або як сума тотальної екскурсії ≥ 11 мм [148], або як протрузія аневризми > 10 мм за межі площини МПП вправо або вліво [150], або як дилатована порція МПП з протрузією ≥ 15 мм за межі площини МПП, або коли МПП демонструє фазові екскурсії під час кардіореспіраторного циклу ≥ 15 мм від площини МПП від основи аневризми [152], та або як тонке локалізоване випинання середньої частини МПП, але не всієї МПП з протрузією > 6 мм за межі площини МПП [149].

Євстахіїв клапан та мережа Кіарі. Євстахіїв клапан є фіброзною або фіброзно-м'язовою складкою тканини, що прикриває місце впадіння НПВ в ПП. Типово він є увігнутим та спрямованим наверх, та пролягає між овальною ямкою та гирлом коронарного синусу уздовж Євстахієвої складки. В ембріогенезі ця структура направляє кровотік з НПВ через овальне вікно. За умов персистуючого ВОВ надлишково розвинений Євстахіїв клапан може виконувати ту саму функцію й у дорослих.

У 1 – 4% популяції можна також візуалізувати ретикулярну мережу або нитки або тонкі мембранозні структури, що носять назву мережі Кіарі. Мережа Кіарі є залишком клапану правого венозного синусу [153]. Хоча вважається, що це доброякісна цілком структура, дослідження вказують на її асоціацію з більш високою частотою аневризм МПП, а також ВОВ [154, 155]. При ВОВ, асоційованих з цією вродженою аномалією, частіше спостерігають право-ліві шунти.

Crista Terminalis. Crista terminalis є структурою з контуром у вигляді літери С, що відсепаровує гладкостінну частину венозного притоку в ПП від гребінчастого вушка ПП. Ця структура є дуже варіабельною за товщиною та глибиною.

Коронарний синус. Коронарний синус (КС) відкривається в ПП між місцем впадіння в ПП НПВ та ТК. У більшості пацієнтів його устя прикривається клапаном коронарного синусу (Тебезіїв клапан), варіабельним за розміром.

Нижня порожниста вена. Ця венозна структура пролягає у заочеревинному просторі справа від хребта та впадає безпосередньо в ПП з очеревинної порожнини. Печінкові вена впадають в НПВ останніми. Обидві венозні структури важливі для візуалізації та доплерографічної оцінки гемодинаміки таску в ПП, важкості ТР та аномальних профілів наповнення ППШ.

Верхня порожниста вена. Ця венозна структура знаходиться в передньому правому верхньому середостінні та є злиттям правих та лівих брахіоцефальних (або безіменної) вен. Візуалізація та доплерографія ВПВ також може бути важливою для гемодинамічної оцінки тисків в ПП, але при цьому слід пам'ятати, що на потік та тиск в ВПВ може впливати внутрішньогрудні тиски внаслідок її проходження в грудній порожнині.

Візуалізація та доплерографія ПП та венозних комунікацій в В-режимі. Візуалізація ТК призводить також до візуалізації більшості порожнини та структур ПП, але для оцінки міжпередсердних шунтів

потрібна фокусна візуалізація МПП. Крім того, фокусна візуалізація коронарного синусу є важливою інтраопераційно за потреби катетеризації коронарного синусу. 4-камерний зріз в ССП (зріз №2) дозволяє візуалізувати передню середню МПП та первинну порція (septum primum) МПП. Глибші зрізи (на 0°) дозволяють візуалізацію КС, який лежить нижче та ззаду (Рис. 16А). КС також можна візуалізувати по короткій осі в 2-камерному зрізі в ССП (зріз №4) на 90° шляхом ротації датчика вліво (проти часової стрілки) з цього зрізу, що дозволяє часто візуалізувати КС по довгій осі (Рис. 16В).

Іноді КС можна візуалізувати з бікавального зрізу в ССП (зріз №13) за рахунок легкого просунення датчика з ротацією його вправо (по часовій стрілці).

Бікавальний зріз в ССП (зріз №13) також отримується на 90° ротацією датчика по часовій стрілці з метою фокусуватися на структурах правих відділів серця. В цьому зрізі добре визначаються ВПВ, НПВ, crista terminalis, та вушко ПП (Рис. 17А). Також з цього зрізу добре візуалізується овальна ямка та «покришка» ВОВ [155]. Висунення датчика дозволить більш повну візуалізацію ВПВ та кавально-септальної стінки. Права верхня ЛВ прилягає до ВПВ, а ротація датчика по часовій стрілці дозволяє візуалізацію цієї структури, а також правої нижньої ЛВ. Аномальний дренаж правих ЛВ в ВПВ типово візуалізується саме в цих зрізах. Просунення датчика до більш глибокого кавального зрізу (теж на 90°) допомагає візуалізувати та оцінити НПВ, Євстахіїв клапан та нижню кавально-септальну стінку. Подальше просунення датчика може дозволити візуалізувати НПВ в межах печінки та печінкові вени (Рис. 17В та 17С).

Використання 3D-візуалізації ПП є сьогодні добре описаним [50, 156]. Хоча існуючі рекомендації пропонують певні орієнтації датчика та кутів площини сканування для окремих структур, часто для кращого розуміння прилеглих структур потрібна реорієнтація датчика та площини сканування, особливо підчас спілкування з лікарями-інтервенціоналістами (Рис. 13).

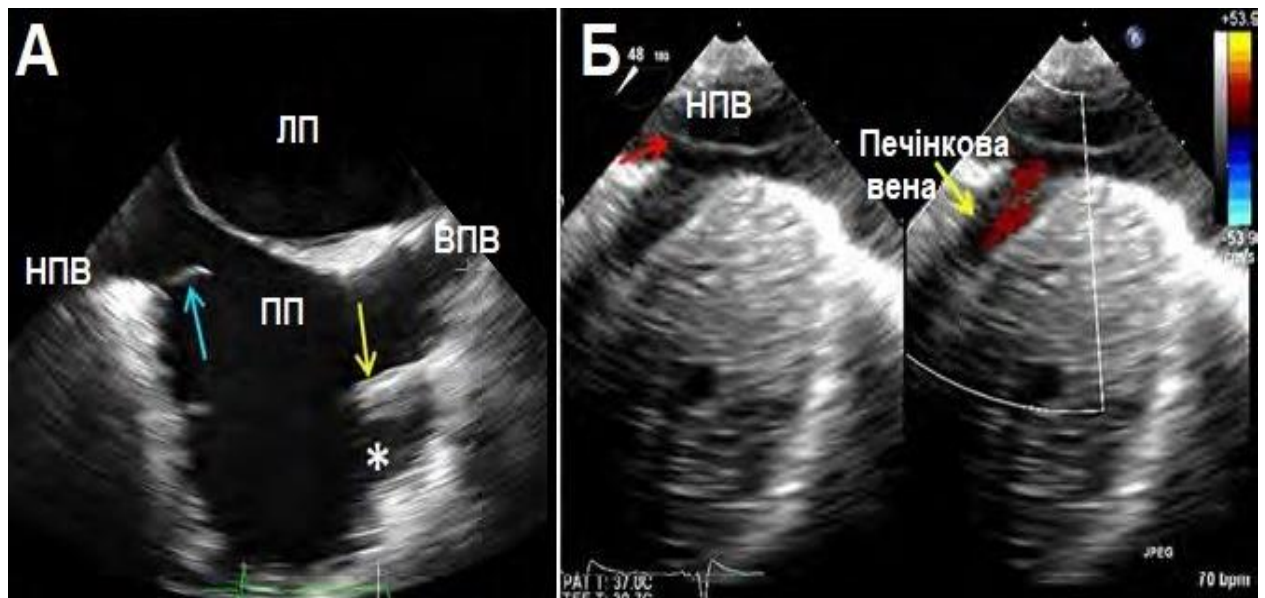


Рис. 17. З бікавального зрізу (А) візуалізуються нижня порожниста вена (НПВ), Євстахіїв клапан (блакитна стрілка), crista terminalis (зелена стрілка), вушко ПП (зірочка), та верхня порожниста вена (ВПВ). Подальше просунення датчика (Б) з одночасним КДК дозволяє візуалізацію ходу НПВ в печінці та впадіння в неї печінкових вен. В даному випадку в НПВ візуалізується трансфеморальний катетер [1].

Виявлення міжпередсердних шунтів. Виявлення внутрішньосерцевих шунтів є частим показанням як для ТТЕхоКГ [157], так і ЧСЕхоКГ [158]. Повна оцінка МПП повинна включати ретельну візуалізацію МПП в В-режимі та оцінка МПП по всій довжині за допомогою КДК. Дефекти в МПП можуть локалізуватися будь-де. Порівняно з ЧСЕхоКГ, ТТЕхоКГ з використанням множинних (не менше п'яти) ін'єкцій збовтаного фізіологічного розчину та провокаційних проб також є досить точною у виявленні право-лівих інтракардіальних шунтів (чутливість 99%, специфічність 85%).

ЧСЕхоКГ збільшує діагностичну точність виявлення шунтів. Хибно-позитивні результати ТТЕхоКГ трапляються внаслідок інтрапульмонарних шунтів, а хибно-негативні – внаслідок неадекватної візуалізації ПП. Використання тільки КДК під час ТТЕхоКГ знижує чутливість виявлення

патологічного шунтування через МПП до 22% (специфічність 96%) [157]. Тому, хоча ВОВ можна задокументувати за допомогою КДК, відсутність потоку через овальне вікно підчас КДК не дозволяє цілком виключити наявність ВОВ. В нормі внутрішньовенно введені пухирці повітря у збовтаному фізіологічному розчині внаслідок їх великого розміру (>5 мм) затримуються в легенях та не з'являються в лівих відділах серця, якщо немає внутрішньосерцевого або внутрішньолегеневого шунтування. Поява більш, ніж трьох пухирців повітря після внутрішньовенного введення збовтаного фізіологічного розчину в лівих відділах серця скоро після контрастування правих відділів серця (в межах трьох кардіальних циклів) стійко асоціюється з наявністю ВОВ (Рис. 18) [159]. Термін, через який пухирці можуть з'явитися в ЛП залежить від градієнту тиску між ПП та ЛП. Деякі автори пропонували кількісну оцінку відносного розміру ВОВ за кількістю пухирців, що з'явилися в ЛП: від трьох до 10 мікропухирців визначає маленький шунт, 11 – 30 мікропухирців відповідають помірному шунтуванню, та >30 мікропухирців говорить про велике шунтування [160]. Інші автори пропонували ту тезу, що ВОВ є доведеним, якщо в ЛП з'являється більш, ніж один мікропухирець, а більш, ніж 10 мікропухирців говорять про великий право-лівий шунт [161]. Чутливість виявлення право-лівого шунтування через ВОВ може бути досить варіабельною залежно від місця введення контрасту та тиску в ПП. Найбільшу чутливість має ін'єкція в стегнову вену, особливо за наявності надлишково розвиненого Євстахієвого клапану [162]. Внутрішньолегеневе шунтування трапляється при наявності артеріо-венозних комунікацій, що шунтують венозну кров в обхід капілярів. Після внутрішньовенної ін'єкції пухирці у фізіологічному розчині типово з'являються в лівих відділах серця з більшим відтермінуванням (більше, ніж через три та до восьми кардіальних циклів). Втім, існує значне перекриття по часу появи пухирців при ВОВ порівняно з внутрішньолегеневими шунтами. Чим більшим є внутрішньолегеневе шунтування, тим раніше пухирці можуть потрапити в ліві відділи серця. Тому визначення часу

появлення пухирців в лівих відділах серця не є надійним індикатором локалізації шунтування, крім того зважаючи на той факт, що на цей термін значно впливає розмір шунта та інтенсивність кровотоку в місці шунтування.

Провокаційні проби з метою збільшення наповнення та тиску в ПП підвищують чутливість проби з контрастуванням. Різкий кашель або розрив тривалої проби Вальсальви є найбільш ефективними пробами, але в умовах седації із збереженою свідомістю підчас ЧСЕхоКГ також досить ефективною є абдомінальна компресія [158]. Відсутність руху МПП в бік ЛП навіть коли ПП добре контрастоване збогтаним фізрозчином трактується як невизначена проба з контрастуванням фізрозчином. В таких випадках рекомендовано виконати повторну спробу з провокацією наприкінці дослідження, коли пацієнт прокинувся та здатен покашляти або виконати пробу Вальсальви за проханням дослідника.

