

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра сімейної медицини, терапії, кардіології та неврології факультету
післядипломної освіти

**ІНСТРУМЕНТАЛЬНА ДІАГНОСТИКА В
КАРДІОЛОГІЇ
ЧАСТИНА II**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

*для лікарів, лікарів загальної (сімейної) практики, лікарів
терапевтичного спрямування, а також для лікарів-інтернів за
фахом «Загальна практика-сімейна медицина» та «Внутрішні
хвороби»*

Запоріжжя

2020

*Затверджено на засіданні Центральної методичної Ради ЗДМУ
та рекомендовано для використання в освітньому процесі
(протокол № від « » травня 2020 р.)*

Рецензенти:

Н. С. Михайловська – д-р мед. наук, професор, завідувач кафедри загальної практики – сімейної медицини та внутрішніх хвороб ЗДМУ.

С. М. Кисельов - д-р мед. наук, професор, завідувач кафедри внутрішніх хвороб 1 та стимуляційної медицини ЗДМУ.

Авторський колектив:

В. І. Кривенко - д-р мед. наук, професор, завідувач кафедри сімейної медицини, терапії, кардіології та неврології ФПО Запорізького державного медичного університету;

М. Ю. Колесник - д-р мед. наук, професор кафедри сімейної медицини, терапії, кардіології та неврології ФПО Запорізького державного медичного університету;

І. С. Качан - канд. мед. наук, доцент кафедри сімейної медицини, терапії, кардіології та неврології ФПО Запорізького державного медичного університету;

О. І. Бородавко - асистент кафедри сімейної медицини, терапії, кардіології та неврології ФПО Запорізького державного медичного університету;

С. П. Пахомова - канд. мед. наук, доцент кафедри сімейної медицини, терапії, кардіології та неврології ФПО Запорізького державного медичного університету;

О. П. Федорова - канд. мед. наук, доцент кафедри сімейної медицини, терапії, кардіології та неврології ФПО Запорізького державного медичного університету;

І. В. Непрядкіна - канд. мед. наук, асистент кафедри сімейної медицини, терапії, кардіології та неврології ФПО Запорізького державного медичного університету;

Інструментальна діагностика в кардіології : навчальний посібник
I-74 для лікарів, лікарів загальної (сімейної) практики, лікарів терапевтичного спрямування, а також для лікарів-інтернів за фахом «Загальна практика - сімейна медицина» та «Внутрішні хвороби» : у 2-х ч. Ч. 2 / В. І. Кривенко, М. Ю. Колесник, І. С. Качан [та ін.]. – Запоріжжя : [ЗДМУ], 2020. – 114 с

Навчальний посібник, який підготовлений на кафедрі сімейної медицини, терапії, кардіології та неврології ФПО складається з розділів, які відповідають робочим програмам з акцентом на самостійну аудиторну роботу лікарів-інтернів.

Посібник, який рецензується, надасть можливість інтернам зі спеціальностей «загальна практика – сімейна медицина» та «внутрішні хвороби» отримати знання про найбільш поширені методи дослідження у кардіології. Також, дані навчального посібника можуть бути використані практичними лікарями у своїй повсякденній роботі.

УДК 616.12-072(075.8)

©Колектив авторів, 2020.

©Запорізький державний медичний університет, 2020.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
Основні аспекти та клінічна інтерпретація параметрів ультразвукового дослідження серця.....	6
Сучасний протокол ультразвукового дослідження серця	8
<i>Супровідна частина</i> складається з таких пунктів:	8
Оцінка лівого шлуночка	12
Оцінка правого шлуночка	18
Оцінка передсердь.....	23
Оцінка клапанів серця	26
Оцінка висхідної аорти.....	30
Оцінка нижньої порожнистої вени.....	31
Скринінг на наявність легеневої гіпертензії	32
Висновок ехокардіографічного дослідження.....	36
Ультразвукове дослідження серця у пацієнтів з артеріальною гіпертензією	38
Ремоделювання лівого шлуночка.....	38
Оцінка гіпертрофії лівого шлуночка.....	42
Оцінка діастолічної функції лівого шлуночка	46
Діастолічний стрес-тест	53
Оцінка систолічної функції у пацієнтів з артеріальною гіпертензією	57
Можливість регресу параметрів ремоделювання лівого шлуночка і покращення діастолічної функції на тлі антигіпертензивного лікування	57
Основні аспекти та клінічна інтерпретація коронарографії.....	59
Анатомія коронарних артерій.....	60

Показання до проведення коронарографії у контексті рекомендацій:	63
Проекції для проведення коронарографії.....	68
Вентрикулографія.....	86
Шунтографія.....	86
Мультиспіральна комп'ютерна.....	88
томографія –коронарографія показання та діагностичні можливості... 88	
Методика проведення МСКТ.....	93
МСКТ у діагностиці хронічної коронарної хвороби серця	96
Магнітно-резонансна томографія у діагностиці кардіальної патології. 99	
Актуальні напрями МРТ в кардіології.....	101
Показання до МРТ серця у контексті рекомендацій.....	104
Перелік літературних джерел	112

ПЕРЕДМОВА

На сьогоднішній день серцево-судинні захворювання є найпоширенішими у світі. Практична медицина має в своєму розпорядженні достатньо великий арсенал ефективних методів діагностики даної патології. Разом з тим доведено, що правильно обрані показання до дослідження і грамотний методичний підхід сприяють ранньому виявленню хвороби, уникненню ускладнень та покращують результати лікування.

У навчальному посібнику наведена інформація про сучасні інструментальні методи діагностики у кардіології, а саме ехокардіоскопія, коронарографія, мультиспіральна комп'ютерна томографія-коронарографія та магнітно-резонансна томографія серця. У розділах наведені історична довідка розвитку методів, принципи отримання зображення при методах пов'язаних із променевим навантаженням та показання до застосування методів візуалізації, відповідно до останніх рекомендацій Європейського товариства кардіологів. Створення такого видання зумовлено необхідністю структурування матеріалу для полегшення його сприйняття, відповідно до клінічних настанов.

Навчальний посібник допоможе у інтерпретації отриманої інформації від вищенаведених методів дослідження та може бути рекомендований для лікарів інтернів за спеціальностями «внутрішні хвороби» та «загальна практика – сімейна медицина», а також для практичних лікарів кардіологів, терапевтів та сімейних лікарів.

Основні аспекти та клінічна інтерпретація параметрів ультразвукового дослідження серця

З часу першого повідомлення про використання ультразвуку для діагностики патології серцево-судинної системи Edler і Hertz у 1954 році, ехокардіографія розвивалася в геометричній прогресії протягом наступних десятиліть. Історія ультразвукового дослідження серця - це історія постійних інновацій. З кожним відкриттям нової технології ехокардіографічне дослідження поступово стає довшим, повнішим і інтегрованим з різноманітнішими методиками. У деяких випадках вдосконалена технологія повністю замінила старі методи, в інших обставинах нові прийоми дослідження використовується для розширення вже існуючих базових можливостей.

Широке використання двовимірної ехокардіографії дозволило точніше визначати розміри порожнин серця, товщину стінок, діагностувати порушення скоротливої функції, оцінювати стан внутрішньосерцевої гемодинаміки і коронарного кровообігу. Активно впроваджується тривимірна ехокардіографія, яка забезпечує можливість покращити точність вимірювання маси міокарда, об'єми камер серця і досліджувати потоки в камерах серця. Технології тканинного доплерівського дослідження дозволили вдосконалити оцінку перфузії та діастолічної функції міокарда, а черезстравохідна ехокардіографія – діагностику деяких вад серця і маркерів тромбоутворення у порожнинах серця.

Декілька професійних організацій докладають значних зусиль для розробки широкого спектра всеосяжних діагностичних керівництв, проте зазвичай вони фокусуються на використанні ехокардіографії в конкретних клінічних ситуаціях. Інші рекомендації зосереджені на технічних принципах для таких аспектів дослідження, як кількісна оцінка камер серця або

діастолічна функція. Для зручності у цьому розділі буде проведений огляд сучасних принципів і настанов з урахуванням найрозповсюдженіших клінічних ситуацій, в яких використання ехокардіоскопії надає лікарю-практику важливу діагностичну інформацію.

Основні можливості методики та режимів ультразвукового дослідження серця представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Можливості класичних ехокардіоскопічних технологій

	ТТЕхоКГ		Спектральний доплер	Кольоровий доплер	ЧСЕхоКГ
	М-режим	В-режим			
<i>Анатомія і діагностика патології</i>					
Розмір порожнин	++++	++++	-	-	++
Товщина стінок	++++	+++	-	-	+++
Співвідношення порожнин	+	++++	-	-	+++
Раннє закриття МК	++++	+	-	-	+
Маса ЛШ (г)	++++	++++	-	-	-
Утвори у ЛШ (пухлини, тромби, вегетації)	+	+++	-	-	++++
Утвори у передсердях і ПШ	+	++	-	-	++++
Анатомічна клапанна патологія	++	++++	-	-	++++
Дефекти перегородок	+	++++*	++	+++	++++
Випіт у перикард	++	++++	-	-	++
<i>Показники функціонального стану серця</i>					
Сумарна систолічна функція ЛШ (ФВ)	++	++++	++	-	+++
Регіональна рухливість стінок	+	+++	-	-	++++
Тяжкість клапанного стенозу	+	++	++++	+++	++
Тяжкість клапанної регургітації	+	+	+++	+++	+++
Локалізація шунтів	-	+++*	+++	++++	+++
Систолічний тиск у ПШ і ЛА	-	-	++++	-	-
Тиск наповнення ЛШ	-	-	++	-	-
УО і серцевий викид	+	++	+++	-	-
Діастолічна функція ЛШ	+	+	+++	-	-
Виявлення ішемії та життєздатного міокарда на фоні навантаження або медикаментозних проб	-	+++	-	-	-
Захворювання аорти	-	++	-	++	++++
Оцінка протезованих клапанів	+	++	++++	+++	++++

Примітка. «++++» – найбільша цінність, «+» – найменша цінність; «-» – не застосовується; М – одновимірний режим, В – двовимірний режим; ФВ – фракція викиду; ЛШ – лівий шлуночок; МК – мітральний клапан; ЛА – легенева артерія; ПШ – правий шлуночок; ЧСЕхоКГ – черезстравохідна

ехокардіографія, ТТЕхоКГ – трансторакальна ехокардіографія. 1 Коли сигнал доплерівського току крові субоптимальний, введення ехоконтрастної речовини може покращити якість сигналу. * З контрастом (внутрішньовенне введення сольової суміші).

Сучасний протокол ультразвукового дослідження серця

Кожного дня лікарі-практики тримають у руках різні протоколи ультразвукового дослідження серця. Різні, тому що в Україні немає єдиного національного стандарту ехокардіоскопії та складання її протоколу. З огляду на це, необхідно орієнтуватися на два основних документа: Рекомендації для оцінки камер серця у дорослих Американського товариства з ехокардіографії та Європейської асоціації з кардіоваскулярної візуалізації (ЄАКВ) 2015 року та Рекомендації з проведення трансторакальної ехокардіографії Американського товариства з ехокардіографії, яке було опубліковано в 2019 році. Крім того, у 2017 році побачив світ консенсусний документ ЄАКВ щодо складання ехокардіографічного протоколу відповідно до рекомендацій з оцінки камер серця, діастолічної функції та клапанних вад.

Якісний протокол має бути в друкованому вигляді та складатися з наступних частин:

- супровідна (паспортні та клінічні дані);
- основна частина;
- заключення.

Супровідна частина складається з таких пунктів:

- Прізвище, ім'я, по батькові;
- Дата народження (вік);
- Стать;
- Показання до проведення дослідження;
- Ріст;
- Маса тіла;

- Площа поверхні тіла;
- Ритм серця;
- Частота серцевих скорочень;
- Артеріальний тиск;
- Якість візуалізації;
- Модель ультразвукового приладу та особливості датчиків.

Перші три пункти не викликають питань. У показаннях бажано вказати, на яке основне питання має відповісти ехокардіографічне дослідження. Щодо інших даних, вони повинні сприйматися лікарями як проста формальність. Так, у якості короткого тесту на якість УЗД серця може використовуватись відповідь на питання: «Чи запитували у Вас про *ріст і вагу?*». Добре, коли пацієнт надає інформацію про реальні, а не хибні показники, однак оптимальним є вимірювання їх безпосередньо перед проведенням ехокардіоскопії, тому що для відокремлення норми від патології, переважну більшість параметрів ехокардіоскопії індексують до **площі поверхні тіла**. Важливість цих даних ілюструє приклад (рис. 1).

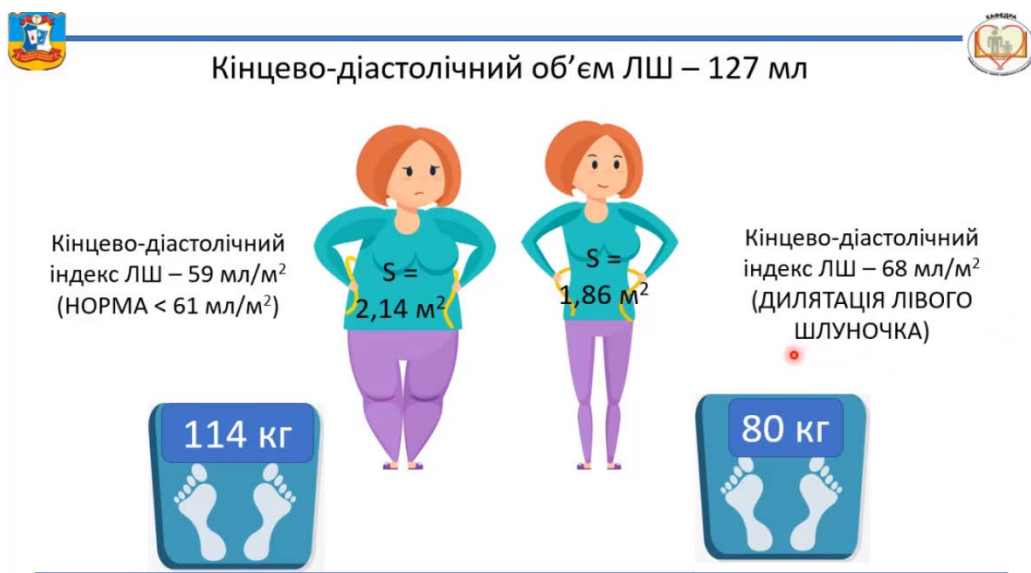


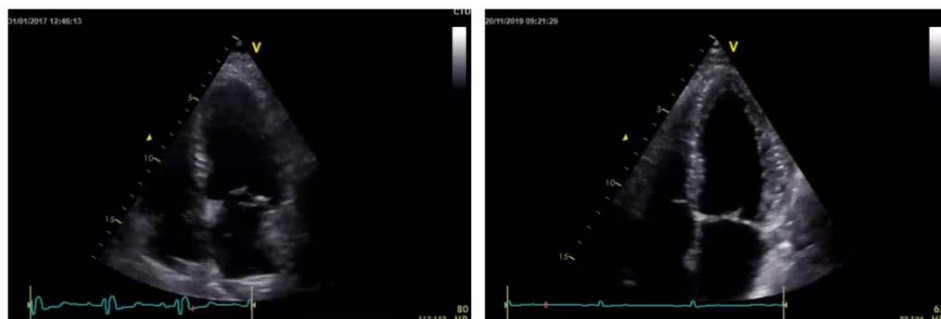
Рис. 1. Індексація кінцево-діастолічного об'єму лівого шлуночка до площі поверхні тіла у пацієнтки з урахуванням справжньої і хибної ваги

Якщо розрахунок проводиться з хибними даними про масу тіла 80 кг, то отриманий під час дослідження кінцево-діастолічний об'єм (КДО) буде відповідати дилатації лівого шлуночка. Насправді, площа поверхні тіла у жінки після розрахунку за реальною вагою більша, що, звичайно, засмучує пацієнтку, проте нагородою за чесні виміри є нормальний кінцево-діастолічний індекс лівого шлуночка (КДІ).

Інформацію щодо *ритму серця* та *частоти серцевих скорочень* бажано отримати шляхом синхронізації ехокардіограми з ультразвуковим дослідженням що на сучасному етапі вважається стандартом ехокардіографії. По-перше, синхронний запис ЕКГ є обов'язковою технічною умовою для реалізації таких методик як спекл-трекінг, стрес- та тривимірна ехокардіографія. По-друге, інформація про ритм серця є важливою для інтерпретації ехокардіографічних параметрів. Наприклад, синусова тахікардія може ускладнювати оцінку діастолічної функції через злиття потоків наповнення лівого шлуночка. Часта екстрасистоія може призводити до значної варіабельності потоків на клапанах, що утруднює адекватну оцінку швидкості і градієнтів. *Фібриляція передсердь* вносить значні корективи не тільки в проведення ультразвукового дослідження, а і інших методів кардіоваскулярної візуалізації. Основними моментами є проблема різної тривалості кардіоциклів, обмеження в оцінці діастолічної функція через відсутність передсердного піку наповнення лівого шлуночка, неадекватна оцінка скоротливості на тлі високої частоти серцевих скорочень на тлі тахісистоїї.

Скоротливість лівого шлуночка залежить від умов постнавантаження, у тому числі, від підвищеного *артеріального тиску*.

Ключовим технічним аспектом для коректної інтерпретації



ультразвукового дослідження серця є якість візуалізації (Рис. 2).

Рис. 2. Відмінності якості візуалізації ендокарда

На лівій ехограмі не візуалізується контур ендокарда бічної стінки лівого шлуночка, що унеможлиблює розрахунок фракції викиду за методом Simpson та оцінку сегментарною скоротливості цієї стінки. На правій ехограмі ми бачимо чітке розмежування контуру ендокарда та порожнини лівого шлуночка та можемо провести коректні аналізи.

Підсумовуючи аналіз супровідної частини протоколу, наводимо приклад, як може виглядати інформація з цього розділу (рис. 3).



Рис. 3. Приклад супровідної частини протоколу ультразвукового дослідження серця.

Основна частина протоколу

Сучасне ехокардіографічне дослідження може бути представлене у вигляді формули трьох четвірок: із 4 стандартних позицій (лівої парастернальної, апікальної, субкостальної та супрастернальної) оцінюють 4 камери серця та чотири клапана (рис. 4).

Крім цього має бути відображено результати оцінки наступних параметрів:

- Висхідна аорта (діаметри аортального кільця, на рівні синусів Вальсальви, синотубулярного з'єднання, дистальної частини та дуги);
- Легенева артерія та її головні гілки;
- Нижня порожниста вена та її респіраторний колапс;
- Легеневі вени;
- Перикард;
- Перегородки серця;
- Скринінг на наявність легеневої гіпертензії

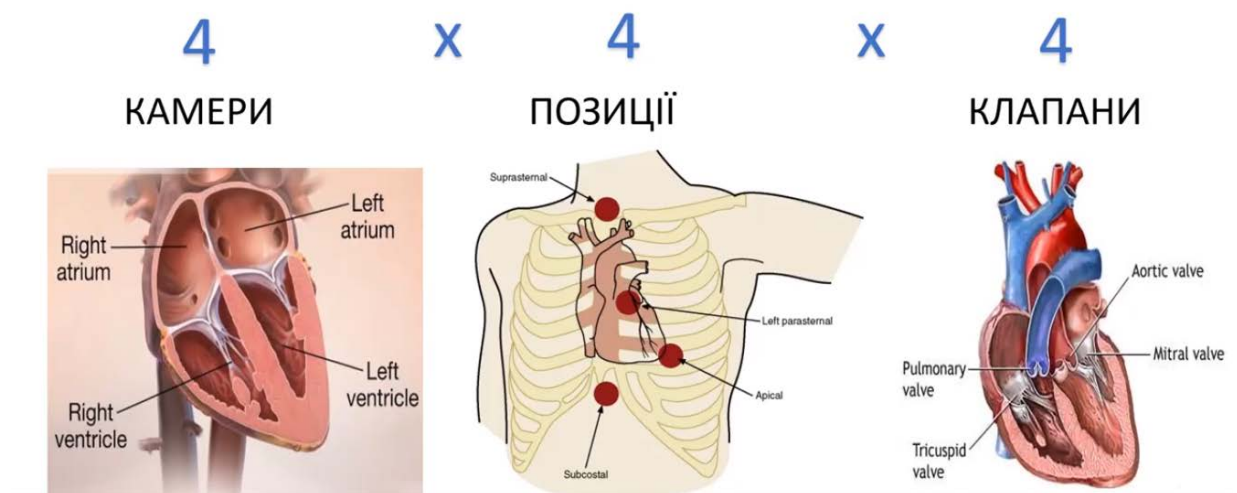


Рис. 4. Формула трьох четвірок при проведенні ехокардіоскопії

Переважна більшість параметрів повинна бути *індексована* (площа поверхні тіла, ріст тощо), тому що індивідуальна норма значно залежить від розмірів тіла. Крім того, мають бути відображені *гендерні відмінності* норми. За наявності порушень вказують їх *градацію* за трьома ступенями: незначна, помірна, виражена. Бажано, щоб показники, які включаються до протоколу, мали доведену прогностичну цінність.

Оцінка лівого шлуночка

Повинна включати:

- Лінійні розміри (кінцево-діастолічний та кінцево-сistolічний діаметри);
- Товщина стінок (міжшлуночкова перегородка та задня стінка);
- Маса міокарда та індекси маси міокарда (індексація до площі поверхні тіла та/або росту^{2,7});
- Тип геометрії лівого шлуночка (більш детально про ви можете подивитись у розділі оцінки показників ехокардіоскопії на тлі гіпертонічної хвороби);
- Кінцево-діастолічний та кінцево-сistolічний об'єми та кінцево-діастолічний індекс лівого шлуночка (з індексацією до площі поверхні тіла);
- Систолічна функція:
 - фракція викиду (ФВ) за біплановим методом Сімпсона (на сьогодні залишається основним методом оцінки систолічної функції лівого шлуночка);
 - ударний об'єм (а також індекс ударного об'єму та серцевий індекс);
 - тривимірна фракція викиду (за можливості визначення та досвіду використання);
 - глобальний поздовжній стрейн (за можливості визначення та досвіду використання);
- Порушення локальної скоротливості;
- Діастолічна функція;
- Додаткові знахідки: потовщення базального сегмента (septal bulge), патологія виносного тракту, додаткові хорди, зміни папілярних м'язів, новоутворення, підозра на наявність тромботичних мас тощо.

Фракція викиду лівого шлуночка є, мабуть, найвідомішим параметром ехокардіографії дослідження, про який не знають не лише всі спеціалісти, а також деякі пацієнти. Цей показник глобальної систолічної функції розраховується за простою формулою (рис. 5).