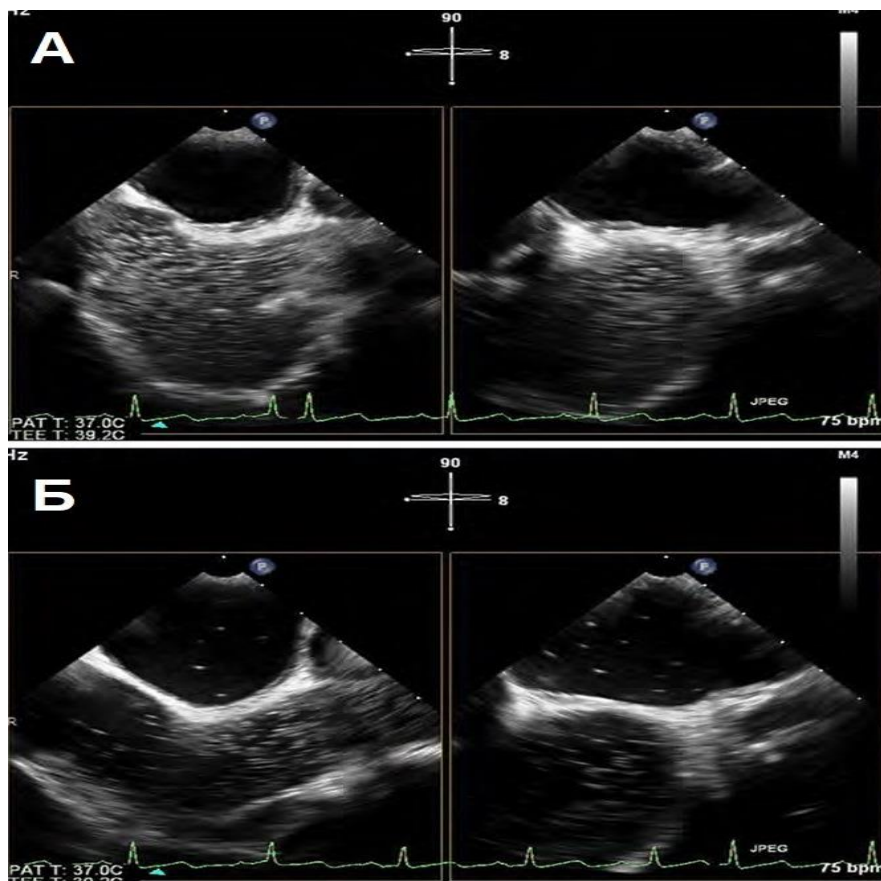


Рис. 18. Дослідження з контрастуванням фізіологічним розчином: після контрастування правих відділів серця (А) появлення трьох та більше повітряних пухирців збогтаного фізіологічного розчину в лівих відділах

серця (Б) найбільш потужно асоціюється з персистуючим ВОВ. Завдяки цій методиці суттєво зросла частота виявлення персистуючих ембріональних шунтів та змінилася їх клінічна інтерпретація.

ВВСД: Алгоритми візуалізації підчас ЧСЕхоКГ

У дорослих з підтвердженою вродженою вадою серця у дорослих (ВВСД) або підозрою на неї ЧСЕхоКГ виконується для діагностики, визначення показів для інтервенційних втручань та для здійснення контролю за ходом інтервенції, а також для оцінки результатів проведеного втручання. Внаслідок обмежень візуалізації та доплерівських вікон ЧСЕхоКГ при ВВСД є найбільш корисною в тих клінічних ситуаціях, коли повноцінна ТТЕхоКГ не була досить інформативною або не могла бути виконана. ТТЕхоКГ повинна бути методом візуалізації першої лінії при підозрі на ВВСД або при вже підтвердженій ВВСД. ЧСЕхоКГ має виконуватися та інтерпретуватися лікарем, який має досвід або освіту щодо ВВСД для максимізації клінічної адекватності отриманих результатів.

Однаково важливим є догляд за хворими з ВВСД підчас ЧСЕхоКГ. Молодші пацієнти з ВВСД та/або пацієнти після великих серцево-судинних втручань можуть мати потребу в сильнішій седації порівняно з пацієнтами з набутою патологією. При очікуваній потребі в сильнішій седації або при анамнезі складнощів у досягненні адекватної седації підчас попередніх процедур буде розумним попросити підтримки анестезіолога з проведенням ЧСЕхоКГ в умовах більш інтенсивного моніторингу (наприклад, включаючи переведення пацієнта в палату інтенсивної терапії для відходу від анестезії). Важливість досягнення задовільної седації не може бути переоціненою в популяції пацієнтів з ВВСД, оскільки повноцінна оцінка первинних та асоційованих вроджених аномалій часто суттєво пролонгують дослідження.

Діагностична цінність ЧСЕхоКГ є найбільш очевидною в тих випадках, коли результати ТТЕхоКГ є неінформативними або суперечливими, а місце локалізації патологічних змін анатомії краще можна візуалізувати саме за

допомогою ЧСЕхоКГ, включаючи міжпередсердні шунти, аномальний дренаж легеневих вен, розшарування Ао, абсцеси або вегетації, внутрішньопередсердні тромби та перегородки, та клапанні протези. Хоча сьогодні часто доступною є 3D-ЧСЕхоКГ, що показала свою корисність [162], всі доказові дані щодо діагностичної цінності ЧСЕхоКГ до сьогодні отримані за результатами досліджень, що вивчали використання разом монопланових, біпланових та мультипланових черезстравохідних датчиків [164 – 169]. В катетеризаційній лабораторії та операційній сьогодні ЧСЕхоКГ перетворилася на стандарт під час виконання втручань внаслідок здатності контролювати хід втручання та можливості оцінки його результатів в режимі реального часу (Рис. 19) [170, 171]. Оточення та ліміт часу, асоційовані з виконанням ЧСЕхоКГ в операційній часто не дають виконати повноцінне обстеження. В ідеалі інтраопераційній ЧСЕхоКГ мають передувати детальне повноцінне до операційне обстеження у вигляді ТТЕхоКГ та/або ЧСЕхоКГ. За доступності МРТ серця та лікарів-експертів в оцінці результатів МРТ, МРТ серця є цінним допоміжним або навіть альтернативним методом візуалізації у пацієнтів з ВВСД. Хоча ЧСЕхоКГ є більш умісною в операційній або катетеризаційній лабораторії, а також у відділенні реанімації, в амбулаторних умовах або неургентних обставинах МРТ може використовуватися як альтернатива або на додаток до ЧСЕхоКГ у пацієнтів з внутрішньосерцевими та екстракардіальними утвореннями або кондуїтами (в тому числі після операцій за Fontan, Senning/Mustard, або Rastelli) [168, 172]. ЧСЕхоКГ є кориснішою порівняно з ТТЕхоКГ при оцінці складних хірургічних кондуїтів, хоча й не завжди здатна візуалізувати всю довжину кондуїту [168, 169]. Якщо клінічні показання включають кількісну оцінку об'ємів ПШ, фракції регургітації та потоків через шунти (наприклад, після корекції тетради Фалло), колатеральних отоків (коарктації або легенева атрезія), розміри Ао (коарктації або оцінки висхідної Ао при двостулковому АК), МРТ серця є наступним методом візуалізації після ТТЕхоКГ. В катетеризаційній лабораторії в деяких центрах у якості альтернативи

ЧСЕхоКГ використовується інтракардіальна ЕхоКГ [173]. Оскільки параметри, потрібні для інтрапроцедурного моніторингу втручань, є дуже варіабельними та лежать за межами завдань даних рекомендацій, оператори повинні працювати в тісних командних умовах з колегами-хірургами та інтервенціоністами для забезпечення отримання всієї необхідної інформації підчас ЧСЕхоКГ.

В Таб. 12 наведені рекомендовані зрізи для оцінки обраних діагностичних сценаріїв при ВВСД.

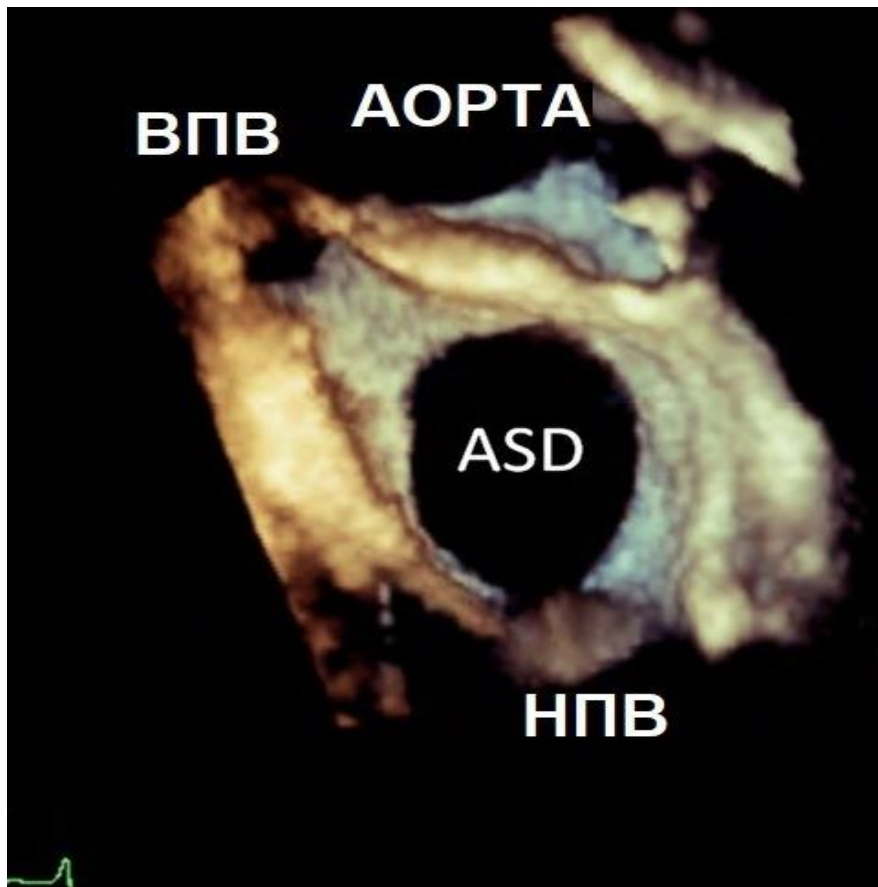


Рис. 19. Тривимірна оцінка розмірів та локалізації дефекту МПП (ASD).

Висновки

Даний документ представляє 28 стандартних рекомендованих зрізів для повноцінного ЧСЕхоКГ обстеження та забезпечує рекомендований протокол отримання зображень з урахуванням анатомічної варіабельності, що може потребувати використання неконвенційних зрізів візуалізації. Хоча

освіти та сертифікації з ТТЕхоКГ та ЧСЕхоКГ (2003) та СОСАТС 3 (2008)						
Кількість досліджень	150 інтерпретовано но 75 виконано	-	300 інтерпретовано но 150 виконано	25 введень 50 (±50) виконано	750 інтерпретовано но 300 виконано	НВ
Тривалість навчання (місяців)	3		6		12	
ПС: ГБН	НВ		НВ		НВ	
ПС: Кількість ЧСЕхоКГ / рік	5		5		>5	
Канадське товариство анестезіологів та Канадське товариство ехокардіографії (2006)						
Кількість досліджень	150*	100 виконано	300*	200 виконано	450*	300
Тривалість навчання (місяців)	3		6		9	
Загалом ГБН	50 за 2 роки		50 за 2 роки		75 за 2 роки	
ПС: ГБН	50 за 4 роки		50 за 4 роки		75 за 4 роки	
ПС: Кількість ЧСЕхоКГ / рік	50		50		50 (75**)	
Європейське товариство ехокардіографії (2010)						
Кількість досліджень	250** /150***	75** /125****	NS		NS	
ПС: ГБН	30 за 5 років		30 за 5 років		30 за 5 років	
ПС:	50		50		50	

Кількість ЧСЕхоКГ / рік						
ГБН – годин безперервного навчання; ПС – підтвердження сертифікації; НВ – не визначено. * Включає інтерпретацію повного ЕхоКГ дослідження (ТТЕхоКГ або ЧСЕхоКГ) з доповіддю куратору під наглядом досвідченого або експертного рівня ехокардіографіста. ** Кількість обстежень, особисто виконаних з доповіддю за 24 місяці. *** Кількість особисто виконаних з доповіддю ТТЕхоКГ за 24 місяці, якщо вже є акредитація з ЧСЕхоКГ. **** ** Кількість особисто виконаних з доповіддю ЧСЕхоКГ за 24 місяці, якщо вже є акредитація з ТТЕхоКГ.						

Таб. 2. Знання та вміння, потрібні для компетенції в ЕхоКГ.

Панель А. Базові знання, потрібні для сертифікації з ЕхоКГ	Панель Б. Знання для сертифікації з дорослої ТТЕхоКГ
Знання фізичних принципів формування ЕхоКГ зображення та вимірів швидкостей потоків крові.	Базові знання з ЕхоКГ.
Знання методів оптимізації та інструментів для отримання оптимальної якості зображення.	Знання відповідних показань до ЕхоКГ.
Знання нормальної анатомії серця.	Знання диференціально-діагностичних аспектів в кожному окремому випадку та ЕхоКГ методик, потрібних для розрішення цих диференціально-діагностичних завдань.
Знання патологічних змін в анатомії серця внаслідок набутих або вроджених його захворювань.	Знання з адекватних маніпуляцій датчиком.
Знання нормальної центральної гемодинаміки.	Знання з аускультатії серця та кореляції даних ЕКГ з результатами ЕхоКГ.
Знання патологічних змін центральної гемодинаміки внаслідок	Здатність розрізнити адекватне та неадекватне виконання ЕхоКГ обстеження.

набутих або вроджених захворювань серця.	
	Знання відповідних напівкількісних та кількісних методів вимірів кардіальних структур та магістральних судин та здатність розрізнити адекватно та неадекватно виконані розрахунки.
	Можливість зв'язати між собою результати дані фізикального та ЕхоКГ обстеження, дані анамнезу та медичної документації, та донести цю інформацію до інших лікарів, що приймають участь у веденні пацієнта.
	Знання альтернативних методів серцево-судинної візуалізації.
Панель В. Знання для сертифікації з дорослої ЧСЕхоКГ	Панель Г. Технічні навички для сертифікації з дорослої ЧСЕхоКГ
Базові знання з ЕхоКГ та ЧСЕхоКГ.	Вміння безпечно та ефективно використовувати седацію.
Знання з відповідних показань, протипоказань та ризиків ЧСЕхоКГ.	Вміння виконувати повне ТТЕхоКГ обстеження з використання всіх можливих ЕхоКГ засобів, адекватних до клінічного випадку.
Розуміння основних диференційно-діагностичних аспектів в кожному окремому клінічному випадку.	Вміння безпечно вводити ЧС датчик в стравохід / шлунок та регулювати позицію датчика для отримання необхідних зрізів та доплерівських даних.
Знання з заходів асептики та антисептики, а також аспектів електричної безпеки під час ЧСЕхоКГ.	Вміння коректно управляти ультразвуковим апаратом, включаючи всі інструменти контролю та налаштування якості зображення.
Розуміння концепції свідомої седації пацієнта, включаючи необхідні заходи, можливі побічні дії та ризики застосування седативних	Вміння розпізнавати патологічні зміни морфології та функції серцевих структур зі стравохідних та трансгастральних вікон та відрізнити нормальні та патологічні

засобів, та кардіореспіраторний моніторинг.	знахідки, в тому числі розпізнавати артефакти.
Знання нормальної анатомії серцево-судинної системи, в тому числі за даними візуалізації томографічно підчас ЧСЕхоКГ.	Вміння виконувати якісний та кількісний аналіз отриманих ехокардіографічних даних.
Знання анатомічних порушень в результаті окремих набутих та вроджених серцевих захворюваннях та їх вигляд підчас ЧСЕхоКГ.	Вміння формулювати переконливе письмове заключення отриманих ехокардіографічних знахідок з їх клінічною інтерпретацією.
Розуміння всіх методів та засобів, що використовуються підчас ТТЕхоКГ та ЧСЕхоКГ, включаючи те, коли їх потрібно застосовувати для вирішення окремих специфічних клінічних задач.	
Здатність розрізнити адекватні та неадекватні дані ЕхоКГ обстеження, в тому числі ЧСЕхоКГ.	
Знання інших діагностичних засобів в кардіології та їх кореляцію з результатами ЧСЕхоКГ.	
Модифіковано за Quinones та співав. [18].	

Таб. 3. Знання та вміння, потрібні для компетенції в периоперативній ЕхоКГ.

Панель А. Знання, потрібні для виконання периоперативної ЕхоКГ на базовому рівні	Панель Б. Вміння, потрібні для виконання периоперативної ЕхоКГ на базовому рівні
Базові знання з ЕхоКГ (Таб. 1).	Вміння управляти ультразвуковим апаратом, включаючи засоби оптимізації якості зображень та отриманих даних.
Знання ультразвукового апарату, принципів асептики та антисептики та рекомендацій з електричною безпекою, асоційованою з використанням ЧСЕхоКГ.	Вміння проводити введення ЧС датчика у пацієнта під анестезією та інтубованого пацієнта.
Знання показань та абсолютних і відносних протипоказань до проведення ЧСЕхоКГ.	Вміння провести базове ЧСЕхоКГ дослідження.
Загальні знання про адекватні альтернативні діагностичні методики, особливо ТТЕхоКГ та епікардіальну ЕхоКГ.	Здатність розпізнавати значні ЕхоКГ зміни, асоційовані з ішемією міокарда та інфарктом.
Знання про нормальну анатомію серця та магістральних судин згідно візуалізації підчас ЧСЕхоКГ.	Здатність виявляти кількісні зміни функції шлуночків та гемодинамічного статусу.
Знання звичайно оцінюваних профілів відповідних кровотоків за даними доплерографії.	Здатність розпізнавати ЕхоКГ прояви повітряної емболії.
Детальні знання щодо ЕхоКГ проявів ішемії міокарда та інфаркту.	Здатність візуалізувати клапани серця з різних зрізів та розпізнавати значні ураження та дисфункції клапанів.
Детальні знання щодо ЕхоКГ проявів нормальної та порушеної функції шлуночків.	Здатність розпізнавати великі внутрішньосерцеві маси та тромби.
Детальні знання про фізіологію та ЧСЕхоКГ прояви повітряної емболії.	Здатність виявляти великий перикардіальний випіт.

Знання анатомії та функції нативних клапанів серця згідно даних візуалізації підчас ЧСЕхоКГ.	Здатність розпізнавати звичайні артефакти та дефекти візуалізації.
Знання основних проявів клапанних уражень за даними ЧСЕхоКГ та методики оцінки ступеня їх важкості.	Здатність зрозуміло доносити результати ЧСЕхоКГ обстеження пацієнтам та колегам, а також переконливо заносити результати в медичну документацію.
Знання основних проявів внутрішньосерцевих об'ємних утворень, тромбозів та емболій підчас ЧСЕхоКГ, а також кардіоміопатій, перикардіального випоту та уражень магістральних судин.	
Панель В. Знання, потрібні для виконання периоперативної ЕхоКГ на досвідченому рівні	Панель Г. Вміння, потрібні для виконання периоперативної ЕхоКГ на досвідченому рівні
Всі знання, визначені для базового рівня.	Всі вміння, визначені для базового рівня.
Знання принципів та методології кількісної ЕхоКГ.	Здатність провести повне ЧСЕхоКГ обстеження.
Детальні знання про анатомію та функцію нативних клапанів. Знання про структуру та функцію клапанних протезів. Детальні знання про ЕхоКГ прояви структурних клапанних уражень та їх дисфункцію.	Здатність кількісно виміряти найменші ЕхоКГ прояви, асоційовані з ішемією та інфарктом міокарда.
Знання про ЕхоКГ прояви ІХС.	Здатність використати ЧСЕхоКГ для кількісної оцінки функції шлуночків та гемодинаміки.
Детальні знання про ЕхоКГ прояви патологічних станів серця та магістральних судин (серцеві анеризми, гіпертрофічна кардіоміопатія, ендокардит,	Здатність використовувати ЧСЕхоКГ для якісної та кількісної оцінки всіх клапанів серця, включаючи клапанні протези, а саме: вимірювати градієнти тиску, визначати площу клапанного

внутрішньосерцеві об'ємні утворення, джерела кардіоемболій, аневризми та розшарування Ао, патологію перикарда та постхірургічні зміни та ускладнення).	отвору, площу регургітуючого потоку та площу ефективного регургітуючого отвору. Здатність оцінити ефективність хірургічного втручання на клапанну функцію.
Детальні знання про інші методи діагностики та їх кореляцію із знахідками підчас ЧСЕхоКГ.	Здатність використовувати ЧСЕхоКГ для оцінки вроджених вад серця. Здатність оцінити вплив хірургічного втручання при ВВС.
	Здатність виявляти та оцінювати функціональні наслідки патологічних станів серця та магістральних судин, таких як серцеві аневризми, гіпертрофічна кардіоміопатія, ендокардит, внутрішньосерцеві об'ємні утворення, джерела кардіоемболій, аневризми та розшарування Ао, патологія перикарду. Здатність оцінити вплив хірургічного втручання на ці стани за доцільності.
	Здатність моніторувати імплантацію та функцію механічних циркуляторних допоміжних пристроїв.
Модифіковано за Quinones та співав. [18].	

Таб. 4. Загальні показання для ЧСЕхоКГ.

Загальні показання	Специфічні приклади
1. Оцінка морфології та функції кардіальних структур та Ао в ситуаціях, коли результати здатні вплинути на тактику ведення пацієнта та ТТЕхоКГ є неінформативною, або проведення ТТЕхоКГ відкладено, тому що існує висока вірогідність, що вона буде неінформативною.	а. Детальна оцінка порушень структур, що типово знаходяться у «дальньому полі», таких як Ао та ВЛП. б. Оцінка клапанних протезів. в. Оцінка параклапанних абсцесів (як нативних клапанів, та і клапанних протезів). г. Пацієнти на ШВЛ. д. Пацієнти з травмами грудної клітки. е. Пацієнти з габітусом, що перешкоджає адекватній візуалізації при ТТЕхоКГ. є. Пацієнти, нездатні повернутися на лівий бік.
2. Інтраопераційна ЧСЕхоКГ.	а. Всі хірургічні втручання на відкритому серці (в т.ч., на клапанах серця) та на грудній Ао. б. При деяких операціях з аорто-коронарного шунтування. в. Некардіальна хірургія, коли у пацієнтів відома або є підозра на серцево-судинну патологію, що може вплинути на виходи.
3. Контроль підчас проведення транскатетерних втручань	а. Контроль проведення катетерних внутрішньосерцевих втручань (в т.ч. закриття септальних дефектів або облітерація ВЛП, та транскатетерні клапанні втручання).
4. ЧСЕхоКГ у критично хворих пацієнтів	а. Пацієнти, у яких неможливо отримати таку інформацію, яка здатна вплинути на тактику ведення хворого, за допомогою ТТЕхоКГ.

Таб. 5. Градація за AUC для деяких сценаріїв, коли ЧСЕхоКГ є методом дослідження першої лінії або допоміжним методом дослідження (модифіковано за Douglas та співав. [21]).

Адекватне застосування ЧСЕхоКГ
• Проведення ЧСЕхоКГ при великій вірогідності неінформативності ТТЕхоКГ внаслідок певних характеристик пацієнта або неадекватної візуалізації відповідних кардіальних структур або магістральних судин. • Повторна оцінка попередніх знахідок ЧСЕхоКГ з метою динамічного спостереження (напр., розчинення тромбу на фоні антикоагулянтної терапії, зникнення вегетацій на фоні антибактеріальної терапії, тощо), коли очікуються зміни внаслідок терапії. • Контроль за проведенням перкутанних некоронарних кардіальних втручань, включаючи (та не тільки) імплантацію оклюдерів, радіочастотну абляцію та перкутанні клапанні втручання. • Підозра на гострий аортальний синдром, включаючи (та не тільки) розшарування / розрив Ао. • Оцінка структури та функції клапанів для оцінки можливості втручання та адекватного його планування. • Діагностика інфекційного ендокардиту при помірній або високій його вірогідності за даними інших досліджень (напр., стафілококова бактеріємія, фунгемія, наявність клапанного протезу або внутрішньосерцевого імплантованого пристрою). • Оцінка можливості серцево-судинного джерела емболії при відсутності ідентифікованого некардіального джерела. • Фібриляція та тріпотіння передсердь: оцінка з метою прийняття клінічного рішення щодо антикоагулянтної терапії, кардіоверсії та / або РЧА.
Невизначена адекватність застосування ЧСЕхоКГ
• Оцінка можливості серцево-судинного джерела емболії за наявності попередньо ідентифікованого некардіального джерела.
Застосування ЧСЕхоКГ недоцільне
• Рутинна ЧСЕхоКГ, якщо діагностична ТТЕхоКГ є досить інформативною для вирішення всіх діагностичних та лікувальних завдань. • Спостереження за динамічними змінами знахідок підчас попередніх ЧСЕхоКГ (напр., розчинення тромбу на фоні антикоагулянтної терапії, зникнення вегетацій на фоні

антибактеріальної терапії, тощо), якщо не передбачається змін у терапії.

- Рутинна оцінка стану легеневих вен у безсимптомних пацієнтів після ізоляції легеневих вен.
- Діагностика інфекційного ендокардиту при низькій його вірогідності за даними інших досліджень (напр., транзиторна лихоманка, відоме альтернативне джерело інфекції або негативна гемокультура / атиповий для ІЕ патоген).
- Оцінка можливості серцево-судинного джерела емболії за наявності попередньо ідентифікованого некардіального джерела.
- Фібриляція та тріпотіння передсердь: оцінка в ситуації, коли прийнято рішення призначити антикоагулянти та не виконувати кардіоверсію.

Таб. 6. Перелік абсолютних та відносних протипоказань для ЧСЕхоКТ
(модифіковано за Hilberath та співав. [26])

Абсолютні протипоказання	Відносні протипоказання
• Перфорація внутрішніх органів • Стриктура стравоходу • Пухлина стравоходу • Перфорація або розрив / розшарування стравоходу • Дивертикул стравоходу • Активна кровотеча в верхній частині ШКТ	• Променева терапія / опромінення ший та середостіння в анамнезі • ШК хірургічне втручання в анамнезі • Недавня кровотеча в верхній частині ШКТ • Стравохід Баррета • Дисфагія в анамнезі • Обмеження рухомості ший (важкий шийний артрит, захворювання атлантаксіального суглоба) • Симптомна кила діафрагми • Варикозне розширення вен стравоходу • Коагулопатія, тромбоцитопенія • Активний езофагіт • Активна пептична виразкова хвороба

Таб. 7. Перелік відомих ускладнень ЧСЕхоКГ та їх частота під час діагностичної та інтраопераційної ЧСЕхоКГ [24 – 31].