Ударний об'єм

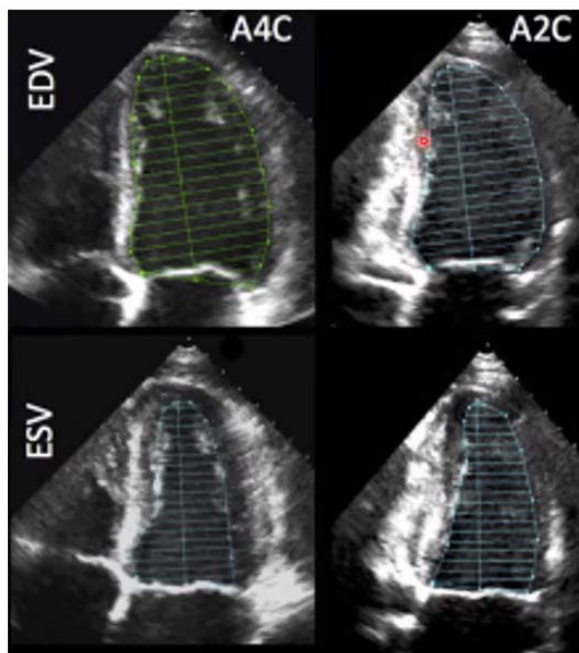
$$ФВ (\%) = \frac{\text{кінцево-діастолічний об'єм} - \text{кінцево-систолічний об'єм}}{\text{кінцево-діастолічний об'єм}}$$

Рис. 5. Формула для розрахунку фракції викиду лівого шлуночка

«За яким методом ми маємо розрахувати об'єм лівого шлуночка для визначення фракції викиду?» - це запитання є одним з найпопулярніших під час науково-практичних конференцій. Відповідь на це запитання вже надана в Європейських рекомендаціях з оцінки камер серця, де вказується що оцінка за методом Тейхольца не рекомендовано використовувати для визначення об'ємів лівого шлуночка. Це положення, перш за все, стосується пацієнтів з порушенням локальної скоротливості лівого шлуночка, адже, використовуючи розрахунок за методом Тейхольц не враховується ступінь скорочень більшості сегментів. На сьогодні навіть у рутинній практиці рекомендованим вважається об'єм за біплановим методом Сімпсона.

Для його використання необхідно отримати зображення лівого шлуночка у чотирикамерній та двокамерній позиції, при цьому чітка візуалізація ендокарда в обох позиціях вважається необхідним. Після

отримання коректних зображень проводиться трасування контурів ендокарда в діастолу в одній та іншій позиції; атріовентрикулярна площина поєднуються лінією, від середини якої будується перпендикуляр до верхівки лівого шлуночка, що поділяє порожнину лівого шлуночка на 20 дисків. Подібні виміри проводяться потім в кінці систоли для отримання кінцевого



систолічного об'єму (рис. 6).

Рис. 6. Отримання зображень в чотирикамерній (A4C) та двокамерній (A2C) позиціях у діастолу та систолу з апаратним поділом порожнини лівого шлуночка на 20 дисків, що дозволяє розрахувати кінцево-діастолічний (EDV) та кінцево-систолічний (ESV) об'єми

Референтні значення фракції викиду, що розрахована за методом Сімпсона, мають гендерні відмінності. Виділяють три категорії порушень, які мають прогностичне значення (рис. 7).

	Норма	Незначне зниження	Помірне зниження	Значне зниження
Чоловіки	52-72	41-51	30-40	< 30
Жінки	54-74	41-53	30-40	< 30

Рис. 7. Референтні значення та градації порушень фракції викиду в залежності від статі

Як і будь-який інший метод, розрахункова ФВ має певні обмеження. Основним з них є те, що за двома тонкими перерізами, умовно характеризується такий складний тривимірний об'єкт як лівий шлуночок, і багато інформації залишається поза зоною візуалізації. Цього недоліку позбавлена тривимірна ехокардіографія, яка дозволяє надати характеристику всьому лівому шлуночку.

Альтернативним показником, що оцінює систолічну функцію лівого шлуночка, є глобальний поздовжній стрейн. Цей показник можна отримати за допомогою методики спекл-трекінг ехокардіографії, оцінюючи лівий шлуночок в чотирикамерній, двокамерній та трикамерній позиції та отримавши значення локальної поздовжньої деформації кожного з 17 сегментів, які наочно представляються на моніторі у круговій діаграмі в градаціях кольорів: від зеленого до червоного (рис. 8).

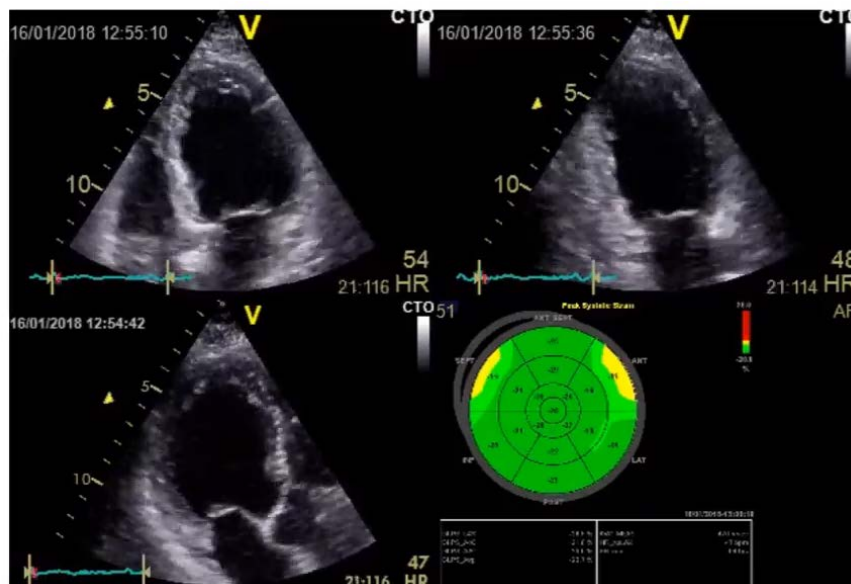


Рис. 8. Отримання трьох позицій з подальшою візуальною оцінкою локального стрейну на круговій діаграмі

Міокард лівого шлуночка за різними варіантами класифікацій поділяють на від 16 до 18 сегментів. На сьогодні найбільш вживаною є класифікація, що передбачає 17-сегментну модель. Для кожного з сегментів визначається певний характер скоротливості, який може бути представлений у чотирьох варіантах: це нормальна функція (нормокінезія); зниження активності (гіпокінезія), відсутність скорочення (акінезія) та деформація при скороченні (дискінезія).

Перфузія кожного з 17 сегментів здійснюється гілками трьох основних артерій, тому певного сегменту відповідає певний коронарний басейн (рис. 9). Це дуже важливо при оцінці регіонарної скоротливості на тлі ішемічної хвороби серця.

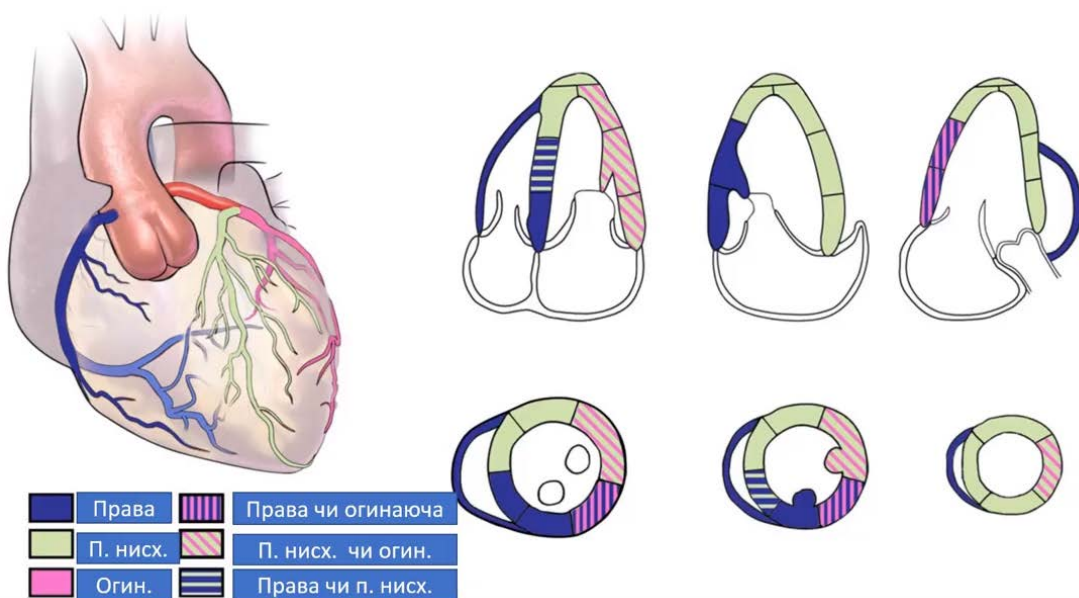


Рис. 9. Модель лівого шлуночка з 17 сегментів та відповідний коронарний басейн

Нормативні значення параметрів лівого шлуночка в залежності від статі наведено в таблицях 2 і 3.

Нормативні значення параметрів лівого шлуночка для чоловіків

Параметр	Норми EACVI (2015)			
	Норма	Вираженість змін		
		Незначна	Помірна	Виражена
Лівий шлуночок				
Параметр	Норми Європейського товариства ехокардіографії (2015)			
	Норма	Вираженість змін		
		Незначна	Помірна	Значна
Лівий шлуночок				
Кінцево-діастолічний розмір, см	3,8 - 5,2	5,3 - 5,6	5,7 - 6,1	> 6,1
Кінцево-систолічний розмір, см	2,2 - 3,5	3,6 - 3,8	3,9 - 4,1	> 4,1
Міжшлуночкова перегородка, см	0,6 - 0,9	1,0 - 1,2	1,3 - 1,5	> 1,5
Задня стінка, см	0,6 - 0,9	1,0 - 1,2	1,3 - 1,5	> 1,6
Індекс маси міокарда до ППТ, г/м ²	43 - 95	96 - 108	109 - 121	≥ 122
Індекс маси міокарда до росту, г/м ^{2.7}	< 47			
Відносна товщина стінок	< 0,42	0,43–0,47	0,48–0,52	> 0,52
Кінцево-діастолічний індекс, мл/м ²	29-61	62-70	71-80	> 80
Кінцево-систолічний, мл/м ²	8-24	25-32	33-40	> 40
Фракція викиду за Simpson, %	54-74	41-53	30-40	< 30
Трьохвимірний фракція викиду, %	>57			
Глобальний поздовжній стрейн, %	>20			
Індекс ударного об'єму, мл/м ²	>35			

Таблиця 3

Нормативні значення параметрів лівого шлуночка для жінок

Оцінка правого шлуночка

Ехографічна оцінка правого шлуночка традиційно вважається більш складним завданням. Це пов'язано з складною геометрією, розташуванням безпосередньо за грудиною, що звужує акустичний доступ. Попри ці обмеження, необхідно оцінити:

- Лінійні розміри (базальний та середній діаметр в апікальній позиції, виносний тракт правого шлуночка);
- Систолічна функція (вказати мінімум 2 параметра скоротливості):

- TAPSE
- S'
- Повздовжній стрейн стінки правого шлуночка
- Fractional area change
- Tei-index
- Порушення локальної скоротливості (якщо ϵ);
- Ознаки гіпертрофії правого шлуночка (якщо ϵ);
- Додаткові знахідки: об'ємні утворення, додаткові хорди тощо.

Нерідко спостерігається значна варіабельність лінійних розмірів правого шлуночка між дослідниками, що пов'язано з вибором різних модифікацій чотирикамерної позиції, які використовуються при дослідженні. За рекомендаціями 2015 року ЄАКВ пріоритетною вважається фокусована чотирикамерна позиція, при отриманні якої добре візуалізується вільна стінка правого шлуночка (окреслена на рисунку 10).

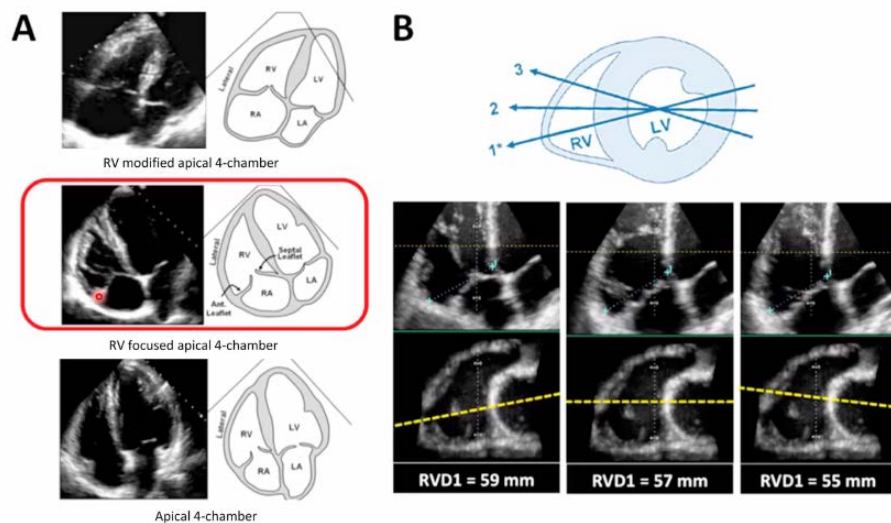
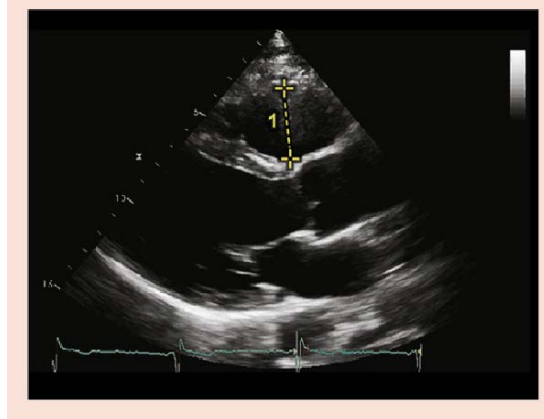


Рис. 10. Варіанти позицій для оцінки правого шлуночка і варіабельність вимірювання в залежності від осі сканування

Основними лінійними розмірами, які характеризують правий шлуночок є:

- Проксимальний діаметр виносного тракту правого шлуночка (RVOT прох), який вимірюється в класичній парастернальній позиції (рис. 11);

- Дистальний діаметр виносного тракту правого шлуночка (RVOT Distal), що оцінюється в позиції за короткою віссю (рис. 12);
- Базальний (RV base diameter) і середній (RV mid diameter) діаметри



правого шлуночка, які вимірюються в апікальній, бажано, сфокусованій на правому шлуночку позиції (рис. 13).

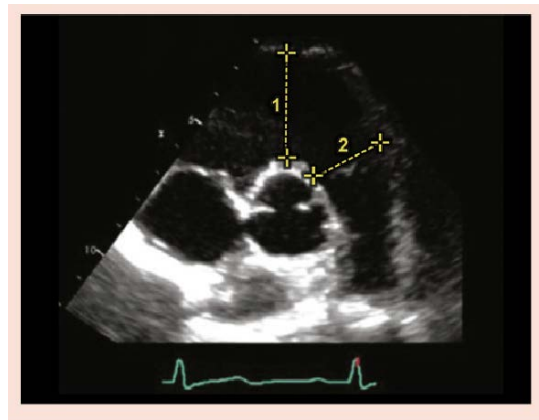


Рис. 11. Вимірювання проксимального діаметра виносного тракту правого шлуночка

Рис. 12. Вимірювання проксимального і дистального діаметрів виносного тракту правого шлуночка

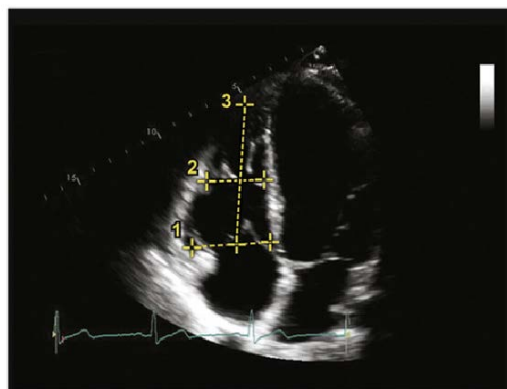


Рис. 13. Вимірювання базального і середнього діаметрів правого шлуночка

Оцінка систолічної функції правого шлуночка

Фракцію викиду правого шлуночка можна розрахувати виключно методикою тривимірною ехокардіографії або МРТ серця. Використовуючи двомірне дослідження, необхідно скористатись групою показників, які характеризують поздовжню скоротливість правого шлуночка.

- Систолічна екскурсія трикуспідального кільця, яка оцінюється в М-режимі (TAPSE);
- Амплітуда систолічного піку трикуспідального фіброзного кільця, що вимірюється за допомогою тканинної доплерографії;
- Поздовжній стрейн шлуночка (за можливості та досвіду використання) вільної стінки правого (рис. 14).

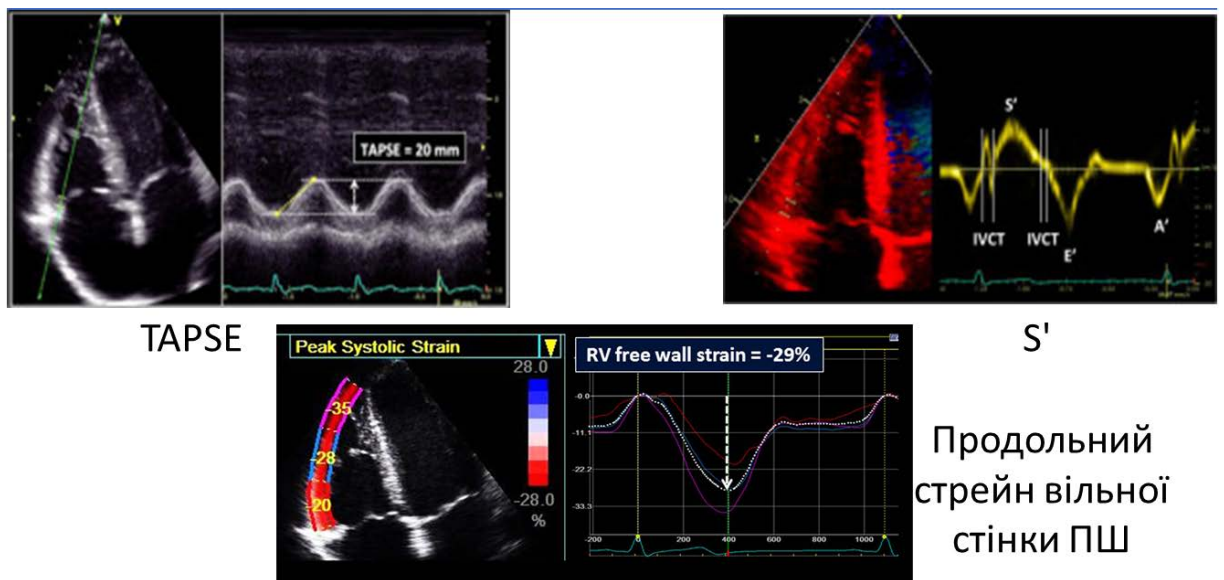


Рис. 14. Оцінка показників, які відображають поздовжню скоротливість правого шлуночка

Для оцінки глобальної систолічної функції правого шлуночка можна скористатися зміною площі (fractional area change). Для цього проводиться трасування площі шлуночка в модифікованій чотирикамерній позиції в діастолу, потім в систолу і оцінюємо процент зменшення (рис. 15). Крім того, можна використати Tei-index (рис. 16). Нормативні значення наведено у таблиці 4.

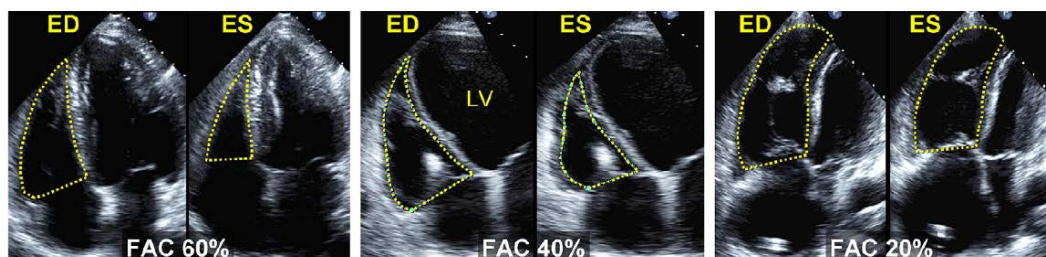


Рис. 15. Оцінка показників, які відображають поздовжню скоротливість правого шлуночка

Визначення товщини стінки правого шлуночка є достатньо складним технічним завданням через малі її розміри. Для коректного вимірювання необхідно отримати субкостальну позицію (рис. 16А) за умови задовільної візуалізації, скориставшись при цьому режимом збільшення зображення для визначення компактної стінки та вірного розташування міток (рис. 16В).

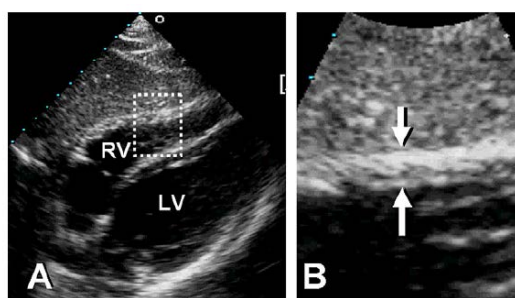


Рис. 16. Вимірювання товщини стінки правого шлуночка в субкостальній позиції

Таблиця 4

Нормативні значення параметрів правого шлуночка за рекомендаціями ЄАКВ 2015 року

Правий шлуночок	
Базальний рівень, см	<4,2
Середній рівень, см	<3,6
Виносний тракт проксимальний, см	<3,6
Виносний тракт дистальний, см	<2,8
Товщина стінки, мм	>4
Швидкість руху кільця ТК, см/с	>9,5
TAPSE, мм	>17
Стрейн вільної стінки ПШ, %	>23
Fractional area change, %	>35

Оцінка передсердь

Основними параметрами, які характеризують розміри обох передсердь за рекомендаціями ЄАКВ є індекси об'єму. Для *лівого передсердя* об'єм визначається за біплановим методом дисків у чотирикамерній і двокамерній позиціях. При цьому основною умовою для коректних вимірів є виведення позицій з максимальними розмірами лівого передсердя (рис. 17). Отриманий ультразвуковою системою об'єм індексується до площі поверхні тіла.