Ускладнення	Діагностична ЧСЕхоКГ	Інтраопераційна ЧСЕхоКГ
Загальна частота ускладнень	0,18 – 2,8% [24, 25]	0,2% [7]
Смертність	<0,01 – 0,02% [24, 25, 27]	0% [7]
Великі ускладнення	0,2% [27]	0 – 1,2% [7, 28, 29]
Великі кровотечі	<0,01% [24]	0,03 – 0,8% [7, 28]
Перфорації стравоходу	<0,01 [24]	0 – 0,3% [7, 28, 29]
Серцева недостатність	0,05% [28]	
Аритмії	0,06 – 0,3% [7, 28, 30]	
Інтубація трахеї	0,02% [30]	0,03% [7]
Мальпозиція ендотрахеальної трубки		
Ларингоспазм	0,14% [27]	
Бронхоспазм	0,06 – 0,07% [24, 30]	
Дисфагія	1,8 % [31]	
Невелика фарінгеальна кровотеча	0,01 – 0,2% [24, 25, 27]	0,01% [7]
Важка одінофагія		0,1% [7]
Охрипливість	12% [31]	
Травма губи	13% [31]	
Травма зубів	0,1% [31]	0,03% [7]

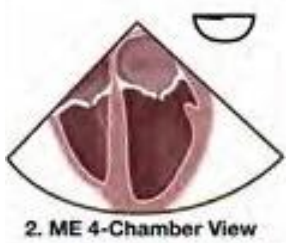
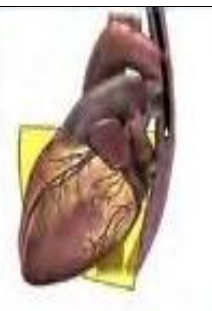
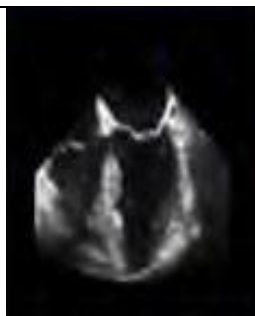
Таб. 8. Класифікація фізичного статусу Американського товариства анестезіологів (модифіковано за Рекомендаціями відносної цінності АТА 2012 р., с. xii, Code 99140)

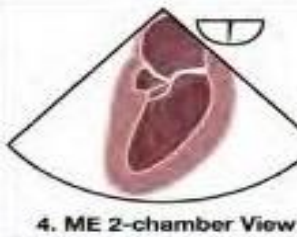
Класифікація фізичного статусу Американського товариства анестезіологів	
Клас I	Нормальний здоровий пацієнт
Клас II	Пацієнт з легким системним захворюванням
Клас III	Пацієнт з важким системним захворюванням
Клас IV	Пацієнт з важким системним захворюванням, що постійно загрожує життю
Клас V	Вмираючий пацієнт, що, вірогідно, не виживе без операційного втручання
Клас VI	Пацієнт з зареєстрованою смертю мозку, чиї органи вилучають з донорською метою
E	Якщо хірургічне втручання є ургентним, до фізичного статусу згідно класифікації додається індекс «E»

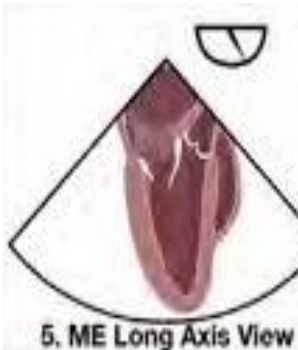
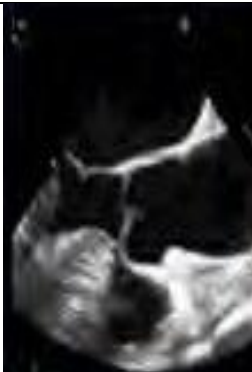
Таб. 9. Модифікована шкала Aldrete.

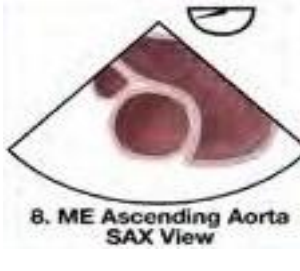
Критерії	Здатність	Балів
Активність	Здатен рухатися самостійно або за командою	
	4 кінцівки	2
	2 кінцівки	1
	0 кінцівок	0
Дихання	Здатен дихати та кашляти вільно	2
	Задишка; неглибоке або обмежене дихання	1
	Апноє	0
Кровообіг	АТ ± 20 мм Hg від рівня до седації	2
	АТ $\pm 20-50$ мм Hg від рівня до седації	1
	АТ ± 50 мм Hg від рівня до седації	0
Притомність	Повністю свідомий	2
	Прокидається, коли кличеш	1
	Не відповідає	0
Сатурація кисню	Здатен підтримувати $>92\%$ при кімнатній температурі	2
	Потребує кисень для підтримки сатурації $>90\%$	1
	Сатурація $<90\%$ навіть при дачі додаткового кисню	0

Таб. 10. Повне обстеження підчас ЧСЕхоКГ. Таб. включає рекомендовані 28 зрізів, що входять до повного обсягу обстеження. Кожен зріз представлений у вигляді схеми, 3D-моделі та зображення підчас ЧСЕхоКГ в В-режимі. Наведені протокол отримання відповідних зрізів та структури, що мають візуалізуватися.

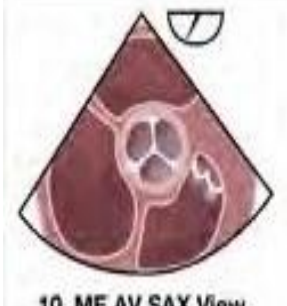
Зріз	Трьохвимірна модель	Зображення в В-режимі	Протокол отримання	Структури, що візуалізуються
Зрізи середньо-стравохідної позиції (ССП, МЕ)				
1. ССП, 5-камерний зріз  1. ME 5-Chamber View			Кут датчика: $\approx 0 - 10^{\circ}$ Рівень: Середньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображення): -	• ВТЛШ • ЛП/ПП • ЛШ/ПШ/МПП • МК (А2, А1 – Р1) • ТК
2. ССП, 4-камерний зріз  2. ME 4-Chamber View			Кут датчика: $\approx 0 - 10^{\circ}$ Рівень: Середньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображення): -	• ЛП/ПП • МПП • ЛШ/ПШ/МПП • МК (А3, А2 – Р2, Р1) • ТК

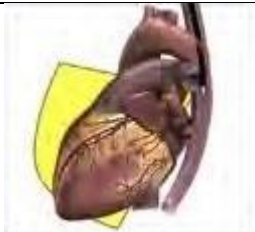
			ого зображенн я): просуненн я ± ретрофлекс ія	
3. ССП, зріз на рівні комісур  3. ME Mitral Commissural View			Кут датчика: ≈ 50 – 70° Рівень: Середньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображенн я): -	• ЛП • КС • ЛШ • МК (РЗ – АЗ, А2, А1 – Р1) • ПМ • Хорди
4. ССП, 2-камерний зріз  4. ME 2-chamber View			Кут датчика: ≈ 80 – 100° Рівень: Середньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього	• ЛП • КС • ВЛП • ЛШ • МК (РЗ – АЗ, А3, А1)

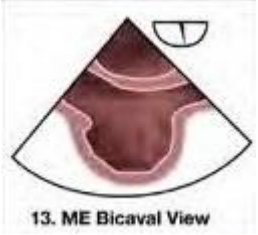
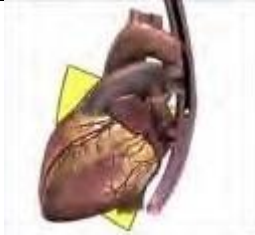
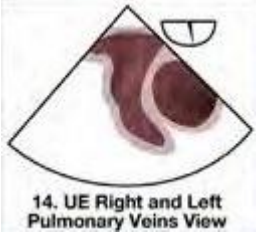
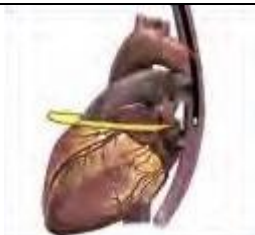
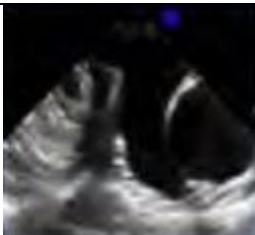
			зображенн я): -	
5. ССП, зріз по довгій осі (LAX)  5. ME Long Axis View			Кут датчика: $\approx 120 - 140^\circ$ Рівень: Середньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображення): -	• ЛП • ЛШ • ВТЛШ • ВТПШ • МК (P2 – A2) • АК • Проксимальна висхідна Ао
6. ССП, зріз АК по довгій осі  6. ME AV LAX View			Кут датчика: $\approx 120 - 140^\circ$ Рівень: Середньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображення): витягнення $\pm$ антефлексії	• ЛП • ВТЛШ • ВТПШ • МК (A2 – P2) • АК • Проксимальна висхідна Ао

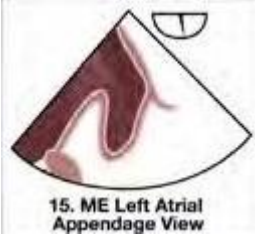
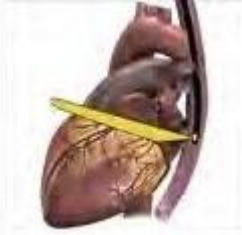
			я	
7. ВСП, зріз висхідної Ао по довгій осі  7. ME Ascending Aorta LAX View			Кут датчика: $\approx 90 - 110^\circ$ Рівень: Верхньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображення): витягнення	• Середня третина висхідної Ао • ПЛА
8. ВСП, зріз висхідної Ао по короткій осі  8. ME Ascending Aorta SAX View			Кут датчика: $\approx 0 - 30^\circ$ Рівень: Верхньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображення): ротація по ЧС	• Середня третина висхідної Ао (SAX) • Стовбур / біфуркація ЛА • ВПВ

Таб. 10. Повне обстеження підчас ЧСЕхоКГ. Таб. включає пропоновані 28 зрізів, що входять до повного обсягу обстеження. Кожен зріз представлений у вигляді схеми, 3D-моделі та зображення підчас ЧСЕхоКГ в В-режимі. Наведені протокол отримання відповідних зрізів та структури, що мають візуалізуватися (продовження)

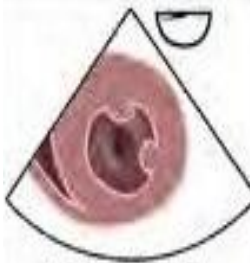
Зріз	Трьохвимірна модель	Зображення в В-режимі	Протокол отримання	Структури, що візуалізуються
9. ССП, зріз правих ЛВ  9. ME Right Pulmonary Vein View			Кут датчика: $\approx 0 - 30^\circ$ Рівень: Верхньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображення): ротація по ЧС, просунення	- Середня частина висхідної Ао - ВПВ - Праві ЛВ
10. ССП, зріз SAX через АК  10. ME AV SAX View			Кут датчика: $\approx 25 - 45^\circ$ Рівень: Середньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображення): ротація по ЧС, просунення	- АК - ПП - ЛП - Верхня частина МПП - ВТПШ - КЛА

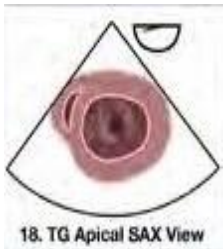
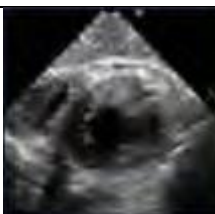
			о зображення) : ротація проти ЧС, просунення, антефлексія	
11. ССП, зріз притоку-відтоку з ПШ  11. ME RV Inflow-Outflow View			Кут датчика: ≈ 50 – 70° Рівень: Середньо- стравохідни й Маневр датчика (від попереднього о зображення) : ротація по ЧС, просунення	• АК • ПП • ЛП • Верхня частина МПП • ТК • ВТПШ • КЛА
12. ССП, модифікований бікавальний зріз  12. ME Modified Bicaval TV View			Кут датчика: ≈ 50 – 70° Рівень: Середньо- стравохідни й Маневр датчика (від попереднього о зображення) : ротація по ЧС	• ПП • ЛП • Середня частина МПП • ТК • ВПВ • НПВ / КС

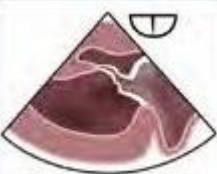
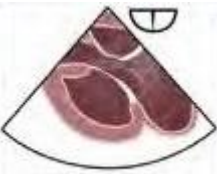
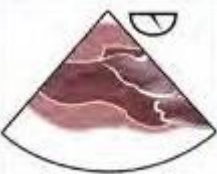
13. ССП бікавальний зріз  13. ME Bicaaval View			Кут датчика: $\approx 90 - 110^\circ$ Рівень: Середньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображення): ротація по ЧС	• ЛП • ПП / вушко • МПП • ВПВ • НПВ
14. ВСП, зріз правих та лівих ЛВ  14. UE Right and Left Pulmonary Veins View			Кут датчика: $\approx 90 - 110^\circ$ Рівень: Верхньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображення): висунення, по ЧС для правих вен, проти ЧС для лівих вен	• ЛВ (верхня та нижня) • ЛА