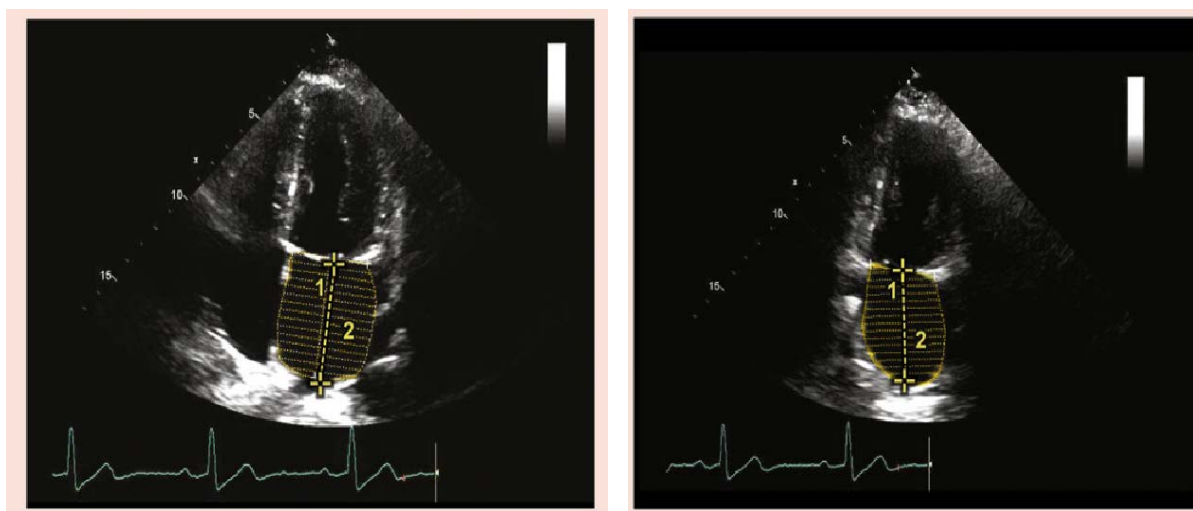


Рис. 17. Вимірювання об'єму лівого передсердя методом дисків з трасуванням максимальної площі і довжини в чотирикамерній і двокамерній позиціях

На відміну від лівого шлуночка, норма індексу об'єму лівого передсердя є однаковою для чоловіків і для жінок. Виділяють три категорії його збільшення, які мають прогностичне значення. Як варіант норми збільшення об'єму лівого передсердя може фіксуватися у спортсменів та на тлі стійкої брадикардії (рис. 18).

Передньо-задній діаметр лівого передсердя можна виміряти в парастернальній позиції за довгою віссю перпендикулярно до задньої стінки передсердя за на рівні синусів аорти (рис. 19). Як прогностичний маркер цей одномірний параметр значно поступається індексу об'єму, однак через простоту визначення та високу відтворюваність він може використовуватися для комплексної оцінки та порівнянь розмірів у динаміці у одного пацієнта.

Норма	Незначна дилатація	Помірна дилатація	Значна дилатація
<34 мл/м ²	35-41	42-48	> 49

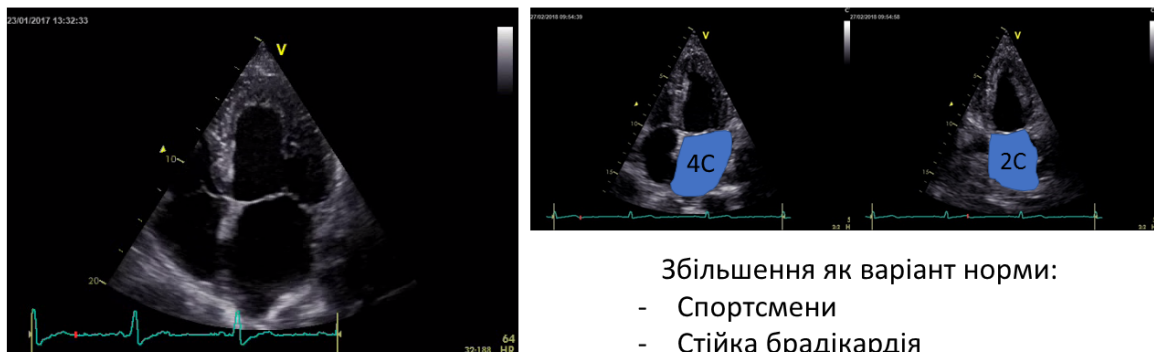


Рис. 18. Градація порушень індексу об'єму лівого шлуночка і збільшення як варіант норми

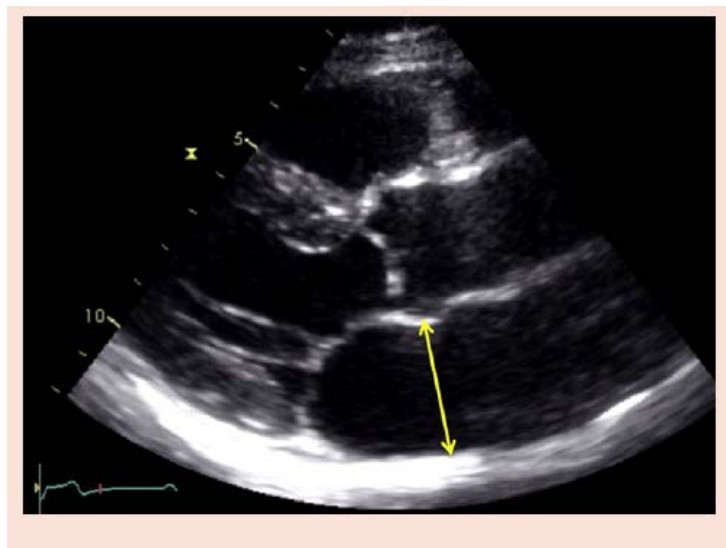


Рис. 19. Визначення передньо-заднього розміру лівого передсердя в парастернальній позиції за довгою віссю

Для *правого передсердя* використовується метод «площа-довжина» або одномірним методом дисків в чотирикамерній позиції (рис. 20).

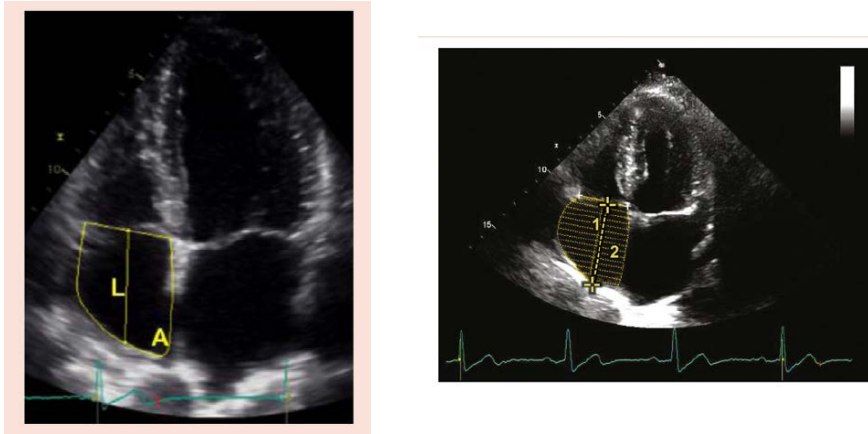


Рис. 20. Трасування максимальної площі і довжини правого передсердя в апікальній чотирикамерній позиції з розрахунком за методом «площа-довжина» та за методом дисків.

Після отримання об'єму проводиться індексація до площі поверхні тіла. Норма для чоловіків -25 ± 7 мл/м², для жінок -21 ± 6 мл/м². Індекс об'єму згідно з рекомендаціями ЄАКВ 2015 року вважається основним параметром для констатації збільшення правого передсердя.

Лінійні розміри (великий і малий діаметри, тобто довжина і ширина) вважаються менш репрезентативними. Згідно з рекомендаціями Американського товариства з ехокардіографії щодо оцінки правих камер 2010 року, довжина правого передсердя (яка ще називається великим або діаметром) > 53 мм, а також ширина (також відома як малий діаметр, ширина або поперечний розмір) > 44 мм вказують на збільшення правого передсердя.

Оцінка клапанів серця

Звертаємо увагу на типові помилки, які зустрічаються в реальних ехокардіографічних протоколах:

- Використання патоморфологічних категорій в характеристиках структури клапанів (фіброз, атеросклероз, вегетація...).
- Ехокардіографічним методом ми можемо фіксувати факт

потовщення стулки, яке може мати дифузний або крайовий характер. Якщо дослідник вважає необхідним, він може зазначити, що виявлені особливості «можуть відповідати» атеросклерозу, фіброзу, вегетації, але категоричні висновки щодо патоморфологічних властивостей на підставі ультразвукового методу, на жаль, робити не можна.

- *Оцінка важкості клапанних вад за ступенями від I-IV ст.* На сьогодні така класифікація не використовується в міжнародних рекомендаціях, де клапані вади категоризуються за трьома градаціями важкості порушень клапанної функції: незначна, помірна та виражена. Для кожної окремої вади існують свої кількісні критерії для визначення тяжкості ураження.
- *Відсутність кількісних параметрів в оцінці важкості клапанних вад.*

Мітральний клапан

Як для всіх інших клапанів, необхідно описати морфологію стулок та фіброзного кільця ехокардіографічними категоріями

Мітральний стеноз (якщо є):

- оцінка ступеня важкості (незначний, помірний, значний) та механізму розвитку;
- кількісні критерії оцінки;
- площа мітрального отвору – найрепрезентативніший критерій (вказати, яким методом визначалася?)

Мітральна регургітація (якщо є):

- оцінка ступеня важкості (незначна, помірна, значна) та механізму розвитку;

- кількісні критерії оцінки (наприклад, метод PISA – найбільш репрезентативний);

Додаткові знахідки: утворення стулок, відрив хорд, патологія папілярних м'язів.

Аортальний клапан

Обов'язково необхідно звернути увагу на кількість стулок, оскільки двостулковий аортальний клапан – одна із найрозповсюдженіших вад серця.

Аортальний стеноз (якщо є):

- оцінка ступеня важкості (незначний, помірний, значний) та механізму розвитку;

- клапанний? / надклапанний? / підклапанний?

- кількісні критерії оцінки (піковий, середній градієнти, DVI)

- площа аортального отвору (індексована)

Аортальна регургітація (якщо є):

- оцінка ступеня важкості (незначна, помірна, значна) та механізму розвитку

- кількісні критерії оцінки (наприклад, метод PISA)

Додаткові знахідки: утворення стулок,...

Трикуспідальний клапан

Патологія клапанів правих відділів зустрічається набагато рідше, ніж ураження мітрального і аортального клапанів.

Як для всіх інших клапанів, необхідно описати морфологію стулок та фіброзного кільця ехокардіографічними категоріями

Трикуспідальний стеноз (якщо є):

- оцінка ступеня важкості (незначний, помірний, значний) та механізму розвитку;

- кількісні критерії оцінки;

Трикуспідальна регургітація (якщо є):

- оцінка ступеня важкості (незначна, помірна, значна) та механізму розвитку;

- кількісні критерії оцінки (наприклад, метод PISA – найбільш репрезентативний);

Додаткові знахідки: утворення стулок, відрив хорд, внутрішньосерцеві електроди...

Клапан легеневої артерії

Якщо це можливо, вказати морфологію стулок.

Легеневий стеноз (якщо є):

- оцінка ступеня важкості (незначний, помірний, значний) та механізму розвитку;

- клапанний? / надклапанний? / підклапанний?

- кількісні критерії оцінки (піковий, середній градієнти, DVI)

Легенева регургітація (якщо є):

- оцінка ступеня важкості (незначна, помірна, значна) та механізму розвитку

- кількісні критерії оцінки (наприклад, метод PISA)

Розрахунок середнього та діастолічного тиску в легеневій артерії (за можливості).

Додаткові знахідки: утворення стулок,...

Оцінка висхідної аорти

Проводиться вимірювання діаметрів на чотирьох рівнях: аортального кільця, синусів Вальсальви, синотубулярного з'єднання та дистальному відділі. При синдромі Марфана розширення, як правило, відбувається на рівні синусів. На тлі патології аорти, що асоційована з двостулковим аортальним клапаном, збільшення діаметру спостерігається на рівні дистального відділу. При інших патологіях розширення може реєструватись на всіх рівнях висхідної аорти (рис. 21).

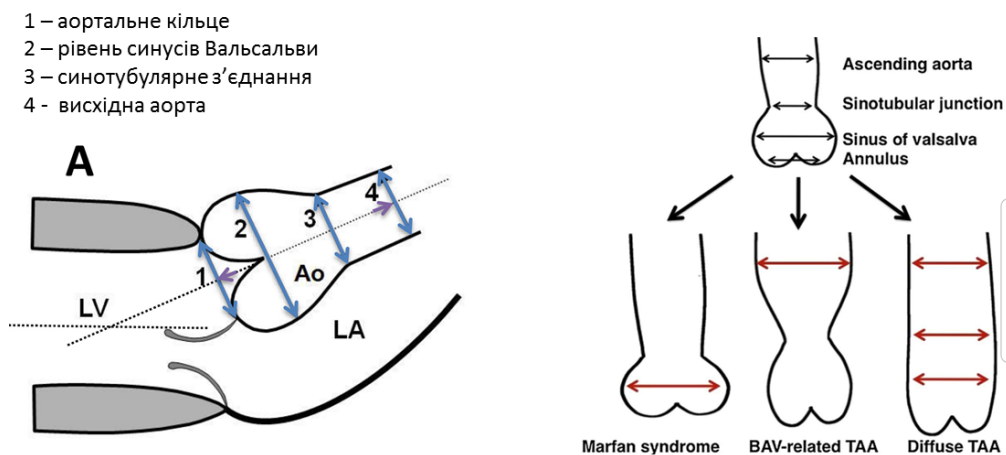


Рис. 21. Вимірювання діаметрів аорти та варіанти розширення при синдромі Марфана, двостулковому клапані та інших патологічних станах.

Отримані діаметри індексуються до площі поверхні тіла та зіставляються з нормою, яка відрізняється для чоловіків і жінок (табл. 5).

Кільцевий діаметр аорти вимірюється на масштабованих ехограмах серця в парастернальній позиції за довгою віссю. Всі вимірювання проводяться перпендикулярно довгій осі аорти при найбільшому розмірі, використовуючи техніку «від краю до краю» наприкінці діастолі. Вимірювання синусів проводиться при максимальному діаметрі синуса. Переміщення до вищого парастерального вікна, ближче до грудини може знадобитися для візуалізації дуги аорти.

Дилатація кореня аорти має потужну асоціацію з виникненням, наявністю та прогресуванням аортальної регургітації та ризиком розшарування аорти. Наявність артеріальної гіпертензії, виявляється, має мінімальний вплив на діаметр кореня аорти, але є асоційованою зі збільшенням більш дистальних сегментів грудного відділу аорти.

Таблиця 5

Нормальні значення індексів діаметрів аорти на різних рівнях

Висхідна аорта	Норма
Рівень аортального кільця, см/м ²	≤1,4 (♂ та ♀)
Рівень синуса Вальсальви, см/м ²	≤1,9 (♂) та ≤2,0 (♀)
Синотубулярний рівень, см/м ²	≤1,7 (♂ та ♀)
Висхідна аорта, см/м ²	≤1,7 (♂) та ≤1,9 (♀)

Оцінка нижньої порожнистої вени

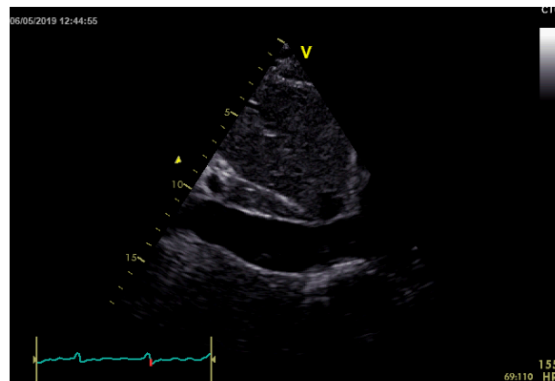
Дослідження має включати не лише визначення діаметру (норма до 21 мм), а також і респіраторного колапсу, який повинен становити понад 20 % при спокійному диханні та понад 50 % при глибокому вдиху (рис. 22).

Діаметр вимірюється по довгій осі на 1 - 2 см проксимальніше місця впадіння у праве передсердя, враховується максимальний розмір. Під час

дихання слід спостерігати за зміною діаметра. Якщо центральний венозний тиск є нормальним, то спостерігається достатній респіраторний колапс. Якщо тиск підвищений, реєструється менш енергійний колапс. Оцінка



НОРМА



ДЕКОМПЕНСАЦІЯ ХСН

інспіраторної відповіді НПВ часто потребує різкого короткого вдихання, тому що нормальна амплітуда дихання часто не провокує такої відповіді. Ця інформація взята також необхідна для опосередкованої оцінки тиску в правому передсерді.

Рис. 22. Нижня порожниста вена в нормі та у пацієнта з серцевою недостатністю (оцінка в субкостальній позиції).

Зменшення діаметру НПВ (звичайно $<1,2$ см) та її спонтанний колапс часто спостерігається при наявності зниження об'єму циркулюючої крові.

Скринінг на наявність легеневої гіпертензії

Є обов'язковим компонентом протоколу ехокардіоскопії.

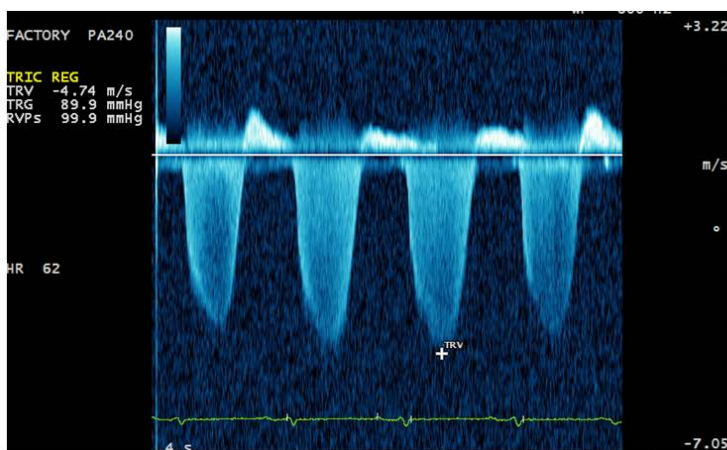
За визначення Європейського товариства кардіологів (2015), легенева гіпертензія - патологічний стан, який характеризується підвищенням середнього тиску в легеневій артерії (ЛА) понад 25 мм рт. ст. у спокої за даними катетеризації правих відділів серця. Таким чином, у самій дефініції вказано методо верифікації даного діагнозу – інвазивне вимірювання шляхом катетеризації. У реальній клінічній практиці існує проблема гіпердіагностики

легеневої гіпертензії. Ехокардіографічний метод може використовуватись лише оцінки імовірності підвищення тиску в легеневій артерії. Тому некоректними у висновках є формулювання «важка легенева гіпертензія», «легенева гіпертензія II ст.» тощо.

Градація ймовірності:

- Висока
- Проміжна
- Низька

Основним параметром для оцінки імовірності – швидкість трикуспідальної регургітації. Її можна зареєструвати у 60-70 % обстежуваних, тому немає можливості використовувати цей критерій у всіх пацієнтів (рис. 23).



Норма $\leq 2,8$ м/с

Рис. 23. Спектр трикуспідальної регургітації у режимі постійно-хвильової доплерографії

Для отримання пікової трикуспідальної регургітації слід використовувати постійно-хвильову доплерографію. Максимальна струя регургітації може бути отримана з декількох позицій. Якщо після сигнал залишається слабким та/або неповним, про вимірювання не слід повідомляти.

Остаточно до протоколу доцільно вносити дані про найвищу швидкість від сигналу хорошої якості.

Перелік додаткових ехокардіографічних ознак можливої легеневої гіпертензії дозволяє комплексно оцінити імовірність легеневої гіпертензії. Використовувати їх можна навіть за відсутності умов реєстрації трикуспідальної регургітації (табл. 6).

Таблиця 6

Перелік додаткових ехокардіографічних ознак можливої легеневої гіпертензії

Категорія А Шлуночки	Категорія В Легенева артерія	Категорія С Праве передсердя та нижня порожниста вена
Співвідношення базального діаметра правого та лівого шлуночка > 1.0	Час прискорення потоку в виносному тракті правого шлуночка < 105 мс та/або середнесистолічне розщеплення спектру	Розширення нижньої порожнистої вени понад 21 мм та зниження її інспіраторного колапсу
Сплощення міжшлуночкової перегородки (індекс ексцентричності лівого шлуночка > 1.1 в систолу та/або в діастолу)	Рання діастолічна швидкість потоку легеневої регургітації > 2.2 м/с	Кінцево-систолічна площа правого передсердя > 18 см ²
	Діаметр легеневої артерії понад 25 мм	

Після аналізу сукупності ознак в протоколі зазначають градацію імовірності легеневої гіпертензії. Зверніть увагу, що за умови реєстрації швидкості трикуспідальної регургітації понад 3,4 м/с імовірність вважається високою навіть за відсутності інших ознак підвищення тиску в малому колі кровообігу (табл. 7).

Таблиця 7

Визначення імовірності легеневої гіпертензії на підставі швидкості трикуспідальної регургітації та інших ознак

Швидкість	Інші ознаки	Імовірність
-----------	-------------	-------------

трикуспідальної регургітації, м/с	легеневої гіпертензії	легеневої гіпертензії
≤ 2,8 або не визначається	Відсутні	Низька
≤ 2,8 або не визначається	Наявні	Проміжна
2,9 – 3,4	Відсутні	
2,9 – 3,4	Наявні	Висока
> 3,4	Не потрібні	

Окрім імовірності гіпертензії в протоколі вказується розрахунковий тиск у легеневій артерії (рис. 24).



• Систолічний тиск? **Рекомендований** варіант.



• Діастолічний тиск? За неможливості розрахунку систолічного тиску.



• Середній тиск? Найбільша варіабельність.
Але на практиці найчастіше використовується!!!

Рис. 24 Варіанти тиску в легеневій артерії, які можуть бути представлені в протоколі ехокардіоскопії.

Систолічний тиск в легеневій артерії = градієнт трикуспідальної регургітації (тобто $4 \times (\text{швидкість})^2$) + тиск в правому передсерді.

В свою чергу, оцінка тиску в правому передсерді проводиться за діаметром та респіраторним колапсом НПВ (табл. 8).

Таблиця 8

Оцінка тиску в правому передсерді на підставі діаметру НПВ та ступеня її респіраторного колапсу при глибокому вдиху

Діаметр НПВ	Респіраторний колапс	Тиск в правому передсерді
< 21 мм	> 50 %	3 (0-5 мм рт. ст.)
> 21 мм або	< 50 %	8 (5-10 мм рт. ст.)
> 21 мм та	< 50 %	15 (10-20 мм рт. ст.)

Норма систолічного тиску в легеневій артерії за потоком трикуспідальної регургітації < 31 мм рт. ст.

Діастолічний тиск в легеневій артерії (ДТЛА) можна оцінити за градієнтом кінцево-діастолічної регургітації на клапані легеневої артерії, використовуючи модифіковане рівняння Бернуллі (якщо реєструється швидкість, а не градієнт): $ДТЛА = 4 \times (\text{швидкість кінцево-діастолічної легеневої регургітації})^2 + \text{тиск у правому передсерді}$ (табл. 8).

Висновок ехокардіографічного дослідження

Резюме дослідження вважається квінтесенцією протоколу. Нерідко за браком часу лікарі читають лише цю частину. Перед тим, як сформулювати заключення, необхідно відповісти на запитання: «Це первинне чи оцінка в динаміці?». За наявності останнього мається на увазі, що дослідник може оцінити зміни показників, що раніше вже були отримані ним самим. Порівнювати результати інших дослідників некоректно через значну оператор-залежну варіабельність параметрів.

Формулювання висновку дослідження ґрунтується на декількох принципах:

- Має відображати відповідь на основне клінічне питання (показання до проведення обстеження);
- Включати клінічно важливу інформацію щодо умов, за яких проводилася ехокардіоскопія (якість візуалізації, порушення ритму, стан після операції...);
- Основні патологічні знахідки відображаються першими;
- Стисле описання результатів;
- Рекомендації щодо повторного обстеження чи необхідності інших методів дослідження (за необхідністю);
- Клінічний коментар (за необхідністю, додається, якщо дослідник є лікарем пацієнта та має повний спектр клініко-анамнестичних даних).

Зверніть увагу на перелік *некоректних формулювань*:

- «Ознаки ішемічної хвороби серця та гіпертонічної хвороби...»;
- «Ознаки перенесеного інфаркту міокарда...»;
- «Ознаки активного міокардиту...» (ехокардіоскопія – лише частина клінічного обстеження пацієнта, тому протокол не має містити нозологічних форм);
- «Фіброз стулок...» (небажано використовувати патоморфологічні категорії);
- «Гіпертрофія міжшлуночкової перегородки...» (у протоколі бажано відобразити факт потовщення, адже морфологічний субстрат змін у конкретного пацієнта може відповідати, наприклад амілоїдозу серця, запальному набряку тощо);
- «Дифузні зміни міокарда...» (висновок не містить корисної клінічної інформації).

Ультразвукове дослідження серця у пацієнтів з артеріальною гіпертензією

Ехокардіоскопія – основний метод діагностики ураження серця як органу-мішені при артеріальній гіпертензії. Дослідження та інтерпретація його результатів ґрунтуються на «трьох китах»:

- Встановлення характеру ремоделювання лівого шлуночка;
- Визначення змін діастолічної функції;
- Оцінка стану лівого передсердя.

Доцільно також звернути увагу на можливе розширення аорти, яке може відображати тягар підвищеного артеріального тиску.

Ремоделювання лівого шлуночка

Ремоделювання ЛШ описує процес, при якому серце змінює свої розміри, геометрію та функцію протягом часу.

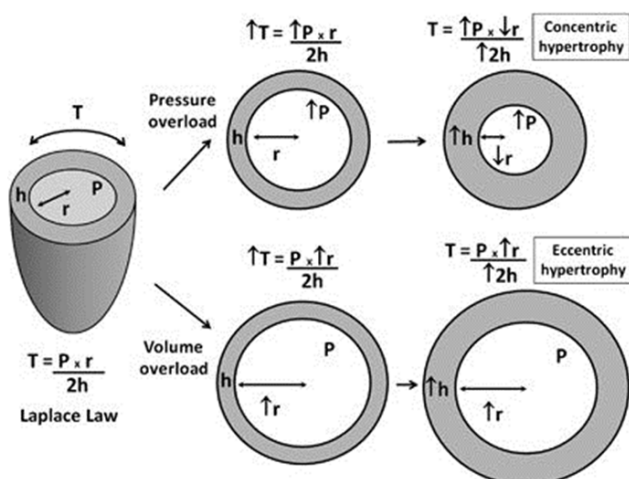
Означені зміни можуть бути фізіологічними, коли серце збільшується у розмірі, але функціонує нормально під час зростання організму, завдяки фізичним тренуванням і під час вагітності. Деякі дослідження продемонстрували, що як ізометричні, так і ізотонічні фізичні вправи призводять до ремоделювання розмірів порожнин ЛШ і до збільшення товщини стінок. Ці зміни у високо тренованих серцях професійних спортсменів прямо пов'язані з типом та тривалістю тренувань, та чітко характеризовані саме ехокардіографічно. При ізометричних вправах відбувається непропорційне збільшення маси ЛШ порівняно зі збільшенням діастолічного об'єму ЛШ, що призводить до значно більшого підвищення відношення товщини стінки до розміри порожнини (відносна товщина стінок - ВТС) порівняно із здоровими індивідами не-спортсменами без суттєвих змін показників глобальної скоротливої функції ЛШ. Це фізіологічне

гіпертрофічне ремоделювання «спортивного» серця є зворотним при припиненні інтенсивних тренувань, є пов'язаним з загальним збільшенням м'язової маси тіла.

Ремоделювання може носити компенсаторний характер при хронічному перенавантаженні тиском внаслідок системної гіпертензії або аортального стенозу, що призводить до концентричної гіпертрофії (підвищених масі міокарду та ВТС ЛШ при нормальних розмірах порожнин та збереженій ФВ. Компенсаторне ремоделювання ЛШ також відбувається при хронічному перевантаженні об'ємом, що асоціюється з мітральною чи аортальною недостатністю, що індукує зміни архітектури шлуночка, що характеризуються як ексцентрична гіпертрофія з дилатацією порожнини ЛШ та на початку нормальною скоротливою функцією. Перевантаження тиском та об'ємом може довго залишатися компенсованим відповідним типом гіпертрофії, що нормалізує напруження стінки таким чином, що гемодинаміка та ФВ ЛШ довгий час залишаються стабільними. Втім, у більшості пацієнтів, якщо хронічне збільшення постнавантаження не може бути нормалізованим вчасно, процеси ремоделювання стають патологічними.

Перехід до патологічного ремоделювання визначається прогресуючою дилатацією шлуночка, розтягненням контурів його порожнини, порушенням нормальної геометрії мітрального кільця та підклапанного апарату, що призводять до мітральної регургітації.

Зміни у розмірах та геометрії ЛШ, що викликаються гіпертензією



відображують підлеглі гемодинамічні порушення, асоційовані з підвищенням артеріального тиску (рис. 25). Проте, велике значення в цьому процесі мають негемодинамічні фактори: стать, етнічна приналежність, спадковість, нейрогуморальні, які модулюють відповідь лівого шлуночка на хронічне перевантаження.

Рис. 25. Фізичні основи ремоделювання лівого шлуночка згідно з законом Лапласа

Аналіз 30 досліджень, опублікованих за останнє десятиліття, в тому числі серед населення з гіпертонічною хворобою показав, що показники поширеності гіпертрофії ЛШ за даними УЗД були найнижчими в популяційних дослідженнях (10-19%), проміжними (19-48%) у нелікованих без лікування. Однак у пацієнтів з тяжкою АГ та високим ризиком частота гіпертрофії була значною (58-77%).

Зверніть увагу на НЕвірні тези щодо взаємовідносин гіпертрофії з артеріальною гіпертензією:

«Немає гіпертрофії - немає гіпертонічної хвороби».

«Гіпертрофія = гіпертонічна хвороба».

Існує низка причин ремоделювання ЛШ без зв'язку з рівнем системного артеріального тиску: інфільтративні захворювання, аортальний стеноз, гіпертрофічна кардіоміопатія тощо.

Згідно з класичними підходами навантаження тиском і об'ємом мають різний вплив на серце (рис. 26).

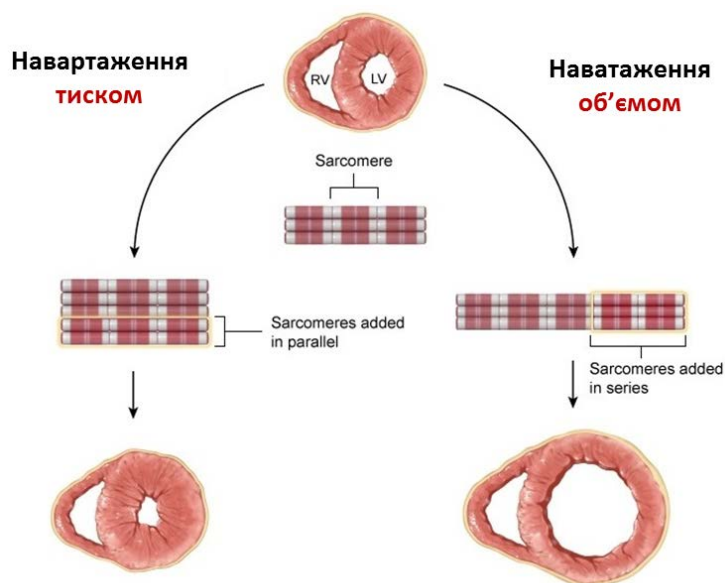


Рис. 26. Варіанти ремоделювання в залежності від типу хронічного перенавантаження лівого шлуночка.

Ехокардіографічна картина перенавантаження тиском у вигляді *концентричної гіпертрофії* є типовою для суб'єктів з гіпертензією, та асоціюється з високим систолічним артеріальним тиском та високим периферійним судинним опором. Напроти, *ексцентрична гіпертрофія* ЛШ асоціюється з нормальним рівнем периферійного опору, але з високим серцевим індексом, відповідним до надлишкового об'єму циркулюючої крові. Концентричне ремоделювання (нормальна маса ЛШ з підвищеною ВТС ЛШ) характеризується з високим периферичним опором, низьким серцевим індексом та підвищеною жорсткістю артеріальної стінки.

На сьогодні залишається дискусійним прогностична значущість варіантів ремоделювання на тлі артеріальної гіпертензії, проте, безперечною є предикторна цінність *ступеня гіпертрофії*. Тип ремоделювання може з певною імовірністю передбачити перебіг захворювання (рис. 27).

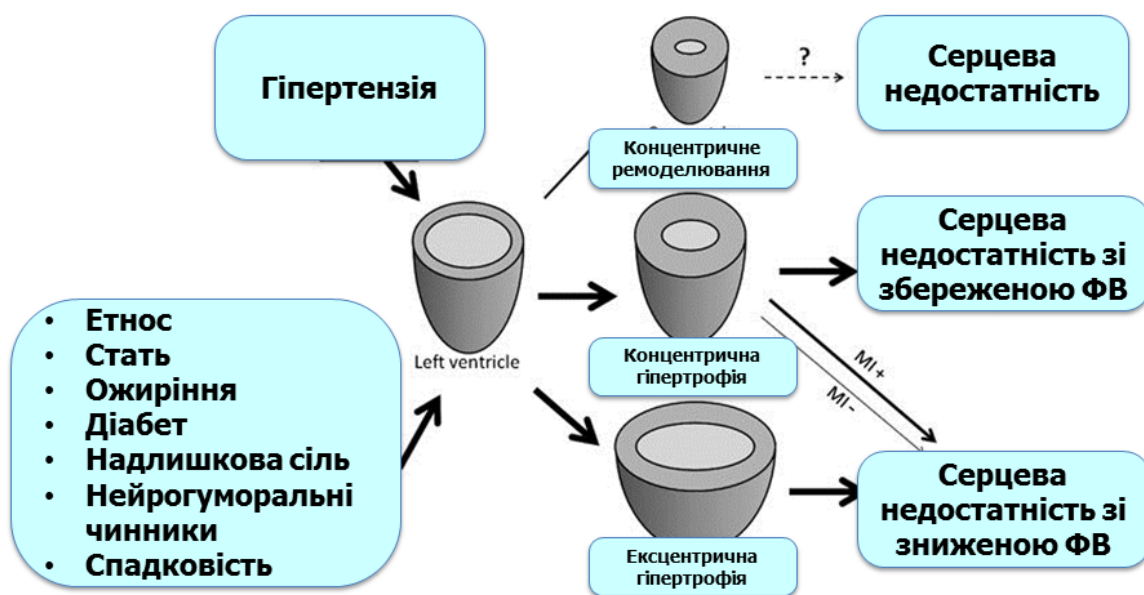


Рис. 27. Причини і наслідки різних типів ремоделювання лівого шлуночка

Оцінка гіпертрофії лівого шлуночка

Основними діагностичним і прогностичним критерієм ремоделювання на тлі артеріальної гіпертензії є індекси маси міокарда.

Для їх розрахунку необхідно виміряти наступні параметри:

- Кінцево-діастолічний розмір лівого шлуночка (КДР);
- Товщина міжпередсердної перегородки (МШП);
- Товщина задньої стінки (ЗС).

Лінійні вимірювання внутрішнього розміру ЛШ (КДР), товщини міжшлуночкової перегородки (МШП) і товщини задньої стінки (ЗС) виконуються в парастернальній позиції за довгою віссю на рівні малої осі

ЛШ, біля кінчиків стулок мітрального клапана в кінці діастоли. Застосування отриманих у В-режимі біпланових зображень дозволяє подолати проблему «косого» неперпендикулярного зрізу зображень в парастернальній позиції (рис. 28).

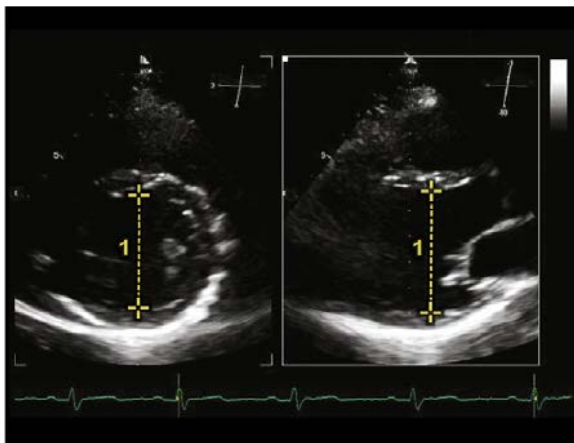


Рис. 28. Порівняння кінцево-діастолічного розміру, яким був виміряний за короткою та довгою віссю лівого шлуночка у парастернальній проекції, що дозволяє уникнути некоректних значень параметру.

Кінець діастоли може бути визначений, як початок комплексу QRS, але краще його визначати як проміжок часу безпосередньо після закриття мітрального клапану або проміжок кардіального циклу, коли розмір порожнини ЛШ є найбільшим. При синусовому ритмі це відповідає моменту безпосередньо після систоли передсердь.

Зверніть увагу на особливості вимірювання за умови локального потовщення МШП (septal bulge), яке нерідко зустрічається в практиці (рис. 29).

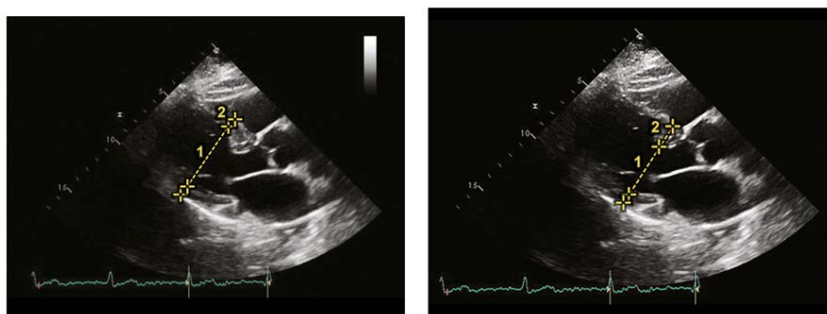


Рис. 29. Коректні і невірні виміри за наявності septal bulge

Всі алгоритми розрахунку маси ЛШ базуються на вирахуванні об'єму порожнини ЛЖ з об'єму, що обмежує епікард. Цей об'єм після цього конвертується в масу шляхом множення на щільність міокарду. Таким чином, кількісний розрахунок маси ЛШ потребує акуратної ідентифікації поверхні між порожниною та ендокардом, а також між епікардом та перикардом.

Формула для розрахунку маси ЛШ, виходячи з лінійних розмірів, що рекомендована Американським товариством з ехокардіографії (ASE) (кореляція з даними аутопсії $r=0,90$, $p<0,001$), основана на моделі ЛШ як витягнутого еліпса:

$$\text{ММЛШ} = 0,8 \times \{1,04[(\text{КДР} + 3\text{С} + \text{МШП})^3 - \text{КДР}^3]\} + 0,6 \text{ г},$$

де 3С та МШП – кінцево-діастолічна товщина задньої стінки ЛШ та міжшлуночкової перегородки, відповідно, КДР – кінцево-діастолічний розмір ЛШ. Ця формула є адекватною для застосування у пацієнтів без значних порушень геометрії ЛШ. Оскільки формула потребує возведення первинних вимірів в куб, навіть найменша помилка вимірів також возводиться в куб.

Для отримання *класичного* індексу маси міокарда (ІММ) отримане за наведеною вище формулою значення необхідно розділити на ППТ. Згідно з рекомендаціями з ведення пацієнтів з АГ цей індекс може використовуватись лише у пацієнтів з нормальної масою тіла, що пов'язано з ризиком маскування гіпертрофії у обстежуваних з надлишковою масою тіла та ожирінням.

Нормалізація до росту тіла у пацієнтів із зайвою вагою видається більш прийнятною. Однак, оскільки співвідношення між масою міокарда (змінною, яка є кубічною функцією) та ростом (лінійна міра) не може бути лінійною, використовується **індекс маса міокарда/рост^{2,7}** (рис. 30).



Рис. 30. Індекси маси міокарда в залежності від маси тіла

Відносна товщина стінки необхідна для визначення співвідношення стінок до кінцево-діастолічного розміру, тобто для оцінки варіанта ремоделювання (рис. 31).

Використовують 2 варіанта розрахунку:

$$ВТС = 2 \times ЗС / КДР \text{ або } ВТС = (МШП + ЗС) / КДР,$$

де ЗС та МШП – кінцево-діастолічна товщина задньої стінки ЛШ та міжшлуночкової перегородки, відповідно, КДР – кінцево-діастолічний розмір ЛШ.

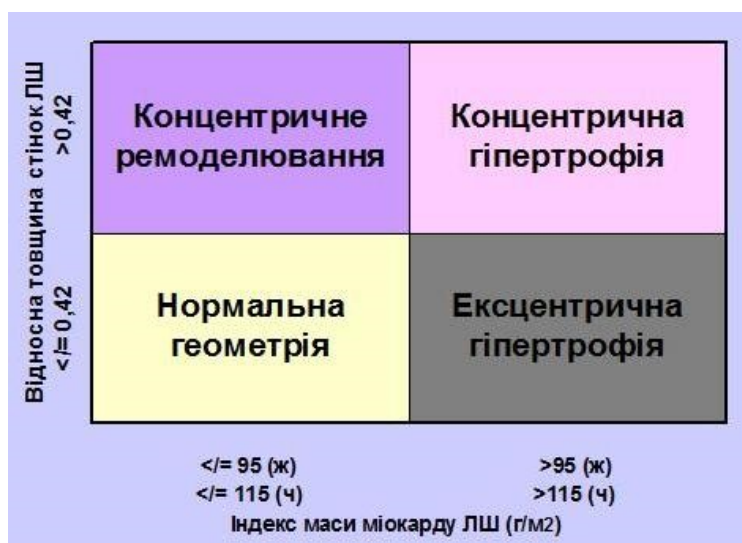


Рис. 31. Варіанти поєднання значень ІММ і ВТС

Пацієнти з нормальним ІММ можуть мати концентричне ремоделювання (при збільшенні ВТС $\geq 0,42$) чи нормальну геометрію (ВТС $\leq 0,42$). Пацієнти зі збільшеним ІММ можуть мати концентричну (ВТС $\geq 0,42$) чи ексцентричну (ВТС $\leq 0,42$) гіпертрофію.

Оцінка діастолічної функції лівого шлуночка

Оцінка діастолічної функції лівого шлуночка повинна бути інтегральною частиною рутинного ехокардіографічного дослідження.

Оптимальна функція ЛШ залежить від його здатності циклічно змінюватися в діапазоні двох станів:

- 1) податливої камери в діастолу, що дозволяє ЛШ наповнюватися кров'ю з ЛП з відносно низьким тиском в ньому;
- 2) жорсткої камери в систолу з швидко наростаючим тиском, що виганяє ударний об'єм на високому артеріальному рівні тиску.

Шлуночок, таким чином, має дві функції, що слідують по черзі: систолічне вигнання та діастолічне наповнення.

Діастола починається із закриттям аортального клапана і складається з чотирьох фаз (рис. 32):

- 1) швидке падіння тиску в ЛШ під час ізовольомічного розслаблення (IR чи IVRT);
- 2) швидке наповнення;
- 3) діастазу (не завжди – при повільнішій частоті скорочень);
- 4) скорочення передсердя.

Підвищення тиску наповнення ЛШ є головним фізіологічним наслідком діастолічної дисфункції. Варто звернути увагу на наступні пункти:

1) Діастолічна функція є пов'язаною з розслабленням (релаксацією) міокарду та пасивними властивостями ЛШ, та модулюється тонусом міокарда.

2) Розслаблення міокарда визначається навантаженням, інактивацією та неоднорідністю міокарда.

3) Жорсткість міокарда визначається кардіоміоцитами та інтерстиціальним матріксом (ступенем вираженості фіброзу).

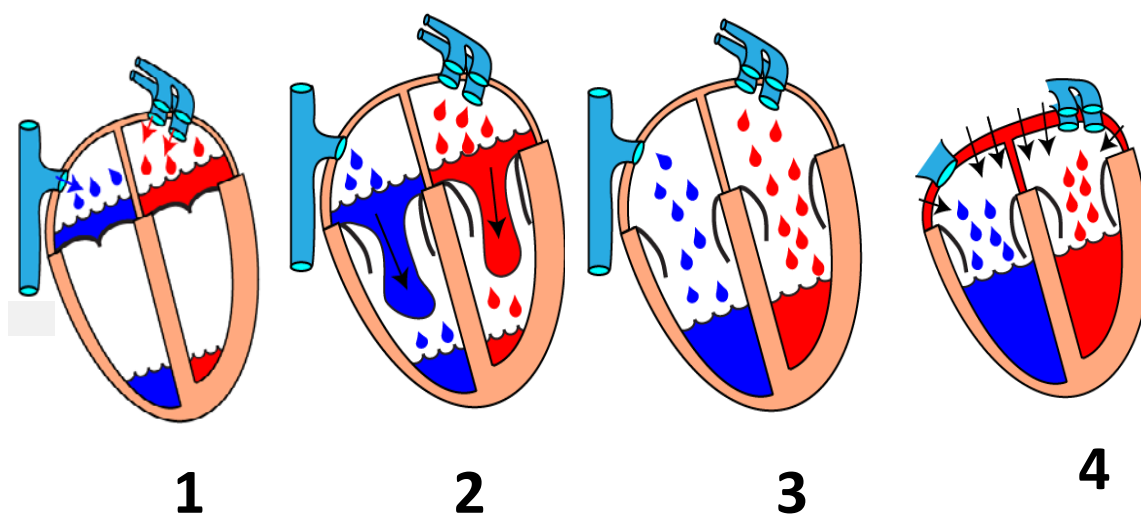


Рис. 32. Чотири фази діастолі: ізовольомічне розслаблення, швидке наповнення, діастазис (уповільнення), скорочення передсердя.