15. ССП, зріз через ВЛП  15. ME Left Atrial Appendage View			Кут датчика: $\approx 90 - 110^\circ$ Рівень: Середньо-стравохідний Маневр датчика (від попереднього зображення): просунення	• ВЛП • Ліва верхня ЛВ
--	---	--	--	---

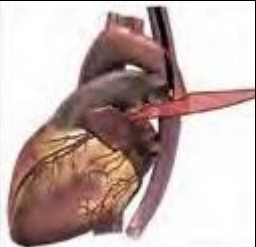
Таб. 10. Повне обстеження підчас ЧСЕхоКГ. Таб. включає пропоновані 28 зрізів, що входять до повного обсягу обстеження. Кожен зріз представлений у вигляді схеми, 3D-моделі та зображення підчас ЧСЕхоКГ в В-режимі. Наведені протокол отримання відповідних зрізів та структури, що мають візуалізуватися (продовження)

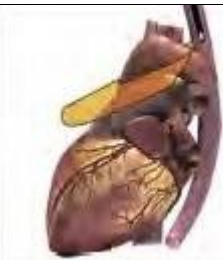
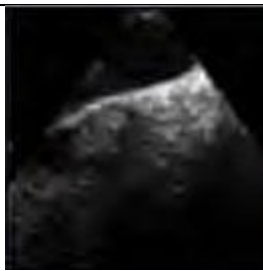
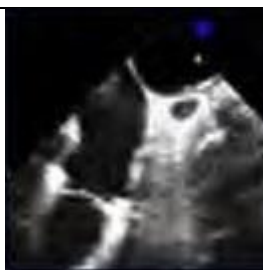
Зріз	Трьохвимірна модель	Зображення в В-режимі	Протокол отримання	Структури, що візуалізуються
Зрізи трансагстральної позиції (ТГП)				
16. ТГП, SAX через базальний відділ ЛШ  16. TG Basal SAX View			Кут датчика: $\approx 0 - 20^{\circ}$ Рівень: Трансгастральний Маневр датчика (від попереднього зображення): просунення $\pm$ антефлексія	- ЛШ (базальний відділ) - ПШ (базальний відділ) - МК (SAX) - ТК (коротка вісь)
17. ТГП, SAX через ПМ ЛШ  17. TG Mid Papillary SAX View			Кут датчика: $\approx 0 - 20^{\circ}$ Рівень: Трансгастральний Маневр датчика (від попереднього зображення): просунення $\pm$ антефлексія	- ЛШ (серединний відділ) - ПМ - ПШ (серединний відділ)

18. ТГП, SAX через апікальний відділ ЛШ  18. TG Apical SAX View			Кут датчика: $\approx 0 - 20^{\circ}$ Рівень: Трансгастральний Маневр датчика (від попереднього зображення): просунення $\pm$ антефлексія	• ЛШ (верхівко вий відділ) • ПШ (верхівко вий відділ)
19. ТГП, зріз через базальний відділ ПШ  19. TG RV Basal View			Кут датчика: $\approx 0 - 20^{\circ}$ Рівень: Трансгастральний Маневр датчика (від попереднього зображення): антефлексія	• ЛШ (середин ний відділ) • ПШ (середин ний відділ) • ВТПШ • ТК (SAX) • КЛА
20. ТГП, зріз через притік- відтік ПШ  20. TG RV Inflow-Outflow View			Кут датчика: $\approx 0 - 20^{\circ}$ Рівень: Трансгастральний Маневр датчика (від попереднього зображення): флексія вправо	• ПП • ПШ • ВТПШ • КЛА • ТК
21. Глибока ТГП, 5- камерний зріз			Кут датчика: $\approx 0 - 20^{\circ}$ Рівень: Трансгастральний Маневр датчика	• ЛШ • ВТЛШ • ПШ • АК • Корінь

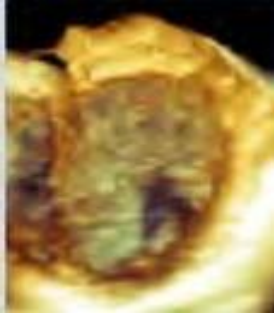
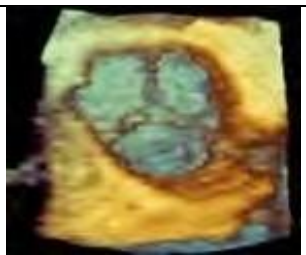
 21. Deep TG 5-chamber View			(від попереднього зображення): флексія вправо, просунення, антефлексія	Ао • МК
22. ТГП, 2-камерний зріз  22. TG 2-Chamber View			Кут датчика: $\approx 90 - 110^{\circ}$ Рівень: Трансгастральний Маневр датчика (від попереднього зображення): нейтральна флексія, висунення	• ЛШ • ЛП / ВЛП • МК
23. ТГП, зріз приносяного тракту ПШ  23. TG RV Inflow View			Кут датчика: $\approx 90 - 110^{\circ}$ Рівень: Трансгастральний Маневр датчика (від попереднього зображення): ротація по ЧС	• ПШ • ПП • ТК
24. ТГП, зріз LAX  24. TG LAX View			Кут датчика: $\approx 120 - 140^{\circ}$ Рівень: Трансгастральний Маневр датчика (від попереднього зображення): ротація проти ЧС	• ЛШ • ВТЛШ • ПШ • АК • Корінь Ао • МК

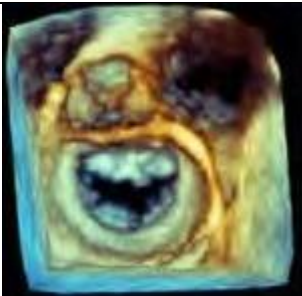
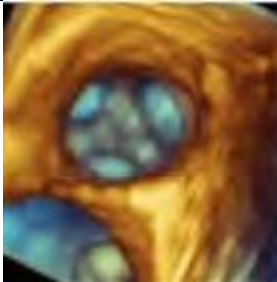
Таб. 10. Повне обстеження підчас ЧСЕхоКГ. Таб. включає пропоновані 28 зрізів, що входять до повного обсягу обстеження. Кожен зріз представлений у вигляді схеми, 3D-моделі та зображення підчас ЧСЕхоКГ в В-режимі. Наведені протокол отримання відповідних зрізів та структури, що мають візуалізуватися (продовження)

Зріз	Трьохвимірна модель	Зображення в В-режимі	Протокол отримання	Структури, що візуалізуються
Аортальні зрізи				
25. SAX низхідної Ао  25. Descending Aorta SAX View			Кут датчика: $\approx 0 - 10^\circ$ Рівень: Від трансгастрального до середньо-стравохідного Маневр датчика (від попереднього зображення): нейтральна флексія	- Нисхідна Ао - Структури лівої грудної клітки - Непарна та напівнепарна вени - Міжреберні артерії
26. LAX низхідної Ао  26. Descending Aorta LAX View			Кут датчика: $\approx 90 - 100^\circ$ Рівень: Від трансгастрального до середньо-стравохідного Маневр датчика (від попереднього зображення):	- Нисхідна Ао - Структури лівої грудної клітки

			нейтральна флексія	
27. ВСП, LAX дуги Ао  27. UE Aortic Arch LAX View			Кут датчика: $\approx 0 - 10^\circ$ Рівень: Верхньо- стравохідний Маневр (від попереднього зображення): витягнення	• Дуга Ао • Безіменна вена • Тканини середостіння
28. ВСП, SAX дуги Ао  28. UE Aortic Arch SAX View			Кут датчика: $\approx 70 - 90^\circ$ Рівень: Від трансгастрального до середньо- стравохідного Маневр (від попереднього зображення): -	• Дуга Ао • Безіменна вена • ЛА • КЛА • Тканини середостіння

Таб. 11. Підсумок основних зображень, що отримують підчас 3D-ЧСЕхоКГ.

ЛІВИЙ ШЛУНОЧОК	1. Отримати зріз ЛШ під кутами 0, 60 або 120° з ССП. 2. Використати біплановий режим, уточнити, що ЛШ є центрованим в другій позиції під кутом 90° до оригінального зображення. 3. Отримати зображення, використовуючи режим декількох скорочень з широким кутом.	
ПРАВИЙ ШЛУНОЧОК	1. Отримати зріз ПШ із ССП під кутом 0° із таким нахилом зображення, щоб ПШ знаходився в центрі зображення. 2. Отримати зображення, використовуючи режим декількох скорочень з широким кутом.	
МІЖПЕРЕДСЕРДНА ПЕРЕГОРОДКА	1. ССП під кутом 0° з ротацією датчика на МПП. 2. Отримати зображення, використовуючи режим одного скорочення з вузьким кутом, або декількох скорочень з широким кутом.	
АОРТАЛЬНИЙ КЛАПАН	1. Отримати зріз АК з ССП під кутом 60° по короткій осі, або з ССП під кутом 120° по довгій осі.	

	2. Отримати зображення, використовуючи режим одного скорочення з вузьким кутом, або декількох скорочень з широким кутом.	
МІТРАЛЬНИЙ КЛАПАН	1. Отримати зріз МК з ССП під кутами 0, 60, 90, або 120°. 2. Використати біплановий режим, уточнити, що кільце МК є центрованим в позиції отримання під кутом 90° до оригінального зображення. 3. Отримати зображення, використовуючи режим одного скорочення з вузьким кутом.	
КЛАПАН ЛЕГЕНЕВОЇ АРТЕРІЇ	1. Отримати зріз КЛА з ВСП під кутом 90°, або з ССП під кутом 120° так, щоб 3-камерне зображення було орієнтовано із КЛА в центрі. 2. Отримати зображення, використовуючи режим одного скорочення з вузьким кутом.	
ТРИКУСПІДАЛЬНИЙ КЛАПАН	1. Отримати зріз ТК з ССП під кутом 0 – 30° (4-камерна позиція) таким чином, щоб ТК був центрований в зрізі	

	візуалізації, або з ТГП з антефлексією головки датчика під кутом 40°. 2. Отримати зображення, використовуючи режим одного скорочення з вузьким кутом.	
--	---	--

Таб. 12. Рекомендовані зображення підчас ЧСЕхоКГ при окремих ВВСД.

	Первинне ураження та відповідні зрізи	Часті асоційовані ураження та відповідні зрізи
ДМПП (ASD)	- Локалізація, розмір, кількість, морфологія та можливість для закриття пристроєм (краї, відстань від ЛВ): ССП, 4-камерний зріз (зріз 2), ССП, зріз SAX через АК (зріз 10), та ССП, бікавальний зріз (зріз 13). - Може вимагати легкої ротації проти часової стрілки до ССП бікавального зрізу для оптимальної візуалізації дефектів типу sinus venosus.	- Частковий аномальний дренаж ЛВ (правої верхньої та/або правої середньої разом з sinus venosus): ССП, зріз через ЛВ (зріз 9 та зріз, ортогональний зрізу 14) - Дефект МШП області притоку (первинний ASD): ССП 4-камерний зріз (зріз 2) - Розщеплення МК: ТГП, зріз SAX через базальний відділ ЛШ (зріз 16) - Субаортальна обструкція (АВ-септальні дефекти): ССП, 3-камерний зріз (зріз 5), глибока ТГП, 5-камерний зріз (зріз 21), та ТГП, зріз LAX (зріз 24)
ДМШП (VSD)	Локалізація, розмір, кількість: ССП, 5-камерний (зріз 1), ССП, 4-камерний (зріз 2), ССП, 3-камерний (зріз 5), ССП, зріз SAX через АК (зріз 10), ТГП, зріз SAX через базальний відділ ЛШ (зріз 16), ТГП, зріз SAX через ПМ (зріз 17), ТГП, зріз SAX через апікальний відділ ЛШ (зріз 18), глибока ТГП, 5-камерний (зріз 21)	- Пролапс АК (надгребінцеві дефекти): ССП, 3-камерний (зріз 5) та ССП, зріз SAX через АК (зріз 10) - Подвійна камера ПШ: ССП, зріз SAX через АК (зріз 10) та ССП, зріз притоку-відтоку ПШ (зріз 11)

Обструктивні ураження лівих відділів: аортальний стеноз	Місце обструкції: підклапанна / клапанна / надклапанна (дискретна / динамічна): ССП, LAX через АК (зріз 6), глибока ТГП, 5-камерний (зріз 21) та ТГ LAX (зріз 24)	Патологія висхідної Ао: ССП, LAX через АК (зріз 6), ССП, зріз LAX висхідної Ао (зріз 7), ССП, зріз SAX висхідної Ао (зріз 8), ВСП, зріз LAX дуги Ао (зріз 27)
Праве серце: аномалія Ебштейна	Морфологія стулок та оцінка можливості пластики (мобільність передньої стулки, прикріплення хорд до ВТПШ, кількість регургітуючих потоків): ССП, 4-камерний (зріз 2), ССП, зріз приносного тракту ПШ (зріз 11), ТГП, зріз притік-відтік ПШ (зріз 20)	- Міжпередсердні шунти (див. вище ASD) - Некомпактний ЛШ: ССП, 4-камерний (зріз 2) та ССП, 2-камерний (зріз 4), ТГП, 2-камерний (зріз 22)
Процедури «atrial switch» (Mustard та Senning)	- Легенева венозна перегородка: ССП, 4-камерний (зріз 2) - Перегородка ВПВ та НПВ та гілок системних вен: ССП, модифікований бікавальний зріз через ТК (зріз 12), та ССП, бікавальний (зріз 13)	- Субаортальна шлуночкова дисфункція та системна атріовентрикулярна (морфологічно ТК) регургітація: ССП, 5-камерний, 4-камерний, комісуральний, 2-камерний та 3-камерний (зрізи 1-5) - Субпульмонарна шлуночкова обструкція: LAX через АК (зріз 6), ССП, зріз SAX через АК (зріз 10), ССП, зріз притоку-відтоку ПШ (зріз 11), ТГП, зріз через базальний відділ ПШ (зріз 19), ТГП, зріз