Хоча діастолічна дисфункція не є рідкою у пацієнтів з нормальною товщиною стінок ЛШ, гіпертрофія є однією з найчастіших причин підвищення тиску наповнення. У пацієнтів з діастолічної серцевою недостатністю (СН), тобто СН із збереженою ФВ ЛШ, часто спостерігається концентрична гіпертрофія (підвищення маси та відносної товщини стінок) чи ремоделювання (нормальна маса при підвищенні відносної товщини стінок) ЛШ. І навпаки, ексцентрична гіпертрофія ЛШ (збільшена маса при нормальній відносній товщині стінок) звичайно виявляється у хворих із зниженою ФВ ЛШ. Внаслідок високої розповсюдженості гіпертензії, особливо в літній популяції, гіпертрофія ЛШ є дуже частим явищем, а

гіпертензивне серце є найчастішим станом, що призводить до діастолічної СН.

Для оцінки якості наповнення необхідно оцінити ультразвукові еквіваленти фаз наповнення лівого шлуночка та зіставити їх між собою. Крім того, варто звернути увагу на об'єм лівого передсердя і імовірність легеневої гіпертензії.

Перекладемо фізіологію наповнення на мову ехокардіоскопії. Для цього знадобиться 2 режими дослідження: імпульсно-хвильова і тканинна доплерографія.

Імпульсно-хвильова доплерографія (ІХД) виконується в апікальній 4-камерній (А4С) позиції для отримання трансмітрального приносного антероградного діастолічного потоку та його швидкостей для оцінки наповнення ЛШ. Майже у всіх пацієнтів можливий запис хвиль діастолічних потоків наповнення ЛШ бездоганної якості. Записи спектрів трансмітральних швидкостей повинні отримуватись на швидкостях розгортки 25 чи 50 мм/с для оцінки респіраторних коливань швидкостей кровотоку, які бувають досить вираженими у пацієнтів з легеневою чи перикардіальною патологією (див. далі). Якщо варіації відсутні, швидкість розгортки збільшують до 100 мм/с, а значення виводять з усереднення вимірів 3 послідовних циклів.

Тканинна доплерографія (ТД) виконується із апікального доступу для отримання швидкостей руху мітрального кільця. Пробний об'єм повинен встановлюватись як у септальному, так і у латеральному сегментах мітрального кільця в межах 1 см від прикріплення стулок. Більшість сучасних ультразвукових систем мають вже готові налаштування доплерівського сигналу та шкали для правильного отримання швидкостей.

Яка відповідність між фазами діастоли та показниками УЗД?

1) швидке падіння тиску в ЛШ під час ізоволюмічного розслаблення (IR чи IVRT) – об'єм шлуночка не змінюється, стулки мітрального клапана ще закриті, трансмітральний потік не реєструється, мітральне фіброзне кільце не рухається; на кривій, яка отримана в режимі імпульсно-хвильової доплерографії, це час між закриттям стулок аортального клапана і відкриттям мітральних стулок (рис. 33);

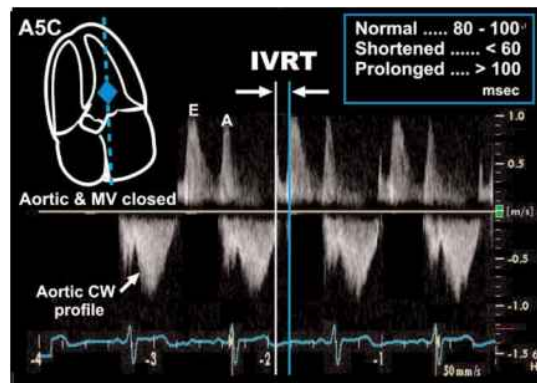


Рис. 33. Час ізоволюмічного розслаблення, зареєстрований в режимі імпульсно-хвильової доплерографії

2) швидке наповнення – у нормі фаза забезпечує до 80 % об'єму ЛШ, стулки мітрального клапана швидко розкриваються, на кривій реєструється позитивний (до датчика) пік E (від англ. «early» – ранній). В той же час, фіброзне кільце рухається в протилежному напрямку, тому на кривій тканинної доплерографії реєструється негативний пік E' (позначається також як e' або Em з відповідним позначенням латеральної або септальної зони або середній між ними – E'сер.). Спектрограми наведені на рисунку 34.

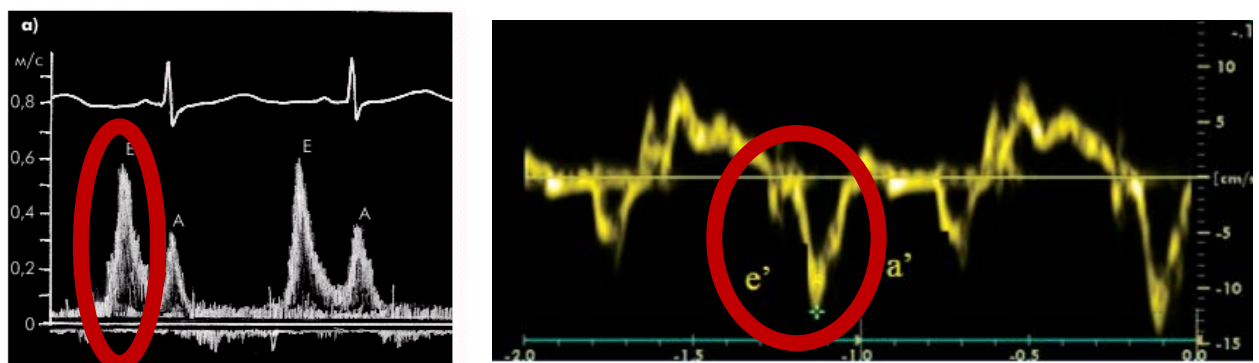


Рис. 34. Пік E, який відповідає швидкому наповненню лівого шлуночка в режимі імпульсно-хвильової доплерографії, а також відповідний тканинний пік e'

3) діастазис або уповільнення – швидкості трансмітрального потоку і руху мітрального фіброзного кільця прогресивно знижується майже до нуля.

4) скорочення передсердя – до 30 % наповнення лівого шлуночка в нормі. На спектрограмі трансмітрального потоку реєструється пік A (від «atrium» - передсердя), у тканинному режимі – пік A' (позначається також як a' або am з відповідним позначенням латеральної або септальної зони). Приклад спектрограми наведено на рисунку 35.

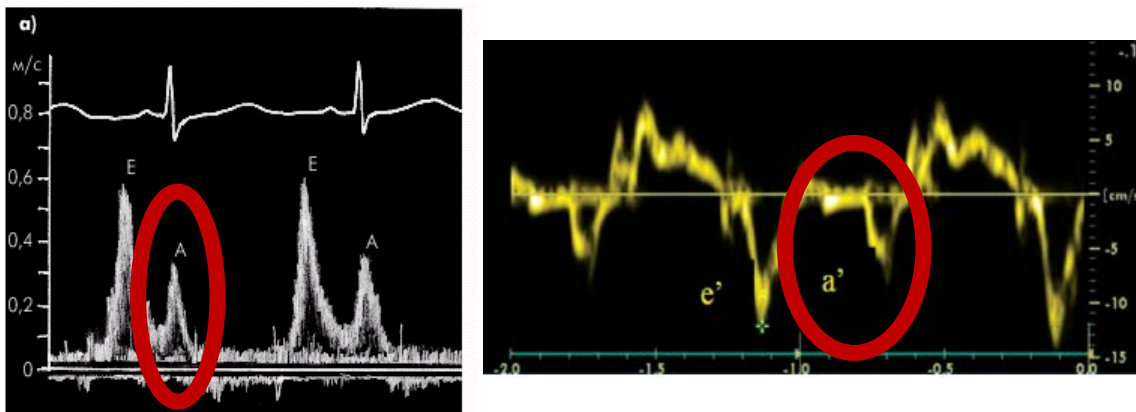


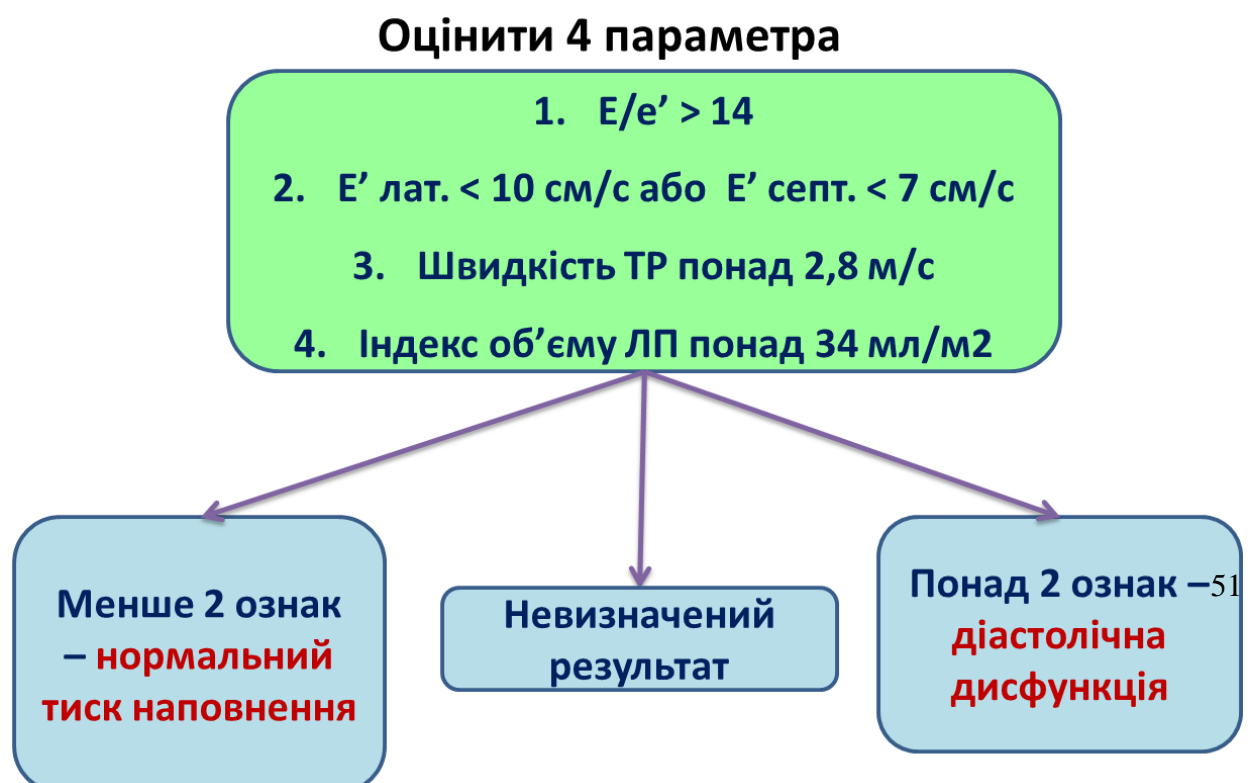
Рис. 35. Пік A, який відповідає систолі передсердя в режимі імпульсно-хвильової доплерографії, а також відповідний тканинний пік a'

Після отримання швидкостей трансмітрального потоку, швидкостей руху мітрального кільця та часових інтервалів можливий розрахунок додаткових часових інтервалів та співвідношень. До комбінованих показників відносяться співвідношення ранньої та пізньої діастолічної швидкості мітрального кільця E'/A' та співвідношення трансмітральної швидкості раннього діастолічного наповнення E за даними імпульсно-хвильової доплерографії до швидкості раннього діастолічного руху мітрального кільця E' за даними тканинної доплерографії (E/E'). Останнє

співвідношення відіграє важливу роль у визначенні тиску наповнення ЛШ. Для визначення тиску наповнення ЛШ слід використовувати середнє значення швидкості E' , отримане зі значень на септальному та латеральному сегментах мітрального кільця в A4C позиції. Оскільки септальна швидкість E' звичайно є нижчою за таку на латеральному сегменті мітрального кільця, співвідношення E/E' , отримане з септального сегменту кільця звичайно є вищим порівняно із співвідношенням, отриманим з латерального сегменту, тому для різних сегментів мають використовуватись різні нормативні значення.

Для констатації наявності або відсутності діастолічної дисфункції необхідна комплексна оцінка потоків, швидкостей руху фіброзного кільця, а також обсягу лівого передсердя і швидкості трикуспідального регургітації. Саме сукупність ознак дозволяє підвищити точність ультразвукової діагностики.

У квітні 2016 року Європейською асоціацією фахівців з кардіоваскулярної візуалізації (EACI) і Американським товариством ехокардіографії (ASE) опубліковані оновлені рекомендації для оцінки діастолічної функції методом ехокардіографії. Згідно з ними у пацієнтів із



збереженою ФВ, необхідно оцінити 4 параметра (рис. 36).

Рис. 36. Алгоритм оцінки діастолічної функції (EACI та ASE 2016) у пацієнтів зі збереженою фракцією викиду лівого шлуночка та відсутністю значущої органічної патології міокарда

Інформація про визначення об'єму і розрахунок індексу об'єму лівого передсердя, визначення швидкостей потоків і руху мітрального кільця надана вище.

Оцінка *трикуспідальної регургітації* розглядалася в розділі, що присвячений скринінгу легеневої гіпертензії. Яке ж значення має швидкість TR для оцінки діастолічної функції?

При підвищенні тиску наповнення лівого шлуночка закономірно зростає тиск у малому колі кровообігу, що, в свою чергу, призводить до підвищення тиску в легеневій артерії, і відповідно до збільшення його і в правому шлуночку. Саме цей фактор і призводить до зростання швидкості і градієнта трикуспідальної регургітації, і вона займає своє місце серед 4 ознак діастолічної дисфункції. Недоліком цього параметра є те, що він не завжди визначається при ультразвуковому дослідженні.

Четвертим ознакою є *індекс об'єму лівого передсердя*. Логічно, що його збільшення може вказувати на підвищення тиску наповнення лівого шлуночка. Індекс обсягу називають барометром серця щодо діастолічної функції і серцевої недостатності. Цей показник також порівнюють з глікозильованим гемоглобіном при цукровому діабеті. Проспективне дослідження, що включало понад 6 тисяч здорових осіб дозволило виявити підвищений ризик раптової смерті, ішемічного інсульту, недостатності кровообігу і фібриляції передсердь у осіб з дилатацією лівого передсердя.

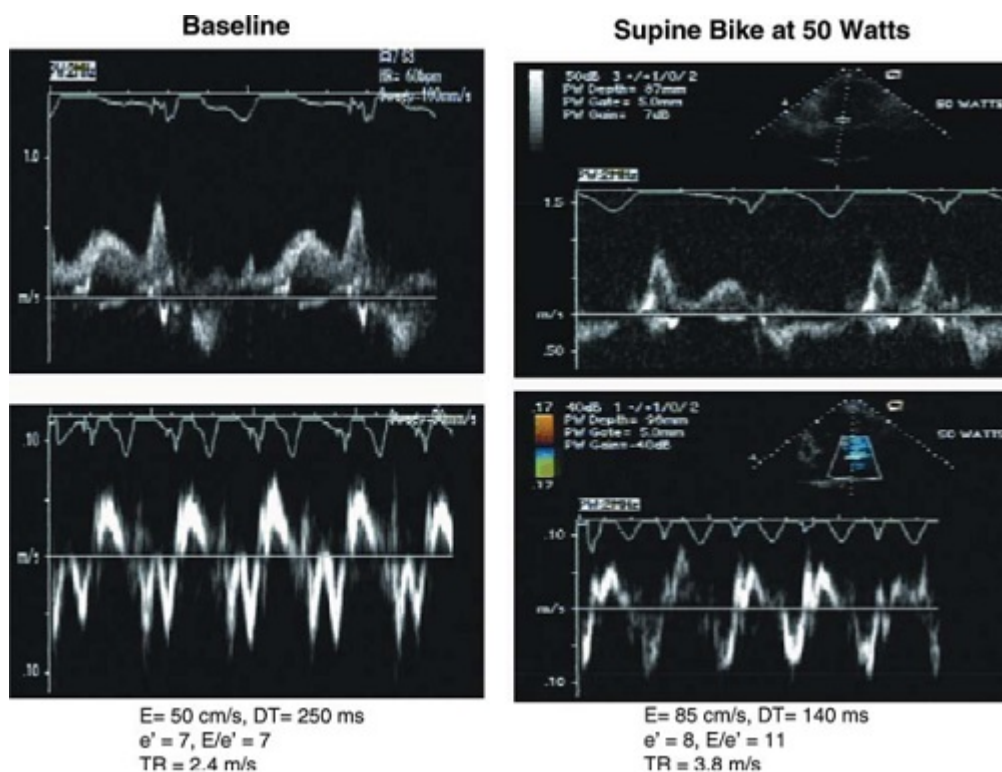
Попри це, розширення лівого передсердя не може використовуватися для діагностики ізольовано, завжди необхідна комплексна інтегральна оцінка.

Діастолічний стрес-тест

У багатьох пацієнтів з діастолічної дисфункцією з'являються симптоми, переважно при навантаженні, внаслідок підйому тиску наповнення ЛШ, потрібного для підтримання адекватного наповнення ЛШ та ударного об'єму. Таким чином, корисно оцінювати також тиск наповнення ЛШ підчас навантаження, подібно до того, як використовують проби з навантаженням у хворих з ішемічною хворобою серця або патологією мітрального клапана. Для цієї мети використовують E/E' . У суб'єктів з нормальним розслабленням ЛШ, швидкості E та E' збільшуються пропорційно, а співвідношення E/E' лишається незмінним чи зменшується. Втім, у пацієнтів з порушенням розслаблення міокарду, збільшення швидкості E' при навантаженні відбувається в меншій ступені, ніж швидкості раннього трансмітрального потоку E , що призводить до збільшення співвідношення E/E' (рис. 37). У зв'язку з цим було показано, що співвідношення E/E' достовірно корелює з тиском наповнення ЛШ підчас навантаження при одночасному проведенні доплерівської ехокардіографії та катетеризації серця. Крім того, час сповільнення раннього трансмітрального кровотоку DT у здорових суб'єктів підчас навантаження зменшується незначно, у той час, як у пацієнтів з підвищеним тиском наповнення ЛШ DT зменшується більше, ніж на 50 мс. У кардіологічних хворих підчас навантаження швидкість раннього трансмітрального кровотоку E зростає та лишається підвищеною ще декілька хвилин після припинення вправи, у той час як швидкість E' лишається зниженою як до навантаження, так і підчас навантаження та реституції. Таким чином, швидкості E та E' можуть бути записані після навантаження після аналізу регіональної скоротливості стінок в В-режимі. Далі, відстрочений запис доплерівських

швидкостей дозволяє запобігти зливання швидкостей E та A, що часто відбувається при підвищенні частоти серцевих скорочень. Навантаження звичайно виконується за допомогою протоколу з лежачим велоергометром, при цьому також записують спектр TR для оцінки систолічного тиску в легеневій артерії в спокої, підчас навантаження та релаксації.

Проба з навантаженням є найбільш корисною у пацієнтів з нез'ясованою задишкою при навантаженні з легкою діастолічною дисфункцією та нормальним тиском наповнення в спокої. Втім, брак



клінічних даних та потенційні обмеження у пацієнтів з регіональною дисфункцією ЛШ, патологією мітрального клапана та фібриляцією передсердь сьогодні поки що не дозволяють рекомендувати стресс-ехокардіографію для рутинного застосування.

Рис. 37. Запис доплерографії підчас навантаження у пацієнта із зниженим діастолічним резервом. У спокої доплерограма трансмітрального кровотоку вказує на порушення релаксації ЛШ із співвідношенням E/E'=7, та піковою швидкістю потоку TR 2,4 м/с. Підчас проби з фізичним

навантаженням з лежачим велоергометром відбулося зростання швидкості E та співвідношення E/A із одночасним скороченням DT. Співвідношення E/E' при навантаженні складає 11, а швидкість потоку TP = 3,8 м/с.

Алгоритм EACI та ASE 2016 дозволяє коректно оцінити діастолічну функції не у всіх пацієнтів. Особливі показники необхідно враховувати в окремих клінічних ситуаціях (табл. 9).

В ехокардіографічній лабораторії релаксація міокарда, жорсткість ЛШ та тиск наповнення можуть бути оцінені тільки непрямо, тому що оцінка гемодинамічних даних за допомогою УЗД часто включає спрощені припущення, що прийнятні для певної популяції пацієнтів, але можуть не підходити для всіх без винятку обстежуваних.

Допплерівські виміри показників діастолічної функції можуть демонструвати індивідуальну варіабельність та варіюють від дня до дня у одного і того самого пацієнта залежно від змін перед- і постнавантаження та симпатичного тону. У наукових дослідженнях реферативні значення для диференціації здорових та патологічних суб'єктів повинні враховувати вікову групу, з якої обирається суб'єкт для дослідження. Також при з'ясуванні взаємозв'язків та кореляцій із створенням статистичних моделей бажано досліджувати залежність доплерівських показників від статі, маси тіла та артеріального тиску.

Таблиця 9

Оцінка тиску наповнення ЛШ в спеціальних популяціях

Патологія	Виміри та порогові значення
------------------	------------------------------------

Фібриляція передсердь	Пікове прискорення ранньо-діастолічного потоку E ($\geq 1,900$ см/с ²), IVRT (≤ 65 мс), DT діастолічного потоку в легеневих венах (≤ 220 мс), E/Vp ($\geq 1,4$), та септальне E/E' (≥ 11)
Синусова тахікардія	Графіка трансмітрального потоку з домінуванням раннього наповнення ЛШ у пацієнтів з ФВ ЛШ $< 50\%$, IVRT ≤ 70 мс є специфічним (79%), систолічна фракція наповнення $\leq 40\%$ є специфічною (88%), латеральне E/E' > 10 (значення > 12 має найвищу специфічність 96%)
Гіпертрофічна кардіоміопатія	Латеральне E/E' (≥ 10), Ar – A (≥ 30 мс), систолічний тиск в ЛА (> 35 мм Hg), та індекс об'єму ЛП (≥ 34 мл/м ²)
Рестриктивна кардіоміопатія	DT (< 140 мс), мітральне E/A ($> 2,5$), IVRT (< 50 мс має високу специфічність), та септальне E/E' (> 15)
Некардіальна легенева гіпертензія	Латеральне E/E' може бути використане для відповіді, чи є саме кардіогенна етіологія причиною підвищення тиску в малому колі (кардіальна етіологія: E/E' > 10 ; некардіальна етіологія: E/E' < 8)
Мітральний стеноз	IVRT (< 60 мс має високу специфічність), IVRT/T _{E-e'} (< 4.2), трансмітральний пік A ($> 1,5$ м/с)
Мітральна регургітація	Ar – A (≤ 30 мс), IVRT (< 60 мс має високу специфічність), та IVRT/T _{E-e'} (< 3) можуть використовуватись для визначення тиску наповнення ЛШ у хворих з МР та нормальною ФВ ЛШ, у той час як середнє значення E/E' (> 15) може застосовуватись тільки при зниженій ФВ ЛШ

Оцінка систолічної функції у пацієнтів з артеріальною гіпертензією

Фракція викиду в стані спокою може не ідентифікувати субклінічну дисфункцію у пацієнтів з АГ. Нещодавно розроблена тривимірна ехокардіографія з відстеженням спеклів є цінним інструментом для виявлення пов'язаної з гіпертензією субклінічною систолічною дисфункцією і дозволяє оцінювати різні компоненти спрямованої деформації в серці. Спекл-трекінгові ехокардіографічні аномалії поздовжньої, окружний і радіальної деформації лівого шлуночка, а також скручування в основному відзначалися у неускладнених пацієнтів з гіпертонічною хворобою. Глобальний стрейн (GLS) був стандартизований в абсолютних значеннях, і були визначені нормальні контрольні значення GLS (> 20%). Цей показник має перевагу в порівнянні з ФВ для характеристики систолічної дисфункції ЛШ в популяції пацієнтів з АГ. Крім того, GLS здатний виявляти ранню субклінічну систолічну дисфункцію в обстежених з підвищеним артеріальним тиском навіть без гіпертрофії лівого шлуночка.

Можливість регресу параметрів ремоделювання лівого шлуночка і покращення діастолічної функції на тлі антигіпертензивного лікування

У пацієнтів з ГЛШ зменшення маси міокарда корелює зі зменшенням артеріального тиску. Однак бета-адреноблокатори мають менший вплив на ІММ, ніж блокатори рецепторів ангіотензину, антагоністи кальцію, інгібітори ангіотензинперетворюючого ферменту та діуретики попри зіставних ефектах щодо його зменшення АТ.

Опубліковані обмежені дані про зміни діастолічної функції на тлі лікування. У дослідженні VALIDD оцінений вплив вальсартана і повідомляється, що зменшення АТ покращує діастолічну функцію, незалежну від антигіпертензивного агента. Покращення діастолічної функції на тлі лікування амлодипіном у порівнянні з атенололом отримано в

дослідженні ASCOT, незалежно від змін артеріального тиску. Тим не менш, необхідні додаткові докази для з'ясування ефектів антигіпертензивних препаратів на діастолічну функцію у пацієнтів з гіпертонічною хворобою.

Вимірювання маси і геометрії ЛШ у динаміці за допомогою ехокардіографії має помірну чутливість до змін. Дослідження слід проводити не раніше, ніж 1 раз на 6 місяців. Необхідно враховувати, що значущими вважаються зміни понад 10% або краще 20%, що є приблизно рівним 1 стандартному відхиленню. Оцінку лівого передсердя доцільно проводити паралельно з реєстрацією змін маси лівого шлуночка. Прогностичне значення змін інших параметрів діастолічної функції потребує уточнення в подальших дослідженнях.

Основні аспекти та клінічна інтерпретація коронарографії

Коронарографія (КАГ) - це інвазивний рентгенконтрастний метод дослідження коронарних артерій (КА), який дозволяє встановити наявність атеросклеротичного ураження, його локалізацію і стан колатерального кровотоку.

КАГ застосовується для оцінки коронарного русла (визначення звужень та їх протяжності, ступеня вираженості та локалізації атеросклеротичних змін), визначення тактики лікування та прогнозу хворих із симптомами ішемічної хвороби серця (ІХС). Вона також застосовується для вивчення динаміки коронарного атеросклерозу, безпосередніх і віддалених результатів стентування, коронарного шунтування і медикаментозного лікування.

Історія виникнення методу дослідження.

У 1895 році професор фізики Вюрцбурзького університету Вільгельм Конрад Рентген (Wilhelm Conrad Röntgen) відкрив X-промені та виготовив перші рентгенівські трубки.

В 1929 році Werner Forssmann вперше виконав катетеризацію своїх правих відділів серця сечовідним катетером, введеним у ліву ліктвову вену під контролем флюороскопу. За ці досліді на собі він був звільнений з клініки в місті Еберсвальде (Німеччина) і позбавлений на все життя можливості займатися кардіологією.

У 1941 р А. Cournand і D. Richards вивчили параметри гемодинаміки при катетеризації серця у пацієнтів з ревматичними вадами серця. У 1956 році А. Cournand і D. Richards спільно з W. Forssmann за проведені дослідження отримали Нобелівську премію. Після смерті W. Forssmann у

1979 р клініка в м Еберсвальді поблизу Берліна, звідки його звільнили за 50 років до цього, отримала ім'я W. Forssmann.

У 1953 році Селдінгер розробив метод катетеризації як правих, так і лівих відділів серця. У 1958 році M. Sones вперше отримав чітке зображення коронарної артерії. А у 1962 році сформулював чіткі показання до проведення КАГ, детально описав техніку її проведення та вказав на можливі ускладнення. Іншим найважливішим винаходом M. Sones, став запис коронарографії на кіноплівку.

Починаючи з 1961 р до вивчення можливостей рентгенодіагностики оклюзійних уражень коронарних артерій в СРСР приступили Ю. С. Петросян в Інституті серцево-судинної хірургії АМН СРСР та його учень Л. С. Зінгерман. У 1971 р вони виконали першу в країні селективну коронарографію. Дослідження завершилися публікацією у 1974 р першої в країні монографії по КАГ, в якій автори порівняли різні методики КАГ, виділили ангіографічні ознаки уражень коронарних артерій, провели порівняння рентгенологічних даних з результатами ЕКГ і катетеризацією порожнин серця, а також зіставили дані гемодинаміки і фазової структури систоли у хворих коронарною недостатністю, що ускладнилася інфарктом міокарда.

Анатомія коронарних артерій

Коронарні артерії відходять від синусів Вальсальви (рис 38). У більшості випадків ліва КА починається стовбуром від лівого коронарного синуса. Стовбур лівої КА ділиться на передню низхідну і огинаючу артерії.

Передня низхідна артерія йде по передній міжшлуночковій борозні до верхівки серця, віддаючи діагональні і септальні гілки. Передня низхідна

артерія кровопостачає передню стінку, передній відділ міжшлуночкової перегородки, верхівку і частину бічної стінки лівого шлуночка.

Огинаюча артерія йде по лівій передсердно-шлуночковій борозні і дає початок гілкам тупого краю і лівопередсердним гілкам. Зона її кровопостачання – задня і бічна стінки лівого шлуночка, а також ліве передсердя.

Права КА відходить від правого коронарного синуса і йде по правій передсердно-шлуночковій борозні. У проксимальній третині від неї відходять конусна гілка і артерія синусового вузла, в середній третині – правошлуночкові гілки і гілки гострого краю, дистальна третина представлена задньо-боковою і задньою низхідною артеріями. Права КА кровопостачає правий шлуночок, легеневий стовбур, синоатріальний вузол, нижню стінку лівого шлуночка, задній відділ міжшлуночкової перегородки та атріовентрикулярний вузол.

Задня низхідна артерія, що йде по задній міжшлуночковій борозні, визначає *тип коронарного кровопостачання*. У 85% випадків зустрічається правий тип коронарного кровопостачання, коли задня низхідна артерія відходить від правої коронарної артерії. Лівий тип кровопостачання зустрічається в 8% випадків, при цьому задня низхідна артерія відходить від огинаючої артерії. Якщо в кровопостачанні зони задньої міжшлуночкової борозни беруть участь права і ліва КА – такий тип коронарного кровопостачання називають змішаним. Частота його виявлення – близько 7%.

У таблиці 10 наведені показання до проведення КАГ відповідно до рекомендацій Європейського товариства кардіологів.

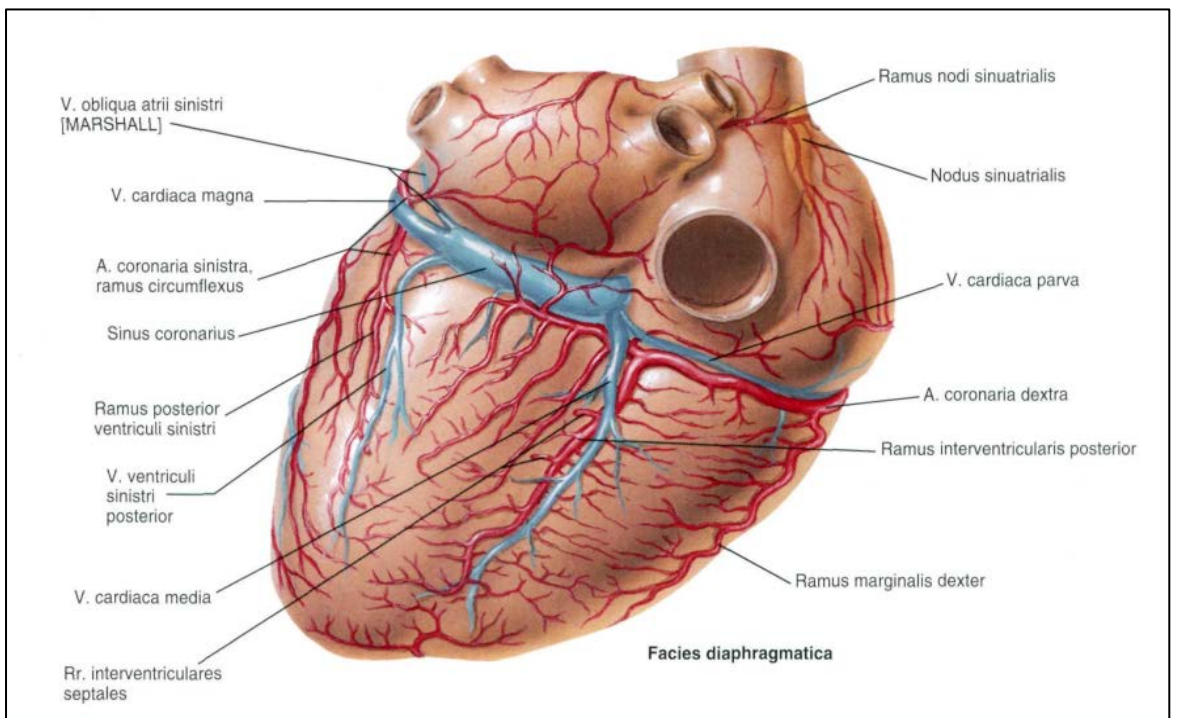
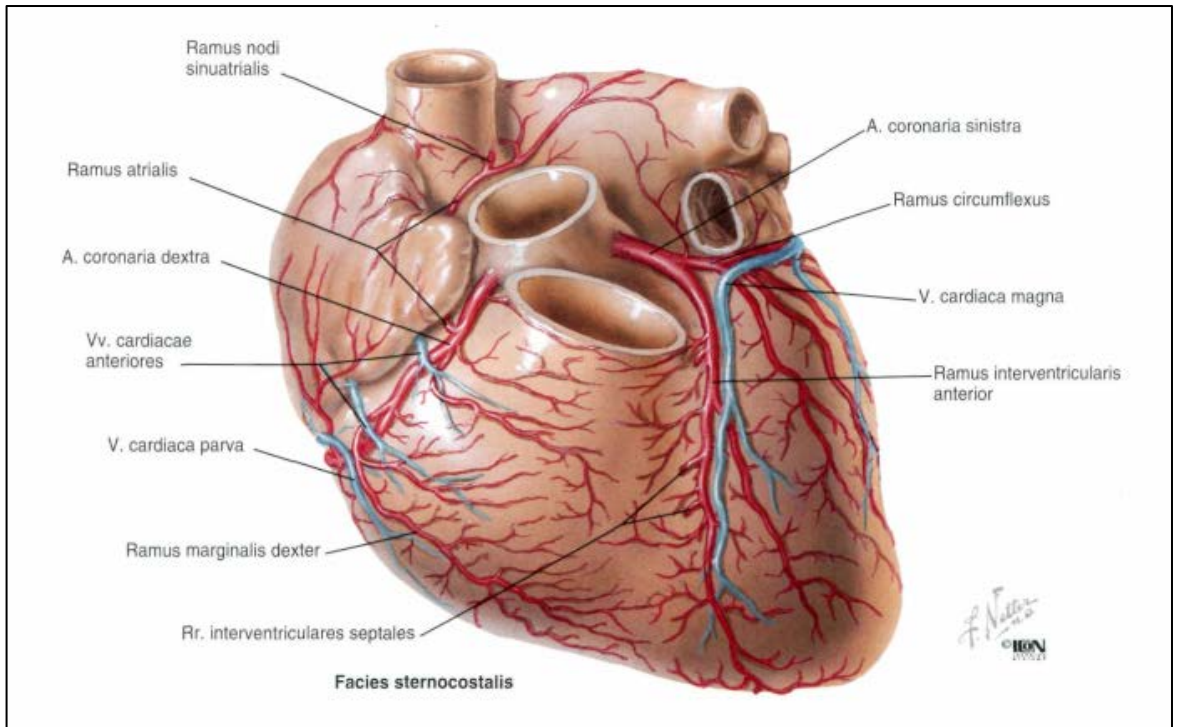


Рис. 38 - Коронарні артерії та вени серця

Показання до проведення коронарографії у контексті рекомендацій:

	Клас	Рівень
Діагностика та лікування хронічного коронарного синдрому згідно до рекомендацій Європейського товариства кардіологів, 2019		
для верифікації хронічної коронарної хвороби у пацієнтів із високою клінічною вірогідністю та виразною рефрактерністю симптомів до терапії, типовим ангінозним болем при виконанні незначних фізичних навантажень або клінічною оцінкою, яка вказує на високий ризик. Інвазивна функціональна діагностика має бути доступна та виконана для оцінки стенозу перед реваскуляризацією, (виключення - високий ступень стенозу >90%).	I	B
У пацієнтів з імовірним або встановленим діагнозом СН, згідно до рекомендацій Європейської асоціації кардіологів, 2017		
Інвазивна КАГ рекомендується пацієнтам з СН і стенокардією, стійка до терапії, або симптоматичною шлуночковою аритмією, або раптовою зупинкою серця (які вважаються потенційно придатними для реваскуляризації) з метою встановлення діагнозу ІХС і ступеня його тяжкості.	I	C
Доцільність виконання інвазивної коронарної ангіографії слід розглядати у хворих із СН і проміжною/високою претестовою вірогідністю ІХС та наявністю ішемії за даними неінвазивних стрес-тестів (якщо пацієнтів вважають такими, що відповідають	IIa	C

критеріям для проведення коронарної реваскуляризації). Мета виконання – встановити діагноз ІХС та оцінити її тяжкість		
У пацієнтів з ГКС з елевацією сегмента ST, згідно до рекомендацій Європейського товариства кардіологів,		
Показано проведення ранньої КАГ (в найближчі 24 години) при повному припиненні симптомів і нормалізації сегмента ST - спонтанно або після використання нітрогліцерину (за умови відсутності рецидиву симптомів або немає нової елевації сегмента ST).	I	C
Клапанна хвороба серця, згідно до рекомендацій Європейського товариства кардіологів, 2017		
КАГ рекомендується перед клапанною хірургією у пацієнтів з тяжкою КХС і будь-яким з наступних факторів: <ul style="list-style-type: none"> • серцево-судинні захворювання в анамнезі; • підозра на ішемію міокарда; • систолічна дисфункція ЛШ; • чоловіки старше 40 років і жінки в постменопаузі; • один або кілька факторів ризику серцево-судинних захворювань. 	I	C
КАГ рекомендується в рамках обстеження при вторинній мітральній недостатності від помірної до тяжкого ступеня.	I	C
Синкопальні стани, згідно до рекомендацій Європейського товариства кардіологів, 2018		

КАГ у пацієнтів з синкопе повинна проводитися за тими ж показаннями, як і в осіб без синкопе.	Па	С
---	----	---

Протипоказання до проведення коронарографії:

Абсолютних протипоказань на теперішній час немає, крім відмови хворого від проведення процедури.

Відносні протипоказання:

- неконтрольовані шлуночкові аритмії (тахікардія, фібриляція);
- неконтрольована гіпокаліємія або дигіталісна інтоксикація;
- неконтрольована висока артеріальна гіпертензія;
- різні гарячкові стани, активний ендокардит;
- порушення згортання крові;
- алергія на контрастні речовини і непереносимість йоду;
- гостра ниркова недостатність або тяжка хронічна ниркова недостатність;
- активна шлунково-кишкова кровотеча;
- гостре порушення мозкового кровообігу;
- тяжка анемія.

Підготовка пацієнта

Необхідно зібрати детальний анамнез, акцентуючи увагу на алергологічному статусі, раніше перенесених втручаннях, наявності супутніх захворювань. Обстеження включає: електрокардіограму, загальний і біохімічний аналіз крові. Не слід приймати їжу за 6 годин до процедури, потрібно забезпечити внутрішньовенний доступ і провести премедикацію седативними і антигістамінними препаратами. Після дослідження випити або ввести внутрішньовенно не менше 1 літра рідини.

Артеріальні доступи для проведення коронарографії

В даний час застосовуються феморальний, променевиий, плечовий, ліктювий доступи. Найчастіше використовуються феморальний (стегновий) і променевиий доступи.

Феморальний доступ. Перед проведенням місцевої анестезії лікар повинен визначити анатомічні орієнтири, такі як пахова зв'язка, що йде від переду верхнього гребеня клубової кістки до лонного горбка. Стегнова артерія перетинає пахову зв'язку в точці, розташованій на 1/3 від медіального кінця зв'язки. Артеріальний пульс добре пальпується на 2–3 пальця нижче пахової зв'язки, це місце і є оптимальним місцем пункції. Вибір місця для пункції стегнової артерії є одним із найважливіших моментів: при пункції вище пахової складки збільшується ризик кровотечі в заочеревинному просторі, всвою чергу, низький рівень пункції стегнової артерії може призвести до розвитку псевдоаневризми і артеріовенозних мальформацій. У разі вираженого ожиріння, звивистості і при вираженому атеросклеротичному ураженні клубових артерій, аневризмі аорти використання стегового доступу може бути ускладнене або протипоказано. Після проведення місцевої анестезії в місці пункції робиться неглибока насічка шкіри скальпелем. Прокол виконується під кутом 45° до поверхні тіла, по можливості – тільки передньої стінки артерії, зріз голки повинен бути повернутий догори. При появі струменя крові з голки в неї вводиться діагностичний провідник (0,035") з J-подібним кінчиком. Далі голка видаляється і по провіднику вводиться інтродюсер.

Радіальний доступ. Даний доступ має як свої переваги, так і недоліки. Перевагами пункції променевої артерії в ділянці зап'ястка є простота гемостазу, більш рання активізація хворого, менша кількість місцевих ускладнень. При радіальному доступі можуть виникати труднощі з проведенням катетера до висхідної частини аорти через звивистість і схильність до спазму променевої, плечової та підключичної артерій, а також

у більшості випадків відсутня можливість установки інтродюсерів діаметром більше 6F. Після проведення місцевої анестезії виконується пункція променевої артерії тонкою голкою під кутом 30-45° в місці найкращої пульсації, без попередньої шкірної насічки. Після появи крові з канюлі голки до неї вводиться провідник з прямим кінчиком (0,021’’), пункційна голка видаляється, за провідником встановлюється інтродюсер для радіального доступу довжиною від 5 до 23 см, при необхідності можна зробити шкірну насічку для полегшення його проведення. Ускладнення коронарографії КАГ є порівняно безпечним методом, з накопиченням досвіду її проведення ризик серйозних ускладнень невеликий: інфаркт міокарда 0,06–0,09%; гостре або минуле порушення мозкового кровообігу 0,07–0,20%; аритмія 0,38%; смертність 0,05%. Приблизно у 1,6% пацієнтів можуть виникнути ускладнення з боку місця пункції (кровотеча, гематоми, тромботичні оклюзії, псевдоаневризма артерії, артеріовенозні фістули, диссекції та спазми судин), що в ряді випадків може потребувати хірургічного лікування або переливання крові. Дуже рідко можливі такі ускладнення, як ушкодження стінки серця, виражена алергічна реакція на контрастну речовину, контраст-індукована нефропатія, лактоацидоз, мікроемболія, інфекційні ускладнення.

Фактори ризику ускладнень

Кардіальні фактори:

- кардіогенний шок;
- інфаркт міокарда;
- кардіоміопатії;
- недостатність кровопостачання;
- фракція викиду менше 35%;
- трьохсудинне ураження коронарного русла;
- ураження стовбура лівої коронарної артерії;
- тяжкі вади аортального та/ або мітрального клапана;

- гіпотензія;
- легенева гіпертензія;
- порушення процесів коагуляції;
- неконтрольована артеріальна гіпертензія;
- тяжкий атеросклероз периферичних артерій.

Екстракардіальні фактори:

- тяжкі вроджені вади розвитку;
- неконтрольовані показники глікемії;
- кахексія або ожиріння;
- вік старше 70 років;
- тяжка хронічна обструктивна хвороба легень з дихальною недостатністю;
- хронічна ниркова недостатність з показниками кліренсу креатиніну менше 60 мл/хв;
- тяжка анемія (рівень гемоглобіну нижче 80 г/л).