		через притік-відтік ПШ (зріз 20)
З'єднання за Fontan	• Атріопульмонарне з'єднання: ССП, SAX висхідної Ао (зріз 8) • Латеральне тунельне з'єднання: ССП, модифікований бікавальний через ТК та ТГП, бікавальний (зрізи 12 та 13) • Потік в ЛА: висунення датчика зі зрізу ССП, SAX висхідної Ао (зрізи 8 та зріз проти часової стрілки або вліво від зрізу 7), ВСП, SAX дуги Ао (зріз 28)	• Компресія правої ЛВ дилатованим ПП атріопульмонарного з'єднання: ССП, праві ЛВ (зріз 9 та зріз ортогонально зрізу 14) • Тромб ПП в атріопульмонарному з'єднанні: ССП, 4-камерний (зріз 2), ССП, модифікований бікавальний через ТК та ТГП, бікавальний (зрізи 12 та 13) • Прохідність тунелю, тромб та фенестрація: ССП, 4-камерний (зріз 2)
Субпульмонарний кондуїт з шлуночка в ЛА	• Морфологія, стеноз кондуїту та регургітація: ССП, зріз притоку-відтоку ПШ (зріз 11)	

Література

1. Hahn R.T., Abraham T., Adams M.S., et al. Guidelines for Performing a Comprehensive Transesophageal Echocardiographic Examination: Recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. J Am Soc Echocardiogr 2013;26:921-64.
2. Side CD, Gosling RG. Non-surgical assessment of cardiac function. Nature 1971;232:335-6.
3. Frazin L, Talano JV, Stephanides L, Loeb HS, Kopel L, Gunnar RM. Esophageal echocardiography. Circulation 1976;54:102-8.
4. Hisanaga K, Hisanaga A, Hibi N, Nishimura K, Kambe T. High speed rotating scanner for transesophageal cross-sectional echocardiography. Am J Cardiol 1980;46:837-42.
5. Hisanaga K, Hisanaga A, Nagata K, Yoshida S. A new transesophageal realtime two-dimensional echocardiographic system using a flexible tube and its clinical application. Proc Jpn Soc Ultrasonics Med 1977;32:43-4.
6. Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, Stewart WJ, Weiss RL, Mark JB, et al. ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: recommendations of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force for Certification in Perioperative Transesophageal Echocardiography. Anesth Analg 1999;89:870-84.
7. Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, Stewart WJ, Weiss RL, Mark JB, et al. ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: recommendations of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force for Certification in Perioperative Transesophageal Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 1999;12:884-900.

8. Kallmeyer IJ, Collard CD, Fox JA, Body SC, Shernan SK. The safety of intraoperative transesophageal echocardiography: a case series of 7200 cardiac surgical patients. *Anesth Analg* 2001;92:1126-30.
9. Peterson GE, Brickner ME, Reimold SC. Transesophageal echocardiography: clinical indications and applications. *Circulation* 2003;107:2398-402.
10. Maffessanti F, Marsan NA, Tamborini G, Sugeng L, Caiani EG, Gripari P, et al. Quantitative analysis of mitral valve apparatus in mitral valve prolapse before and after annuloplasty: a three-dimensional intraoperative transesophageal study. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:405-13.
11. Heidenreich PA, Stainback RF, Redberg RF, Schiller NB, Cohen NH, Foster E. Transesophageal echocardiography predicts mortality in critically ill patients with unexplained hypotension. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:152-8.
12. Meier B, Frank B, Wahl A, Diener HC. Secondary stroke prevention: patent foramen ovale, aortic plaque, and carotid stenosis. *Eur Heart J* 2012;33:705-13.
13. Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, Chan KL, Goncalves A, Hahn RT, et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:937-65.
14. Beller GA, Bonow RO, Fuster V. ACCF 2008 recommendations for training in Adult Cardiovascular Medicine Core Cardiology Training (COCATS 3) (revision of the 2002 COCATS training statement). *J Am Coll Cardiol* 2008;51:335-8.
15. Flachskampf FA, Badano L, Daniel WG, Feneck RO, Fox KF, Fraser AG, et al. Recommendations for transoesophageal echocardiography: update 2010. *Eur J Echocardiogr* 2010;11:557-76.
16. Cahalan MK, Stewart W, Pearlman A, Goldman M, Sears-Rogan P, Abel M, et al. American Society of Echocardiography and Society of Cardiovascular

Anesthesiologists task force guidelines for training in perioperative echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2002;15:647-52.

17. Beique F, Ali M, Hynes M, Mackenzie S, Denault A, Martineau A, et al. Canadian guidelines for training in adult perioperative transesophageal echocardiography. Recommendations of the Cardiovascular Section of the Canadian Anesthesiologists' Society and the Canadian Society of Echocardiography. Can J Cardiol 2006;22:1015-27.

18. Quinones MA, Douglas PS, Foster E, Gorcsan J III, Lewis JF, Pearlman AS, et al. ACC/AHA clinical competence statement on echocardiography: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians-American Society of Internal Medicine Task Force on clinical competence. JAmSoc Echocardiogr 2003;16: 379-402.

19. Mathew JP, Glas K, Troianos CA, Sears-Rogan P, Savage R, Shanewise J, et al. American Society of Echocardiography/Society of Cardiovascular Anesthesiologists recommendations and guidelines for continuous quality improvement in perioperative echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2006;19:1303-13.

20. Reeves ST, Finley AC, Skubas NJ, Swaminathan M, Whitley WS, Glas KE, et al. Basic perioperative transesophageal echocardiography examination: a consensus statement of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. J Am Soc Echocardiogr 2013;26:443-56.

21. Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. An updated report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. Anesthesiology 2010;112:1084-96.

22. American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, American Society of Echocardiography, American Heart Association, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart

Rhythm Society, et al.

ACCF/ASE/AHA/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCM/SCCT/SCMR 2011

appropriate use criteria for echocardiography. A report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, American Society of Echocardiography, American Heart Association, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Critical Care Medicine, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance American College of Chest Physicians. J Am Soc Echocardiogr 2011;24:229-67.

23. American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, Hendel RC, Patel MR, Allen JM, Min JK, Shaw LJ, et al. Appropriate use of cardiovascular technology: 2013 ACCF appropriate use criteria methodology update. J Am Coll Cardiol 2013;61:1305-17.

24. Intersocietal Accreditation Commission. IAC standards for adult echocardiography accreditation. Available at: <http://www.intersocietal.org/echo/standards/IACAdultEchocardiographyStandards2012.pdf>. Accessed July 27, 2013.

25. Daniel WG, Erbel R, Kasper W, Visser CA, Engberding R, Sutherland GR, et al. Safety of transesophageal echocardiography. A multicenter survey of 10,419 examinations. Circulation 1991;83:817-21.

26. Khandheria BK, Seward JB, Tajik AJ. Transesophageal echocardiography. Mayo Clin Proc 1994;69:856-63.

27. Hilberath JN, Oakes DA, Shernan SK, Bulwer BE, D'Ambra MN, Eltzhig HK. Safety of transesophageal echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2010;23(11):1115-27.

28. Seward JB, Khandheria BK, Oh JK, Freeman WK, Tajik AJ. Critical appraisal of transesophageal echocardiography: limitations, pitfalls, and complications. J Am Soc Echocardiogr 1992;5:288-305.

29. LennonMJ, GibbsNM,WeightmanWM,Leber J, EeHC, Yusoff IF. Transesophageal echocardiography-related gastrointestinal complications in cardiac surgical patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;19:141-5.
30. Owall A, Stahl L, Settergren G. Incidence of sore throat and patient complaints after intraoperative transesophageal echocardiography during cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1992;6:15-6.
31. Chan KL, Cohen GI, Sochowski RA, Baird MG. Complications of transesophageal echocardiography in ambulatory adult patients: analysis of 1500 consecutive examinations. *J Am Soc Echocardiogr* 1991;4: 577-82.
32. Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. A report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal echocardiography. *Anesthesiology* 1996;84:986-1006.
33. PicardMH, Adams D, Bierig SM, Dent JM, Douglas PS, Gillam LD, et al. American Society of Echocardiography recommendations for quality echocardiography laboratory operations. *J Am Soc Echocardiogr* 2011; 24:1-10.
34. Practice guidelines for sedation and analgesia by non-anesthesiologists. *Anesthesiology* 2002;96:1004-17.
35. Practice guidelines for preoperative fasting and the use of pharmacologic agents to reduce the risk of pulmonary aspiration: application to healthy patients undergoing elective procedures: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Committee on Standards and Practice Parameters. *Anesthesiology* 2011;114:495-511.
36. Winter FS. Persistent left superior vena cava; survey of world literature and report of thirty additional cases. *Angiology* 1954;5:90-132.
37. Fraser RS, Dvorkin J, Rossall RE, Eidem R. Left superior vena cava: a review of associated congenital heart lesions, catheterization data and roentgenologic findings. *Am J Med* 1961;31:711-6.
38. Aldrete JA. Modifications to the postanesthesia score for use in ambulatory surgery. *J Perianesth Nurs* 1998;13:148-55.

39. Isenberg G. Topical anesthesia: to use or not to use—that is the question. *Gastrointest Endosc* 2001;53:130-3.
40. Soma Y, Saito H, Kishibe T, Takahashi T, Tanaka H, Munakata A. Evaluation of topical pharyngeal anesthesia for upper endoscopy including factors associated with patient tolerance. *Gastrointest Endosc* 2001;53: 14-8.
41. Hedenbro JL, Ekelund M, Jansson O, Lindblom A. A randomized, double-blind, placebo-controlled study to evaluate topical anaesthesia of the pharynx in upper gastrointestinal endoscopy. *Endoscopy* 1992; 24:585-7.
42. Froehlich F, Schwizer W, Thorens J, Kohler M, Gonvers JJ, Fried M. Conscious sedation for gastroscopy: patient tolerance and cardiorespiratory parameters. *Gastroenterology* 1995;108:697-704.
43. Smith JL, Opekun A, Graham DY. Controlled comparison of topical anesthetic agents in flexible upper gastrointestinal endoscopy. *Gastrointest Endosc* 1985;31:255-8.
44. Kane GC, Hoehn SM, Behrenbeck TR, Mulvagh SL. Benzocaine-induced methemoglobinemia based on the Mayo Clinic experience from 28 478 transesophageal echocardiograms: incidence, outcomes, and predisposing factors. *Arch Intern Med* 2007;167:1977-82.
45. Novaro GM, Aronow HD, Militello MA, Garcia MJ, Sabik EM. Benzocaine-induced methemoglobinemia: experience from a high-volume transesophageal echocardiography laboratory. *J Am Soc Echocardiogr* 2003;16:170-5.
46. Coleman MD, Coleman NA. Drug-induced methaemoglobinaemia. Treatment issues. *Drug Saf* 1996;14:394-405.
47. Qadeer MA, Vargo JJ, Khandwala F, Lopez R, Zuccaro G. Propofol versus traditional sedative agents for gastrointestinal endoscopy: a meta-analysis. *Clin Gastroenterol Hepatol* 2005;3:1049-56.
48. Carpentier AF, Lessana A, Relland JY, Belli E, Mihaileanu S, Berrebi AJ, et al. The “physio-ring”: an advanced concept in mitral valve annuloplasty. *Ann Thorac Surg* 1995;60:1177-85.

49. Foster GP, Isselbacher EM, Rose GA, Torchiana DF, Akins CW, PicardMH. Accurate localization of mitral regurgitant defects using multiplane transesophageal echocardiography. *Ann Thorac Surg* 1998;65: 1025-31.
50. Lang RM, Badano LP, Tsang W, Adams DH, Agricola E, Buck T, et al. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25: 3-46.
51. Stewart WJ, Currie PJ, Salcedo EE, Klein AL, Marwick T, Agler DA, et al. Evaluation of mitral leaflet motion by echocardiography and jet direction by Doppler color flow mapping to determine the mechanisms of mitral regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 1992;20:1353-61.
52. Chandra S, Salgo IS, Sugeng L, Weinert L, Tsang W, Takeuchi M, et al. Characterization of degenerative mitral valve disease using morphologic analysis of real-time three-dimensional echocardiographic images: objective insight into complexity and planning of mitral valve repair. *Circ Cardiovasc Imaging* 2011;4:24-32.
53. Tsang W, Weinert L, Sugeng L, Chandra S, Ahmad H, Spencer K, et al. The value of three-dimensional echocardiography derived mitral valve parametric maps and the role of experience in the diagnosis of pathology. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:860-7.
54. Omran AS, Woo A, David TE, Feindel CM, Rakowski H, Siu SC. Intraoperative transesophageal echocardiography accurately predicts mitral valve anatomy and suitability for repair. *J Am Soc Echocardiogr* 2002; 15:950-7.
55. David TE, Ivanov J, Armstrong S, Christie D, Rakowski H. A comparison of outcomes of mitral valve repair for degenerative disease with posterior, anterior, and bileaflet prolapse. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005; 130:1242-9.
56. Otsuji Y, Handschumacher MD, Liel-Cohen N, Tanabe H, Jiang L, Schwammenthal E, et al. Mechanism of ischemic mitral regurgitation with segmental left ventricular dysfunction: three-dimensional echocardiographic

studies in models of acute and chronic progressive regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:641-8.