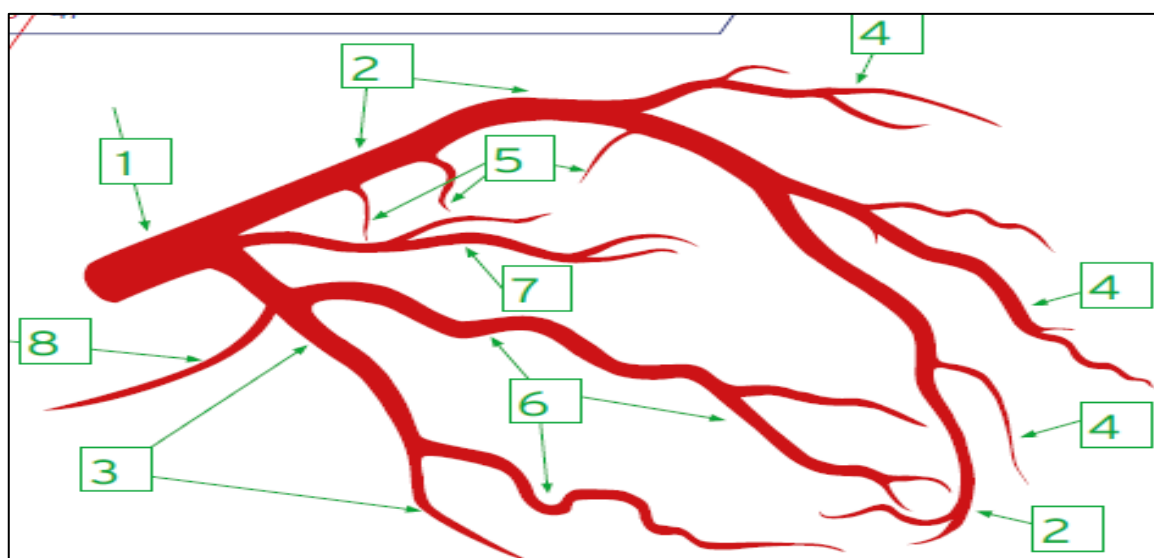
Проекції для проведення коронарографії

Катетер підводиться до лівого або правого коронарного синуса по провіднику з J-кінчиком. Далі катетер розгортається за або проти годинникової стрілки в проекції гирла лівої або правої КА під постійним рентгенологічним контролем в прямій проекції (для лівої КА) і в лівій косій проекції (для правої КА) до позиціонування кінчика катетера коаксіально в гирлі лівої або правої КА. При зйомці кожної проекції слід використовувати 3–7 мл контрастної речовини, тривалість кожної сцени має бути не менше 3 циклів серцевих скорочень, при наявності колатерального кровотоку протяжність сцени повинна бути збільшена. Одне з найбільш серйозних ускладнень КАГ – фібриляція шлуночків, яка найчастіше виникає при катетеризації правої КА. Основними причинами фібриляції шлуночків є

заклинювання катетера в гирлі правої КА, селективне контрастування гілки синусового вузла, надмірна кількість контрасту на одну ін'єкцію, велика швидкість і тривалість його введення.

Для оцінки лівої КА зазвичай використовують п'ять стандартних проєкцій.

1. Права коса (15–25°) каудальна (15–35°) проєкція. Проєкція допомагає оцінити стовбур лівої КА, проксимальний і дистальний сегменти передньої низхідної артерії, проксимальний і середній сегмент огинаючої артерії та гілки тупого краю. Також може бути оцінена середня і дистальна третини проміжної гілки (в разі трифуркації стовбура лівої КА). У даній проєкції вкорочується середній сегмент передньої низхідної артерії та дистальна третина огинаючої артерії, проксимальна третина проміжної гілки (рис. 39, 40, 41).



- 1 стовбур лівої КА
- 2 передня низхідна артерія
- 3 огинаюча артерія
- 4 діагональна гілка
- 5 септальні гілки
- 6 гілка тупого краю
- 7 інтермедіарна гілка
- 8 лівопередсердна гілка

Рис. 39 – Ліва КА у правій косій каудальній проєкції

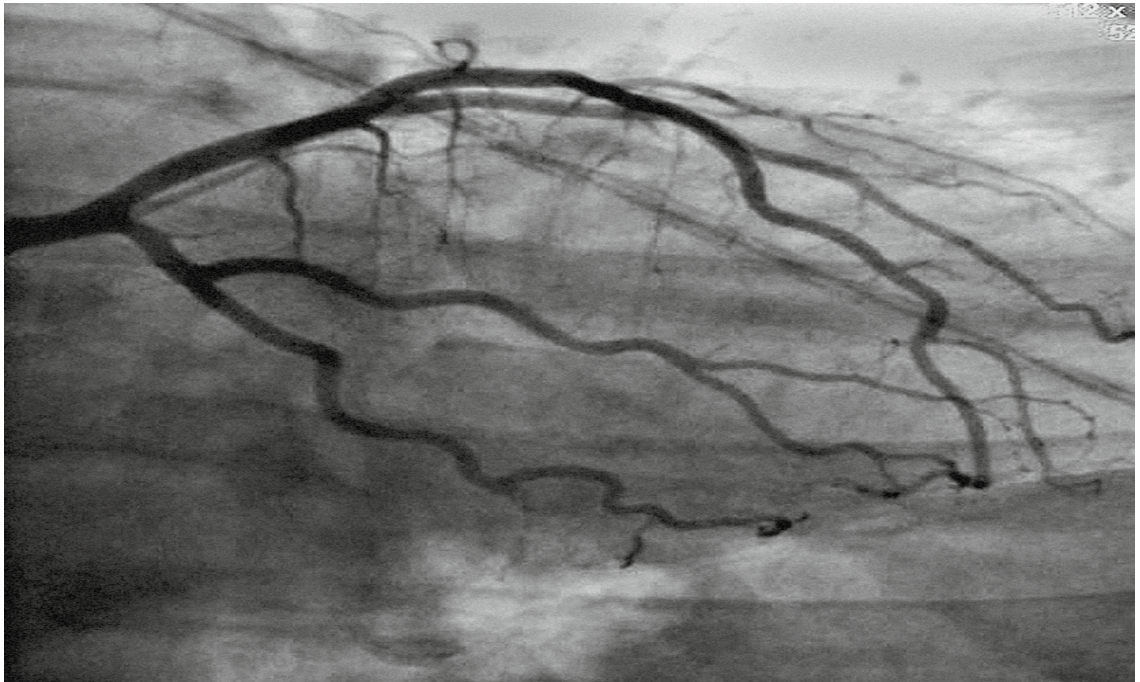


Рис. 40 - Ангіограма лівої КА у правій косій каудальній проекції

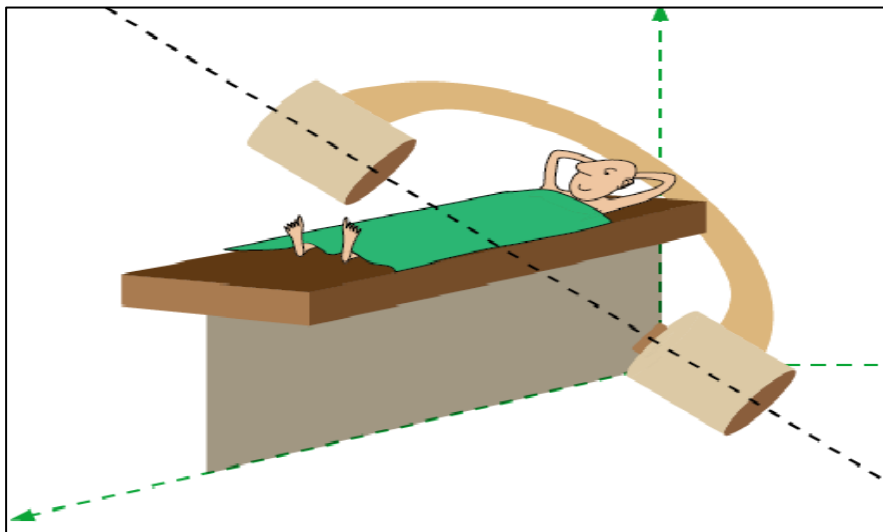


Рис. 41 – Положення ангіографа при правій косій каудальній проекції

2. Права коса (10–25°) краніальна (30–40°) проекція. Оцінюється гирло стовбура лівої КА, середній і дистальний сегмент передньої низхідної артерії, діагональні та септальні гілки, а також дистальний сегмент огинаючої артерії при вираженому лівому типі кровопостачання. Проекція вкорочує

проксимальний сегмент передньої низхідної артерії, проксимальний і середній сегменти огинаючої артерії, гілку тупого краю (рис. 42,43,44).

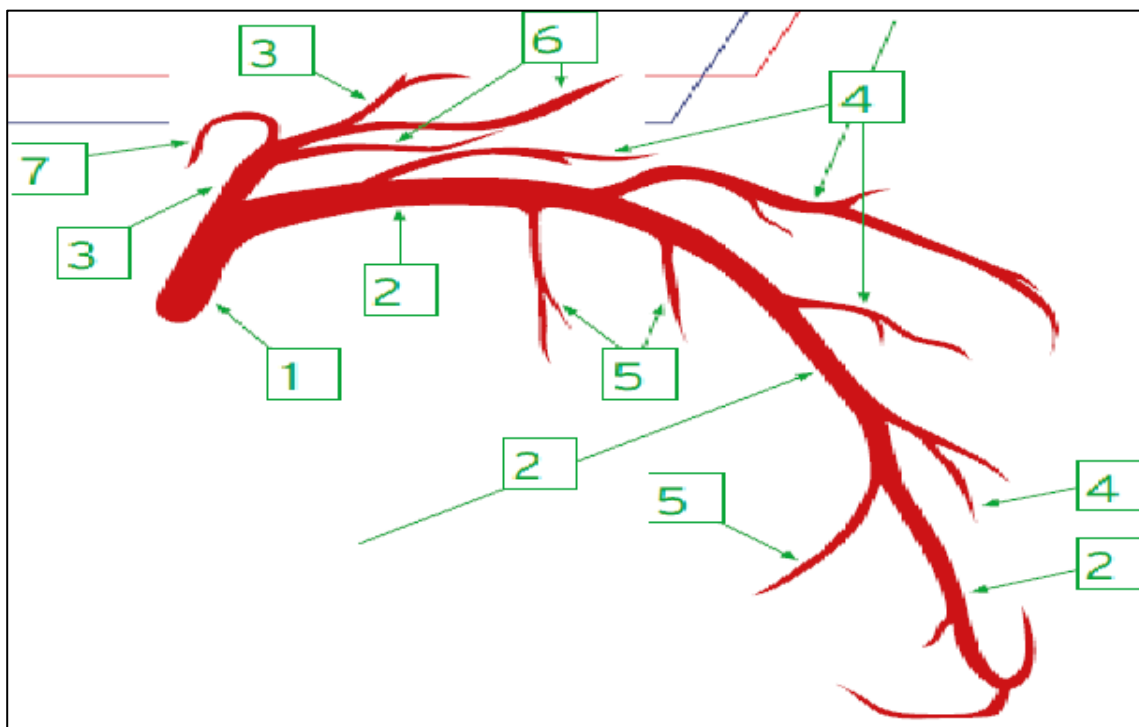


Рис. 42 – Ліва КА у правій косій краніальній проекції



Рис. 43. Ангіограма лівої КА у правій косій краніальній проекції

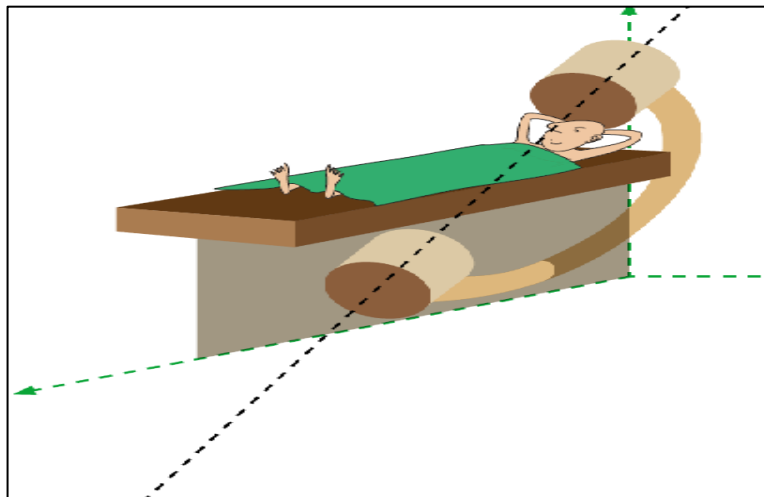


Рис. 44. Положення ангиографа при правій косій краніальній проекції

3. Ліва коса (25–45°) краніальна (30–45°) проекція. Оцінюється гирло стовбура лівої КА, середній і дистальний сегмент передньої низхідної артерії, діагональні гілки, а також дистальний сегмент огинаючої артерії. У проекції виникає вкорочення проксимального сегмента передньої низхідної артерії; проксимальний сегмент огинаючої артерії та гілки тупого краю часто накладаються одна на одну, знижуючи діагностичну цінність цієї проекції (рис. 45, 46, 47).

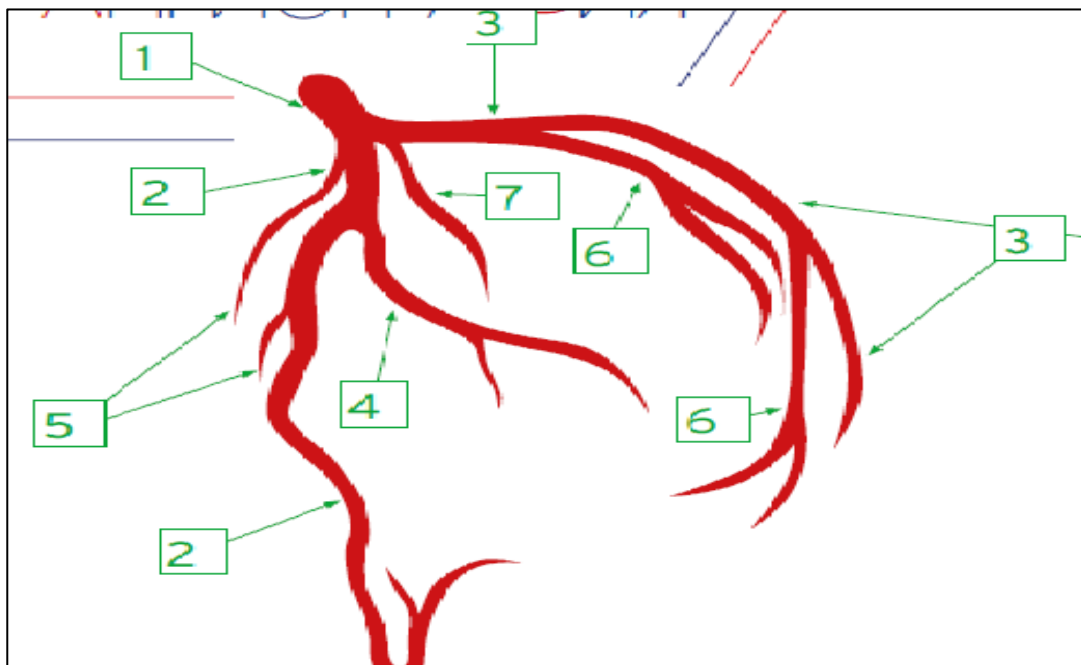


Рис. 45 Ліва КА у лівій косій краніальній проекції

Примітка: 1 стовбур лівої КА; 2 передня низхідна артерія; 3 огинаюча артерія; 4 діагональна гілка; 5 септальні гілки; 6 гілка тупого краю; 7 інтермедіарна гілка.



Рис. 46. Ангіограма лівої КА у лівій косій краніальній проекції

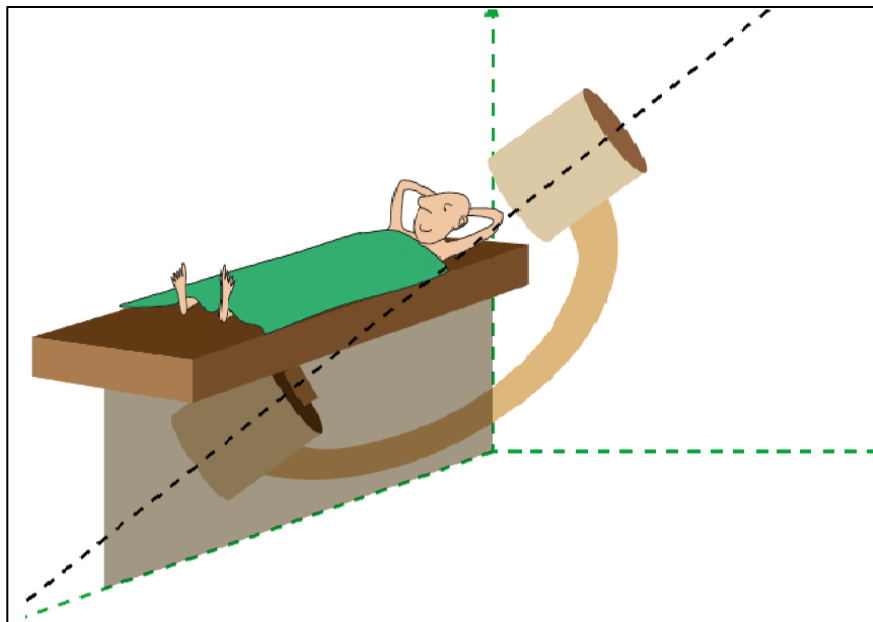
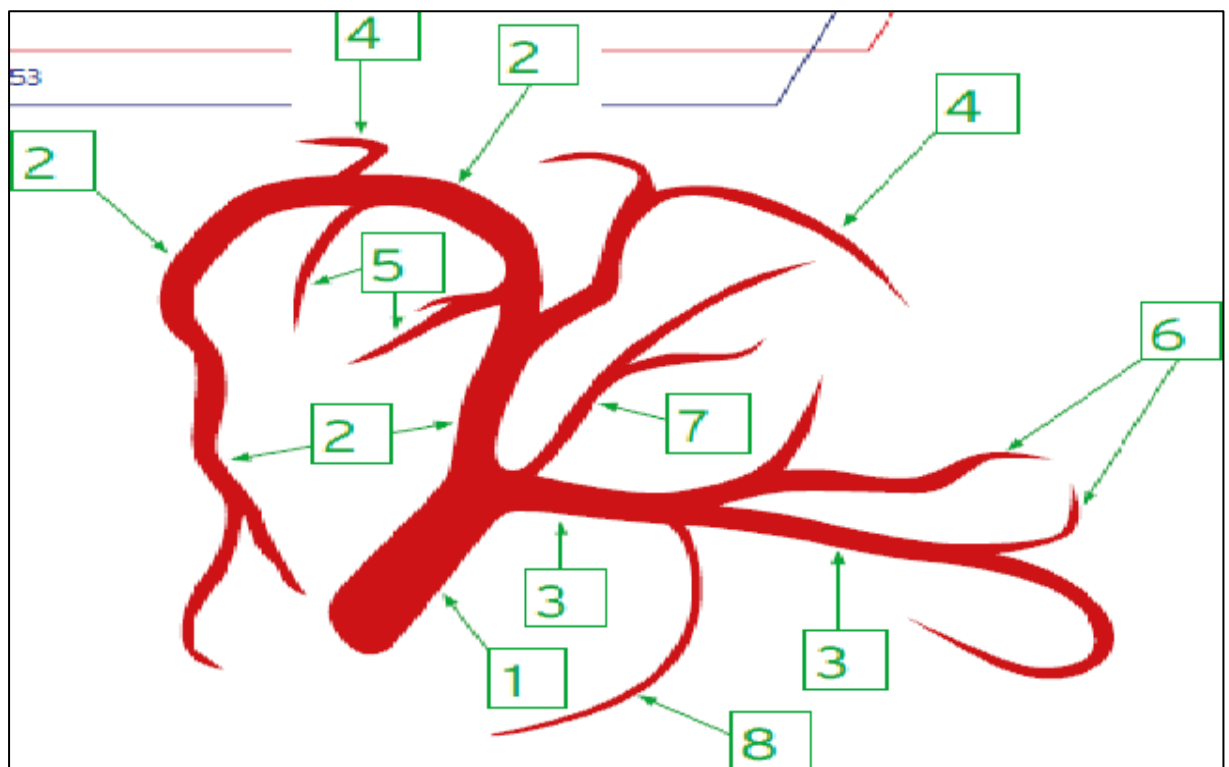


Рис. 47. Положення ангіографа при лівій косій краніальній проекції

4. «Павук» – ліва коса (45–60°) каудальна (25–35°) проекція. Оцінює гирло, середній і дистальний відділи стовбура лівої коронарної артерії, проксимальний сегмент передньої низхідної артерії та її діагональні гілки, а також проксимальний сегмент огинаючої артерії, гілки тупого краю. Також може бути оцінена проксимальна третина проміжної гілки (в разі трифуркації стовбура лівої КА). Дана проекції вкорочує середні і дистальні сегменти передньої низхідної артерії та огинаючої артерії, середні і дистальні третини їх гілок (рис. 48, 49, 50).