57. Lang RM, Adams DH. 3D echocardiographic quantification in functional mitral regurgitation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2012;5:346-7.

58. Cosgrove DM, Stewart WJ. Mitral valvuloplasty. *Curr Probl Cardiol* 1989;14:359-415.

59. Ho SY. Anatomy of the mitral valve. *Heart* 2002;88(suppl):iv5-10.

60. Muresian H. The clinical anatomy of the mitral valve. *Clin Anat* 2009;22: 85-98.

61. McCarthy KP, Ring L, Rana BS. Anatomy of the mitral valve: understanding the mitral valve complex in mitral regurgitation. *Eur J Echocardiogr* 2010; 11:i3-9.

62. Quinones MA, Otto CM, Stoddard M, Waggoner A, Zoghbi WA, et al. Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography, et al. Recommendations for quantification of Doppler echocardiography: a report from the Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:167-84.

63. Lewis JF, Kuo LC, Nelson JG, Limacher MC, Quinones MA. Pulsed Doppler echocardiographic determination of stroke volume and cardiac output: clinical validation of two new methods using the apical window. *Circulation* 1984;70:425-31.

64. Ormiston JA, Shah PM, Tei C, Wong M. Size and motion of the mitral valve annulus in man. I. A two-dimensional echocardiographic method and findings in normal subjects. *Circulation* 1981;64:113-20.

65. Foster GP, Dunn AK, Abraham S, Ahmadi N, Sarraf G. Accurate measurement of mitral annular dimensions by echocardiography: importance of correctly aligned imaging planes and anatomic landmarks. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:458-63.

66. Sadik M, Rundqvist B, Selimovic N, Bech-Hanssen O. Improved stroke volume assessment in the aortic and mitral valves with a new method in subjects without regurgitation. *Eur J Echocardiogr* 2005;6: 210-8.
67. Hyodo E, Iwata S, Tugcu A, Oe Y, Koczo A, Shimada K, et al. Accurate measurement of mitral annular area by using single and biplane linear measurements: comparison of conventional methods with the three-dimensional planimetric method. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2012;13:605-11.
68. Legget ME, Bashein G, McDonald JA, Munt BI, Martin RW, Otto CM, et al. Three-dimensional measurement of the mitral annulus by multiplane transesophageal echocardiography: in vitro validation and in vivo demonstration. *J Am Soc Echocardiogr* 1998;11:188-200.
69. Grewal J, Suri R, Mankad S, Tanaka A, Mahoney DW, Schaff HV, et al. Mitral annular dynamics in myxomatous valve disease: new insights with real-time 3-dimensional echocardiography. *Circulation* 2010;121: 1423-31.
70. Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, Kraft CD, Levine RA, et al. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2003;16:777-802.
71. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, Chambers JB, Evangelista A, Griffin BP, et al. Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ASE recommendations for clinical practice. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:1-23.
72. Thavendiranathan P, Phelan D, Thomas JD, Flamm SD, Marwick TH. Quantitative assessment of mitral regurgitation: validation of new methods. *J Am Coll Cardiol* 2012;60:1470-83.
73. Thavendiranathan P, Liu S, Datta S, Rajagopalan S, Ryan T, Igo SR, et al. Quantification of chronic functional mitral regurgitation by automated 3-D peak and integrated proximal isovelocity surface area and stroke volume techniques using real-time 3-D volume color Doppler echocardiography: in vitro and clinical validation. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013;6:125-33.

74. Messika-Zeitoun D, Serfaty JM, Brochet E, Ducrocq G, Lepage L, Detaint D, et al. Multimodal assessment of the aortic annulus diameter: implications for transcatheter aortic valve implantation. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:186-94.
75. Anderson RH. Clinical anatomy of the aortic root. *Heart* 2000;84:670-3.
76. Piazza N, de Jaegere P, Schultz C, Becker AE, Serruys PW, Anderson RH. Anatomy of the aortic valvar complex and its implications for transcatheter implantation of the aortic valve. *Circ Cardiovasc Interv* 2008;1: 74-81.
77. Leye M, Brochet E, Lepage L, Cueff C, Boutron I, Detaint D, et al. Size adjusted left ventricular outflow tract diameter reference values: a safeguard for the evaluation of the severity of aortic stenosis. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:445-51.
78. Shiran A, Adawi S, Ganaeem M, Asmer E. Accuracy and reproducibility of left ventricular outflow tract diameter measurement using transthoracic when compared with transesophageal echocardiography in systole and diastole. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:319-24.
79. Zoghbi WA, Chambers JB, Dumesnil JG, Foster E, Gottdiener JS, Grayburn PA, et al. Recommendations for evaluation of prosthetic valves with echocardiography and doppler ultrasound: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Task Force on Prosthetic Valves, developed in conjunction with the American College of Cardiology Cardiovascular Imaging Committee, Cardiac Imaging Committee of the American Heart Association, the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, the Japanese Society of Echocardiography and the Canadian Society of Echocardiography, endorsed by the American College of Cardiology Foundation, American Heart Association, European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, the Japanese Society of Echocardiography, and Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22: 975-1014.

80. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:1440-63.

81. Lopez L, Colan SD, Frommelt PC, Ensing GJ, Kendall K, Younoszai AK, et al. Recommendations for quantification methods during the performance of a pediatric echocardiogram: a report from the Pediatric Measurements Writing Group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:465-95.

82. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, Bersin RM, Carr VF, Casey DE Jr, et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM guidelines for the diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease. A report of the American College of Cardiology Foundation/ American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:e27-129.

83. RomanMJ, Devereux RB, Kramer-Fox R, O'Loughlin J. Two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in normal children and adults. *Am J Cardiol* 1989;64:507-12.

84. Bloomfield GS, Gillam LD, Hahn RT, Kapadia S, Leipsic J, Lerakis S, et al. A practical guide to multimodality imaging of transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging* 2012;5:441-55.

85. Konstadt SN, Reich DL, Quintana C, Levy M. The ascending aorta: how much does transesophageal echocardiography see? *Anesth Analg* 1994; 78:240-4.

86. Otani K, Takeuchi M, Kaku K, Sugeng L, Yoshitani H, Haruki N, et al. Assessment of the aortic root using real-time 3D transesophageal echocardiography. *Circ J* 2010;74:2649-57.
87. Saitoh T, Shiota M, Izumo M, Gurudevan SV, Tolstrup K, Siegel RJ, et al. Comparison of left ventricular outflow geometry and aortic valve area in patients with aortic stenosis by 2-dimensional versus 3-dimensional echocardiography. *Am J Cardiol* 2012;109:1626-31.
88. Doddamani S, Bello R, Friedman MA, Banerjee A, Bowers JH Jr., Kim B, et al. Demonstration of left ventricular outflow tract eccentricity by real time 3D echocardiography: implications for the determination of aortic valve area. *Echocardiography* 2007;24:860-6.
89. Shahgaldi K, Manouras A, Brodin LA, Winter R. Direct measurement of left ventricular outflow tract area using three-dimensional echocardiography in biplane mode improves accuracy of stroke volume assessment. *Echocardiography* 2010;27:1078-85.
90. Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, Chan KL, Goncalves A, Hahn RT, et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *Eur Heart J* 2011;32:2189-214.
91. Santos N, de Agustin JA, Almeria C, Goncalves A, Marcos-Alberca P, Fernandez-Golfin C, et al. Prosthesis/annulus discongruence assessed by three-dimensional transoesophageal echocardiography: a predictor of significant paravalvular aortic regurgitation after transcatheter aortic valve implantation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2012;13:931-7.
92. Janosi RA, Kahlert P, Plicht B, Wendt D, Eggebrecht H, Erbel R, et al. Measurement of the aortic annulus size by real-time three-dimensional transesophageal echocardiography. *Minim Invasive Ther Allied Technol* 2011;20:85-94.
93. Tsang W, Bateman MG, Weinert L, Pellegrini G, Mor-Avi V, Sugeng L, et al. Accuracy of aortic annular measurements obtained from threedimensional

echocardiography, CT and MRI: human in vitro and in vivo studies. *Heart* 2012;98:1146-52.

94. Gripari P, Ewe SH, Fusini L, Muratori M, Ng AC, Cefalu C, et al. Intraoperative 2D and 3D transoesophageal echocardiographic predictors of aortic regurgitation after transcatheter aortic valve implantation. *Heart* 2012;98:1229-36.

95. Kasel AM, Cassese S, Bleiziffer S, Amaki M, Hahn RT, Kastrati A, et al. Standardized imaging for aortic annular sizing: implications for transcatheter valve selection. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6: 249-62.

96. Martinez RM, Anderson RH. Echocardiographic features of the morphologically right ventriculo-arterial junction. *Cardiol Young* 2005;15(suppl): 17-26.

97. Kurup V, Perrino A Jr., Barash P, Hashim SW. Infundibular pulmonary stenosis. *Anesth Analg* 2007;104:507-8.

98. Prabhu MR. Trans-esophageal echocardiography for tricuspid and pulmonary valves. *Ann Card Anaesth* 2009;12:167.

99. Stoddard MF, Liddell NE, Vogel RL, Longaker RA, Dawkins PR. Comparison of cardiac dimensions by transesophageal and transthoracic echocardiography. *Am Heart J* 1992;124:675-8.

100. Antunes MJ, Barlow JB. Management of tricuspid valve regurgitation. *Heart* 2007;93:271-6.

101. Rogers JH, Bolling SF. The tricuspid valve: current perspective and evolving management of tricuspid regurgitation. *Circulation* 2009;119: 2718-25.

102. Shah PM, Raney AA. Tricuspid valve disease. *Curr Probl Cardiol* 2008; 33:47-84.

103. Nath J, Foster E, Heidenreich PA. Impact of tricuspid regurgitation on long-term survival. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:405-9.

104. VoelkelNF, Quaife RA, Leinwand LA, Barst RJ, McGoon MD, Meldrum DR, et al. Right ventricular function and failure: report of a National Heart, Lung, and Blood Institute Working Group on Cellular and Molecular Mechanisms of Right Heart Failure. *Circulation* 2006;114:1883-91.

105. Bustamante-Labarta M, Perrone S, De La Fuente RL, Stutzbach P, De La Hoz RP, Torino A, et al. Right atrial size and tricuspid regurgitation severity predict mortality or transplantation in primary pulmonary hypertension. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:1160-4.
106. Hung J, Koelling T, Semigran MJ, Dec GW, Levine RA, Di Salvo TG. Usefulness of echocardiographic determined tricuspid regurgitation in predicting event-free survival in severe heart failure secondary to idiopathic-dilated cardiomyopathy or to ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 1998;82:1301-3.
107. Tang GH, David TE, Singh SK, Maganti MD, Armstrong S, Borger MA. Tricuspid valve repair with an annuloplasty ring results in improved long-term outcomes. *Circulation* 2006;114(suppl):I577-81.
108. Dreyfus GD, Corbi PJ, Chan KM, Bahrami T. Secondary tricuspid regurgitation or dilatation: which should be the criteria for surgical repair? *Ann Thorac Surg* 2005;79:127-32.
109. Martinez RM, O'Leary PW, Anderson RH. Anatomy and echocardiography of the normal and abnormal tricuspid valve. *Cardiol Young* 2006; 16(suppl):4-11.
110. Kostucki W, Vandenbossche JL, Friart A, Englert M. Pulsed Doppler regurgitant flow patterns of normal valves. *Am J Cardiol* 1986;58: 309-13.
111. Anwar AM, Geleijnse ML, Soliman OI, McGhie JS, Frowijn R, Nemes A, et al. Assessment of normal tricuspid valve anatomy in adults by real-time three-dimensional echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2007;23: 717-24.
112. Fukuda S, Saracino G, Matsumura Y, Daimon M, Tran H, Greenberg NL, et al. Three-dimensional geometry of the tricuspid annulus in healthy subjects and in patients with functional tricuspid regurgitation: a real-time, 3-dimensional echocardiographic study. *Circulation* 2006;114(suppl): I492-8.
113. Skiles JA, Griffin BP. Transesophageal echocardiographic (TEE) evaluation of ventricular function. *Cardiol Clin* 2000;18:681-97.

114. Roelandt JR, Thomson IR, Vletter WB, Brommersma P, Bom N, Linker DT. Multiplane transesophageal echocardiography: latest evolution in an imaging revolution. *J Am Soc Echocardiogr* 1992;5:361-7.
115. Ho SY. Anatomy and myoarchitecture of the left ventricular wall in normal and in disease. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:iii3-7.
116. Hozumi T, Shakudo M, Shah PM. Quantitation of left ventricular volumes and ejection fraction by biplane transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol* 1993;72:356-9.
117. Colombo PC, Municino A, Brofferio A, Kholdarova L, Nanna M, Ilercil A, et al. Cross-sectional multiplane transesophageal echocardiographic measurements: comparison with standard transthoracic values obtained in the same setting. *Echocardiography* 2002;19:383-90.
118. Lappas DG, Skubas NJ, Lappas GD, Ruocco E, Tambassis E, Pasque M. Prevalence of left ventricular diastolic filling abnormalities in adult cardiac surgical patients: an intraoperative echocardiographic study. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1999;11:125-33.
119. Denault AY, Couture P, Buithieu J, Haddad F, Carrier M, Babin D, et al. Left and right ventricular diastolic dysfunction as predictors of difficult separation from cardiopulmonary bypass. *Can J Anaesth* 2006;53: 1020-9.
120. Swaminathan M, Nicoara A, Phillips-Bute BG, Aeschlimann N, Milano CA, Mackensen GB, et al. Utility of a simple algorithm to grade diastolic dysfunction and predict outcome after coronary artery bypass graft surgery. *Ann Thorac Surg* 2011;91:1844-50.
121. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:685-713.

122. Blackshear JL, Odell JA. Appendage obliteration to reduce stroke in cardiac surgical patients with atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg* 1996;61:755-9.
123. Manning WJ, Weintraub RM, Waksmonski CA, Haering JM, Rooney PS, Maslow AD, et al. Accuracy of transesophageal echocardiography for identifying left atrial thrombi. A prospective, intraoperative study. *Ann Intern Med* 1995;123:817-22.
124. Donal E, Yamada H, Leclercq C, Herpin D. The left atrial appendage, a small, blind-ended structure: a review of its echocardiographic evaluation and its clinical role. *Chest* 2005;128:1853-62.
125. Halperin JL, Gomberg-Maitland M. Obliteration of the left atrial appendage for prevention of thromboembolism. *J Am Coll Cardiol* 2003;42: 1259-61.
126. Damiano RJ Jr., Gaynor SL, Bailey M, Prasad S, Cox JL, Boineau JP, et al. The long-term outcome of patients with coronary disease and atrial fibrillation undergoing the Cox maze procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;126:2016-21.
127. Healey JS, Crystal E, Lamy A, Teoh K, Semelhago L, Hohnloser SH, et al. Left Atrial Appendage Occlusion Study (LAAOS): results of a randomized controlled pilot study of left atrial appendage occlusion during coronary bypass surgery in patients at risk for stroke. *Am Heart J* 2005;150: 288-93.
128. Holmes DR, Reddy VY, Turi ZG, Doshi SK, Sievert H, Buchbinder M, et al. Percutaneous closure of the left atrial appendage versus warfarin therapy for prevention of stroke in patients with atrial fibrillation: a randomized non-inferiority trial. *Lancet* 2009;374:534-42.
129. Nakai T, Lesh MD, Gerstenfeld EP, Virmani R, Jones R, Lee RJ. Percutaneous left atrial appendage occlusion (PLAATO) for preventing cardioembolism: first experience in canine model. *Circulation* 2002; 105(18):2217-22.
130. Sievert H, Lesh MD, Trepels T, Omran H, Bartorelli A, Della Bella P, et al. Percutaneous left atrial appendage transcatheter occlusion to prevent stroke in

high-risk patients with atrial fibrillation: early clinical experience. *Circulation* 2002;105:1887-9.

131. Qamruddin S, Shinbane J, Shriki J, Naqvi TZ. Left atrial appendage: structure, function, imaging modalities and therapeutic options. *Expert Rev Cardiovasc Ther* 2010;8:65-75.

132. Su P, McCarthy KP, Ho SY. Occluding the left atrial appendage: anatomical considerations. *Heart* 2008;94:1166-70.

133. Risk factors for stroke and efficacy of antithrombotic therapy in atrial fibrillation. Analysis of pooled data from five randomized controlled trials. *Arch Intern Med* 1994;154:1449-57.

134. Nucifora G, Faletra FF, Regoli F, Pasotti E, Pedrazzini G, Moccetti T, et al. Evaluation of the left atrial appendage with real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography: implications for catheterbased left atrial appendage closure. *Circ Cardiovasc Imaging* 2011; 4:514-23.

135. Veinot JP, Harrity PJ, Gentile F, Khandheria BK, Bailey KR, Eickholt JT, et al. Anatomy of the normal left atrial appendage: a quantitative study of age-related changes in 500 autopsy hearts: implications for echocardiographic examination. *Circulation* 1997;96:3112-5.

136. Ho SY, McCarthy KP, Faletra FF. Anatomy of the left atrium for interventional echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2011;12:i11-5.

137. Block M, Hourigan L, Bellows WH, Reeves J III, Romson JL, Tran M, et al. Comparison of left atrial dimensions by transesophageal and transthoracic echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:143-9.

138. Castello R, Pearson AC, Fagan L, Labovitz AJ. Spontaneous echocardiographic contrast in the descending aorta. *Am Heart J* 1990;120: 915-9.

139. Lelorier P, Humphries KH, Krahn A, Connolly SJ, Talajic M, Green M, et al. Prognostic differences between atrial fibrillation and atrial flutter. *Am J Cardiol* 2004;93:647-9.

140. The SPAF III Writing Committee for the Stroke Prevention in Atrial Fibrillation Investigators. Patients with nonvalvular atrial fibrillation at low risk of

stroke during treatment with aspirin: Stroke Prevention in Atrial Fibrillation III Study. JAMA 1998;279:1273-7.

141. Sigurdsson G, Troughton RW, Xu XF, Salazar HP, Wazni OM, Grimm RA, et al. Detection of pulmonary vein stenosis by transesophageal echocardiography: comparison with multidetector computed tomography. Am Heart J 2007;153:800-6.

142. Samdarshi TE, Morrow WR, Helmcke FR, Nanda NC, Barger LM Jr., Pacifico AD. Assessment of pulmonary vein stenosis by transesophageal echocardiography. Am Heart J 1991;122:1495-8.

143. Nakajima H, Seo Y, Ishizu T, Yamamoto M, Machino T, Harimura Y, et al. Analysis of the left atrial appendage by three-dimensional transesophageal echocardiography. Am J Cardiol 2010;106:885-92.

144. Latcu DG, Rinaldi JP, Saoudi N. Real-time three-dimensional transoesophageal echocardiography for diagnosis of left atrial appendage thrombus. Eur J Echocardiogr 2009;10:711-2.

145. Shah SJ, Bardo DM, Sugeng L, Weinert L, Lodato JA, Knight BP, et al. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography of the left atrial appendage: initial experience in the clinical setting. J Am Soc Echocardiogr 2008;21:1362-8.

146. Hagen PT, Scholz DG, Edwards WD. Incidence and size of patent foramen ovale during the first 10 decades of life: an autopsy study of 965 normal hearts. Mayo Clin Proc 1984;59:17-20.

147. Schneider B, Hanrath P, Vogel P, Meinertz T. Improved morphologic characterization of atrial septal aneurysm by transesophageal echocardiography: relation to cerebrovascular events. J Am Coll Cardiol 1990;16: 1000-9.

148. Pearson AC, Nagelhout D, Castello R, Gomez CR, Labovitz AJ. Atrial septal aneurysm and stroke: a transesophageal echocardiographic study. J Am Coll Cardiol 1991;18:1223-9.

149. Gallet B, Malergue MC, Adams C, Saudemont JP, Collot AM, Druon MC, et al. Atrial septal aneurysm—a potential cause of systemic embolism. An echocardiographic study. *Br Heart J* 1985;53: 292-7.
150. Belkin RN, Hurwitz BJ, Kisslo J. Atrial septal aneurysm: association with cerebrovascular and peripheral embolic events. *Stroke* 1987;18:856-62.
151. Mugge A, Daniel WG, Angermann C, Spes C, Khandheria BK, Kronzon I, et al. Atrial septal aneurysm in adult patients. A multicenter study using transthoracic and transesophageal echocardiography. *Circulation* 1995;91:2785-92.
152. Hanley PC, Tajik AJ, Hynes JK, Edwards WD, Reeder GS, Hagler DJ, et al. Diagnosis and classification of atrial septal aneurysm by two-dimensional echocardiography: report of 80 consecutive cases. *J Am Coll Cardiol* 1985;6:1370-82.
153. Loukas M, Sullivan A, Tubbs RS, Weinhaus AJ, Derderian T, Hanna M. Chiari's network: review of the literature. *Surg Radiol Anat* 2010;32: 895-901.
154. Schneider B, Hofmann T, Justen MH, Meinertz T. Chiari's network: normal anatomic variant or risk factor for arterial embolic events? *J Am Coll Cardiol* 1995;26:203-10.
155. Hausmann D, Mugge A, Daniel WG. Identification of patent foramen ovale permitting paradoxical embolism. *J Am Coll Cardiol* 1995;26: 1030-8.
156. Faletra FF, Ho SY, Auricchio A. Anatomy of right atrial structures by realtime 3D transesophageal echocardiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2010;3:966-75.
157. Marriott K, Manins V, Forshaw A, Wright J, Pascoe R. Detection of right-to-left atrial communication using agitated saline contrast imaging: experience with 1162 patients and recommendations for echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2013;26:96-102.
158. Soliman OI, Geleijnse ML, Meijboom FJ, Nemes A, Kamp O, Nihoyannopoulos P, et al. The use of contrast echocardiography for the detection of cardiac shunts. *Eur J Echocardiogr* 2007;8:S2-12.

159. Belvis R, Leta RG, Marti-Fabregas J, Cocho D, Carreras F, Pons-Llado G, et al. Almost perfect concordance between simultaneous transcranial Doppler and transesophageal echocardiography in the quantification of right-to-left shunts. *J Neuroimaging* 2006;16:133-8.
160. Mas JL, Arquizan C, Lamy C, Zuber M, Cabanes L, Derumeaux G, et al. Recurrent cerebrovascular events associated with patent foramen ovale, atrial septal aneurysm, or both. *N Engl J Med* 2001; 345:1740-6.
161. Homma S, Sacco RL, Di Tullio MR, Sciacca RR, Mohr JP. PFO in Cryptogenic Stroke Study (PICSS) Investigators. Effect of medical treatment in stroke patients with patent foramen ovale: patent foramen ovale in Cryptogenic Stroke Study. *Circulation* 2002;105:2625-31.
162. Holmes DR Jr., Cohen HA, Ruiz C. Patent foramen ovale, systemic embolization, and closure. *Curr Probl Cardiol* 2009;34:483-530.
163. Baker GH, Shirali G, Ringewald JM, Hsia TY, Bandisode V. Usefulness of live three-dimensional transesophageal echocardiography in a congenital heart disease center. *Am J Cardiol* 2009;103:1025-8.
164. Sreeram N, Stumper OF, Kaulitz R, Hess J, Roelandt JR, Sutherland GR. Comparative value of transthoracic and transesophageal echocardiography in the assessment of congenital abnormalities of the atrioventricular junction. *J Am Coll Cardiol* 1990;16:1205-14.
165. Hausmann D, Daniel WG, Mugge A, Ziemer G, Pearlman AS. Value of transesophageal color Doppler echocardiography for detection of different types of atrial septal defect in adults. *J Am Soc Echocardiogr* 1992;5: 481-8.
166. Feltes TF, Friedman RA. Transesophageal echocardiographic detection of atrial thrombi in patients with nonfibrillation atrial tachyarrhythmias and congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1994;24:1365-70.
167. Fyfe DA, Kline CH, Sade RM, Gillette PC. Transesophageal echocardiography detects thrombus formation not identified by transthoracic echocardiography after the Fontan operation. *J Am Coll Cardiol* 1991;18: 1733-7.

168. Hirsch R, Kilner PJ, Connelly MS, Redington AN, St John Sutton MG, Somerville J. Diagnosis in adolescents and adults with congenital heart disease. Prospective assessment of individual and combined roles of magnetic resonance imaging and transesophageal echocardiography. *Circulation* 1994;90:2937-51.

169. Ayres NA, Miller-Hance W, Fyfe DA, Stevenson JG, Sahn DJ, Young LT, et al. Indications and guidelines for performance of transesophageal echocardiography in the patient with pediatric acquired or congenital heart disease: report from the task force of the Pediatric Council of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:91-8.

170. Stevenson JG, Sorensen GK, Gartman DM, Hall DG, Rittenhouse EA. Transesophageal echocardiography during repair of congenital cardiac defects: identification of residual problems necessitating reoperation. *J Am Soc Echocardiogr* 1993;6:356-65.

171. Stevenson JG. Utilization of intraoperative transesophageal echocardiography during repair of congenital cardiac defects: a survey of North American centers. *Clin Cardiol* 2003;26:132-4.

172. Hoppe UC, Dederichs B, Deutsch HJ, Theissen P, Schicha H, Sechtem U. Congenital heart disease in adults and adolescents: comparative value of transthoracic and transesophageal echocardiography and MR imaging. *Radiology* 1996;199:669-77.

173. Mullen MJ, Dias BF, Walker F, Siu SC, Benson LN, McLaughlin PR. Intracardiac echocardiography guided device closure of atrial septal defects. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41:285-92.