- 1 стовбур лівої КА
- 2 передня низхідна артерія
- 3 огинаюча артерія
- 4 діагональна гілка
- 5 септальні гілки
- 6 гілка тупого краю
- 7 інтермедіарна гілка; 8 лівопередсердна гілка

Рис. 48. Ліва КА у лівій косій каудальній проекції

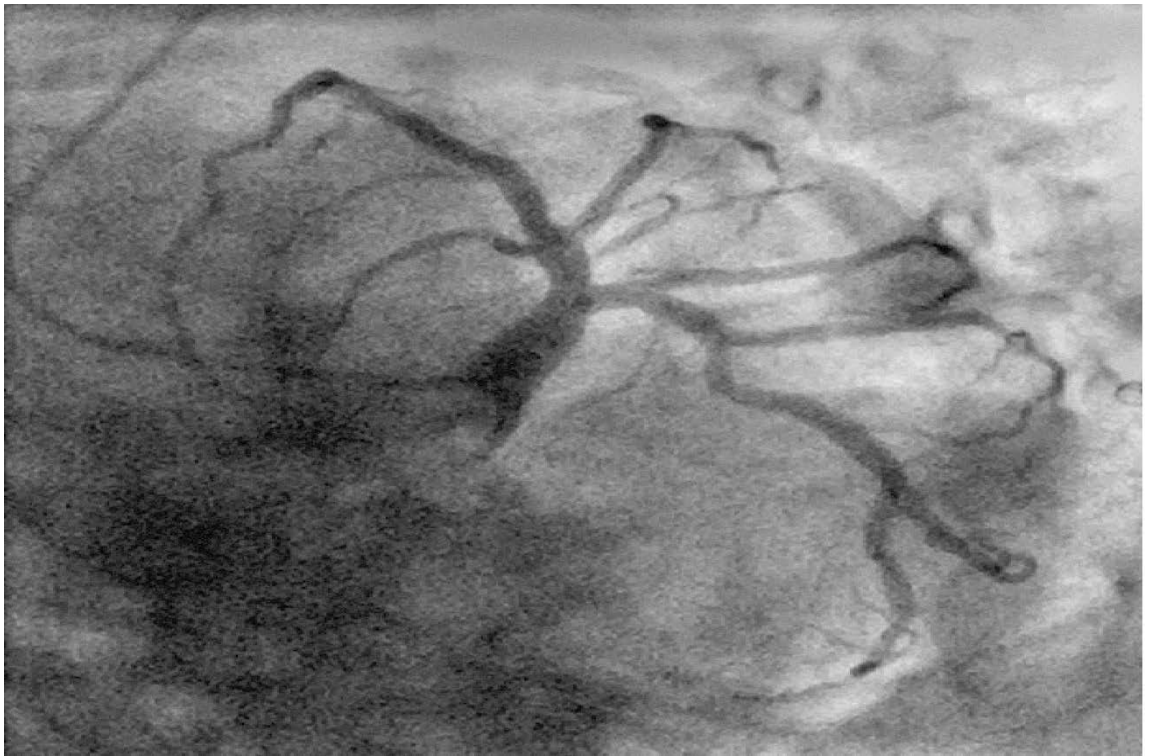


Рис. 49. Ангіограма лівої КА у лівій косій каудальній проекції

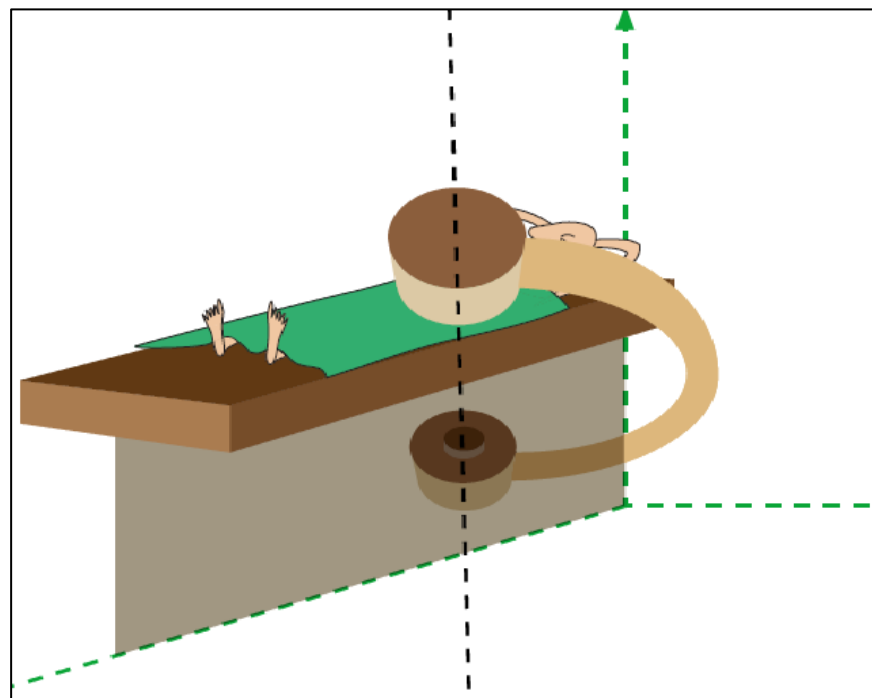
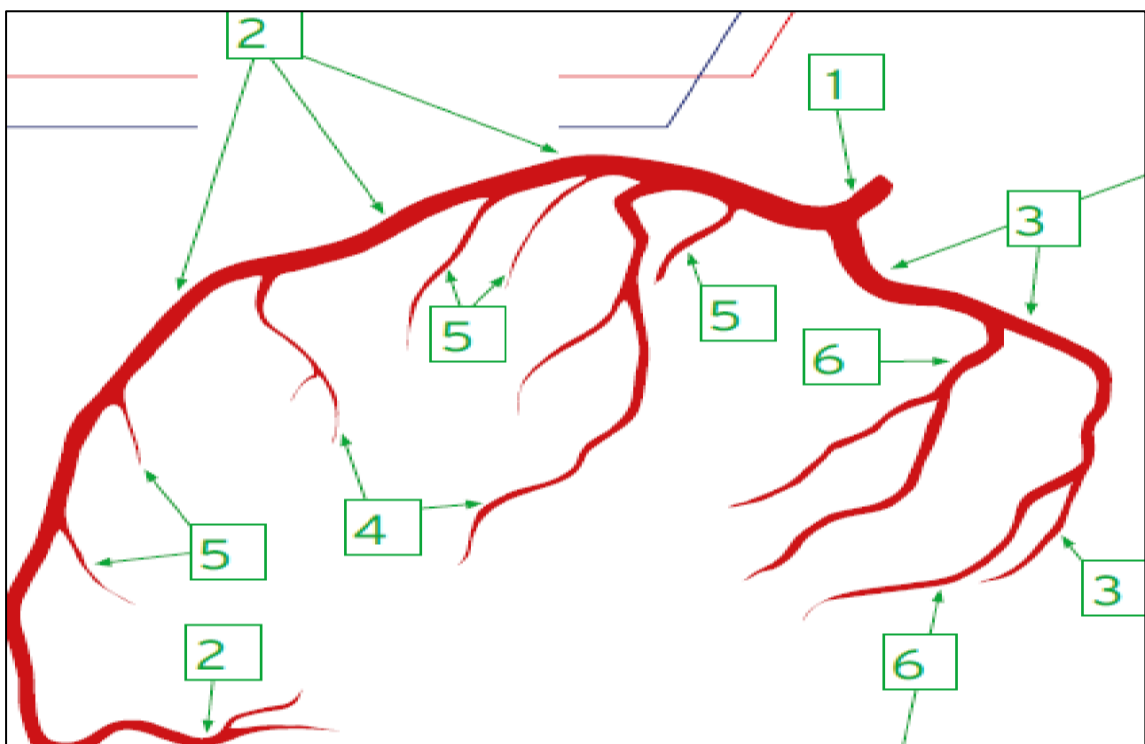


Рис. 50. Положення ангіографа при лівій косій каудальній проекції

5. Ліва бічна (90°) проекція. У цій проекції оцінюється вся передня низхідна артерія та її діагональні і септальні гілки, а також проксимальний і

дистальний сегмент огинаючої артерії, також може бути оцінена середня і дистальна третина проміжної гілки (в разі трифуркації стовбура лівої коронарної артерії). Крім того, в деяких випадках нестандартного відходження і розгалуження лівої КА проекція дозволяє чітко визначити передню низхідну артерію та огинаючу артерію. Передня низхідна артерія проходить по лівому контуру серця, а огинаюча артерія – по правому. Недоліком проекції є часте накладання гілок тупого краю на огинаючу артерію (рис. 51, 52, 53).



- 1 стовбур лівої КА
- 2 передня низхідна артерія
- 3 огинаюча артерія
- 4 діагональна гілка
- 5 септальні гілки
- 6 гілка тупого краю

Рис. 51. Ліва КА у лівій боковій проекції



Рис. 52. Ангіограма лівої КА у лівій боковій проекції

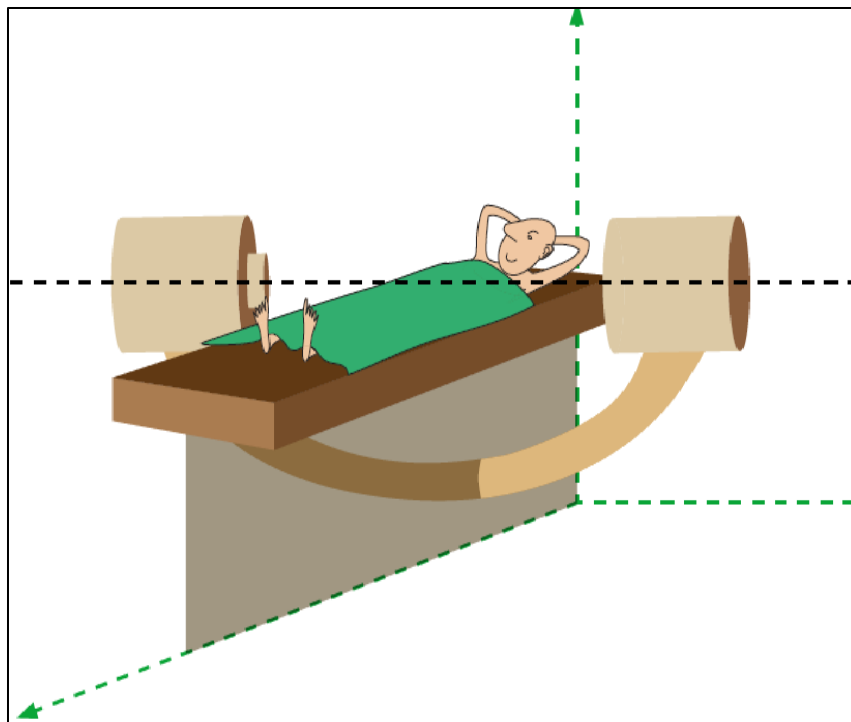


Рис. 53. Положення ангіографа при лівій боковій проекції

Для оцінки правої КА використовують чотири стандартні проекції.

1. *Ліва коса проекція (45–60°).*

Оцінює гирло, проксимальний і середній сегменти правої КА. У даній проекції виникає вкорочення дистального сегмента правої КА (рис. 54, 55, 56).

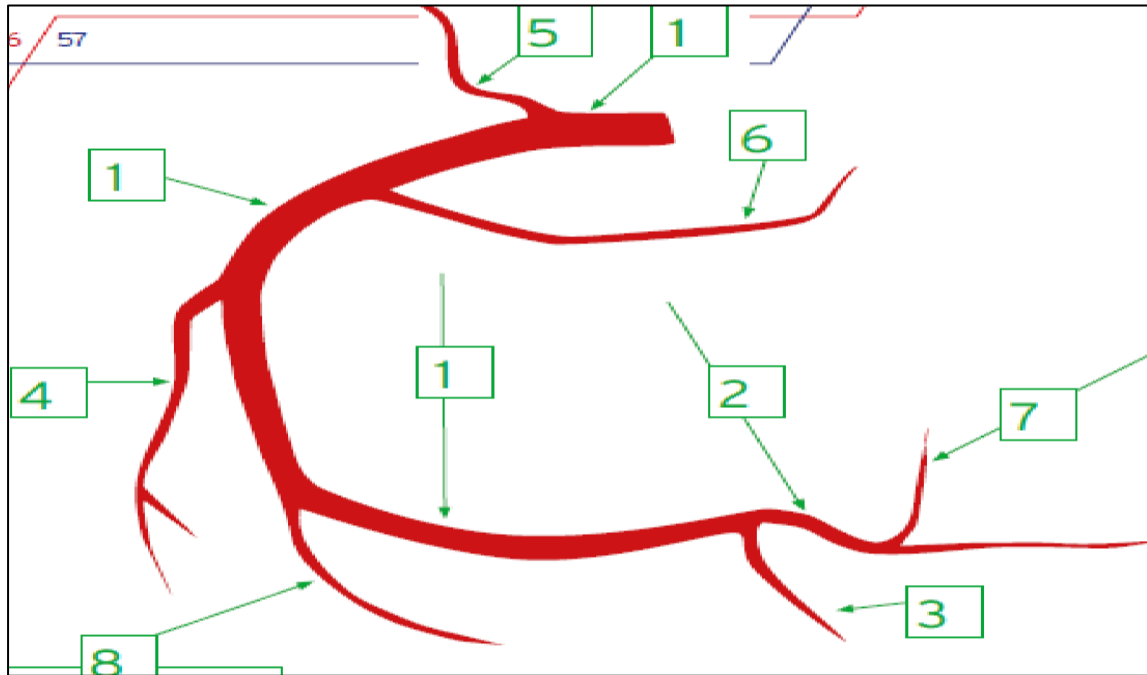


Рис. 54. Права КА у лівій косій проекції

Примітка : 1 права КА; 2 задньобокова гілка; 3 задня низхідна гілка; 4 правошлуночкова гілка; 5 гілка синусового вузла; 6 конусна гілка; 7 гілка АВ-з'єднання; 8 гілка гострого краю; 8 гілка гострого краю

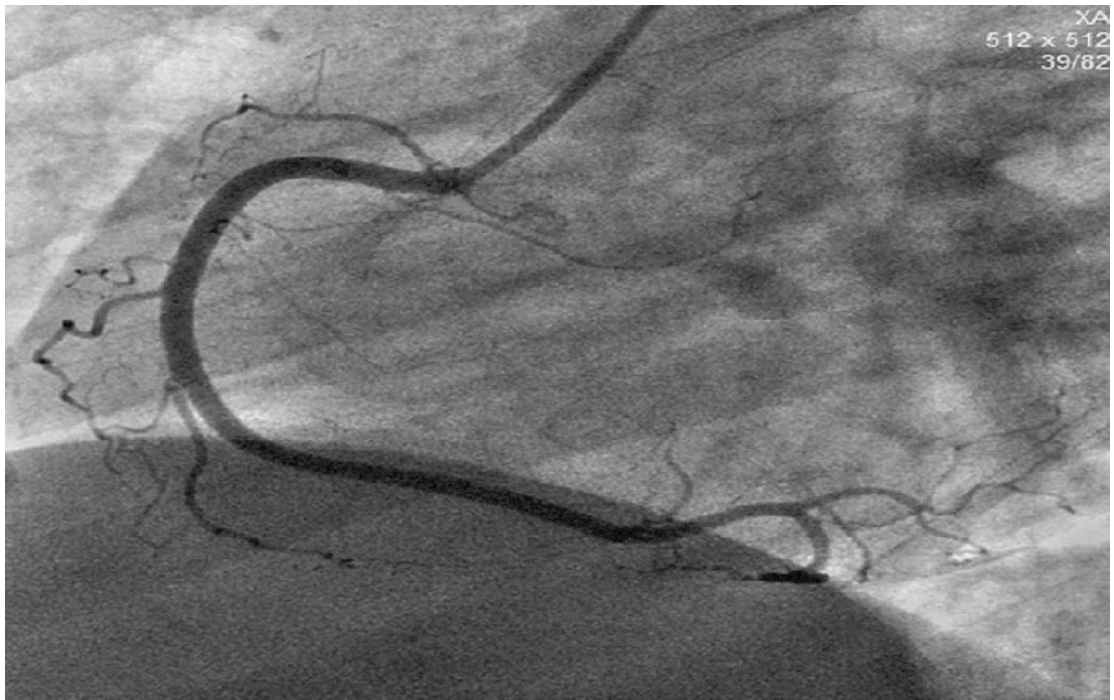


Рис. 55. Ангіограма правої КА у лівій косій проекції

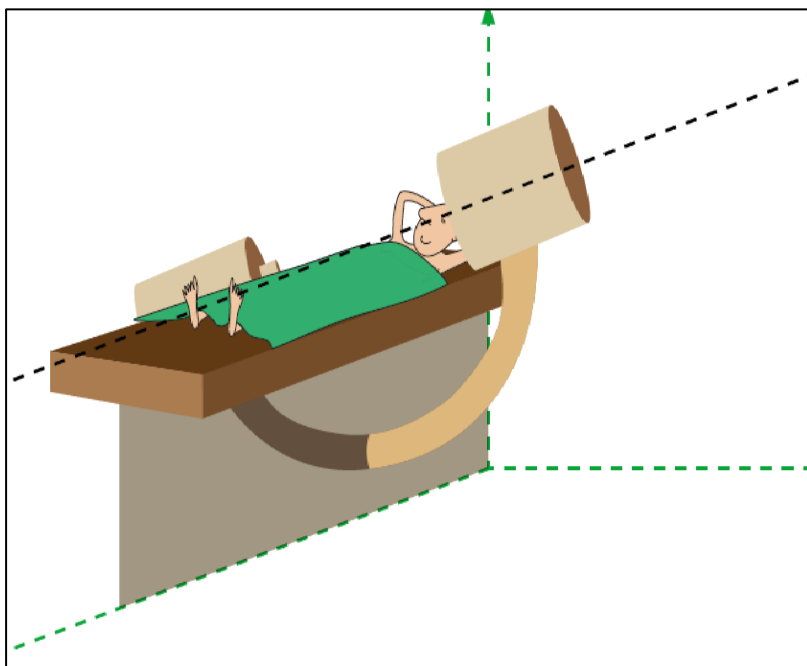


Рис. 56. Положення ангіографа у лівій косій проекції

2. *Ліва коса (25–45°) краніальна (30–40°) проекція.*

За допомогою проєкції оцінюється середній сегмент, «зона біфуркації» та проксимальна третина задньо-бокової і задня низхідна гілка правої КА. У проєкції виникає вкорочення проксимального сегмента правої коронарної артерії, а також середніх і дистальних третин задньо-бокової та задньо-низхідної гілок правої КА (рис. 57, 58, 59).

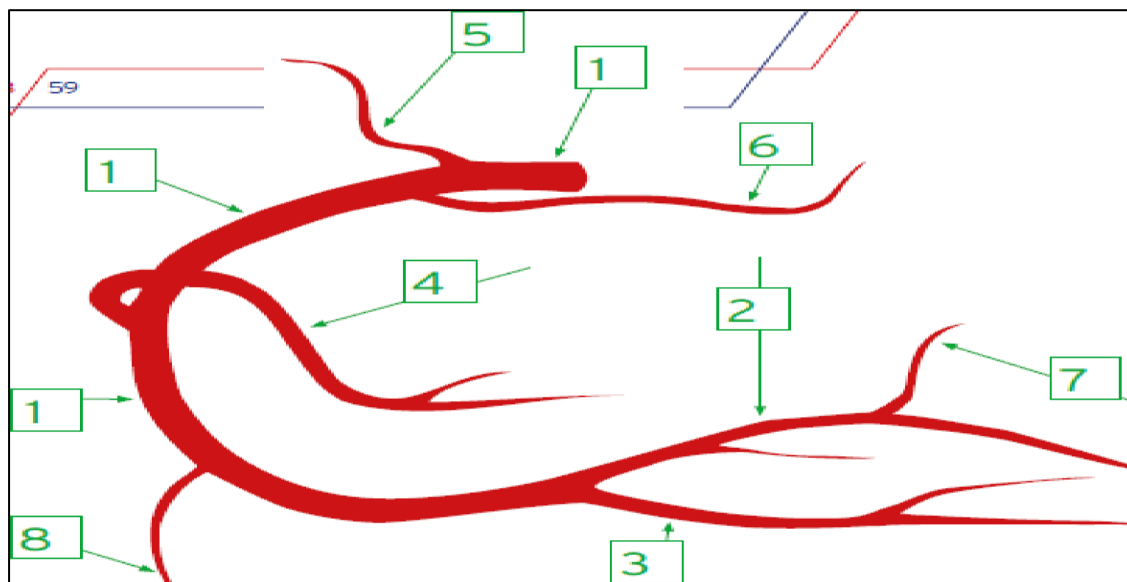


Рис. 57. Права КА у лівій косій краніальній проєкції.

Примітка : 1 права КА; 2 задньо-бокова гілка; 3 задня низхідна гілка; 4 правошлуночкова гілка; 5 гілка синусового вузла; 6 конусна гілка; 7 гілка АВ-з'єднання; 8 гілка гострого краю; 8 гілка гострого краю

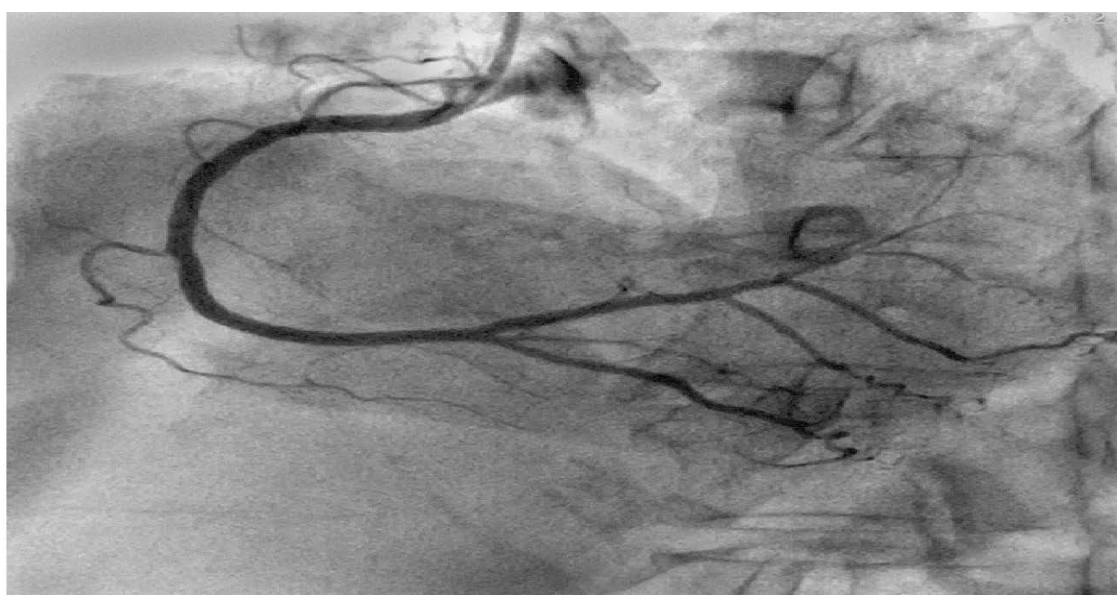


Рисунок 58. Ангіограма правої КА у лівій косій краніальній проєкції

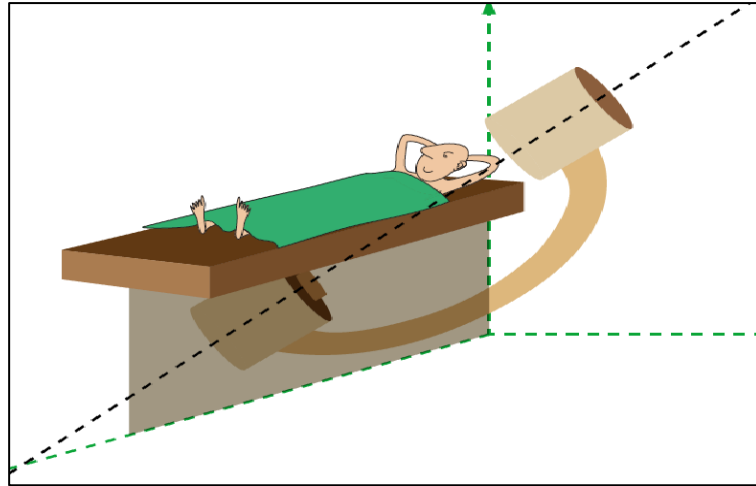


Рис. 59. Положення ангиографа у лівій косій краніальній проекції

3. Права коса (45–70°) каудальна (0–35°) проекція. У цій проекції оцінюється середній сегмент правої коронарної артерії, правошлуночкова гілка, що відходить від неї, та гілки гострого краю. У цій проекції виникає вкорочення проксимального і дистального сегмента правої КА (рис. 60, 61, 62).

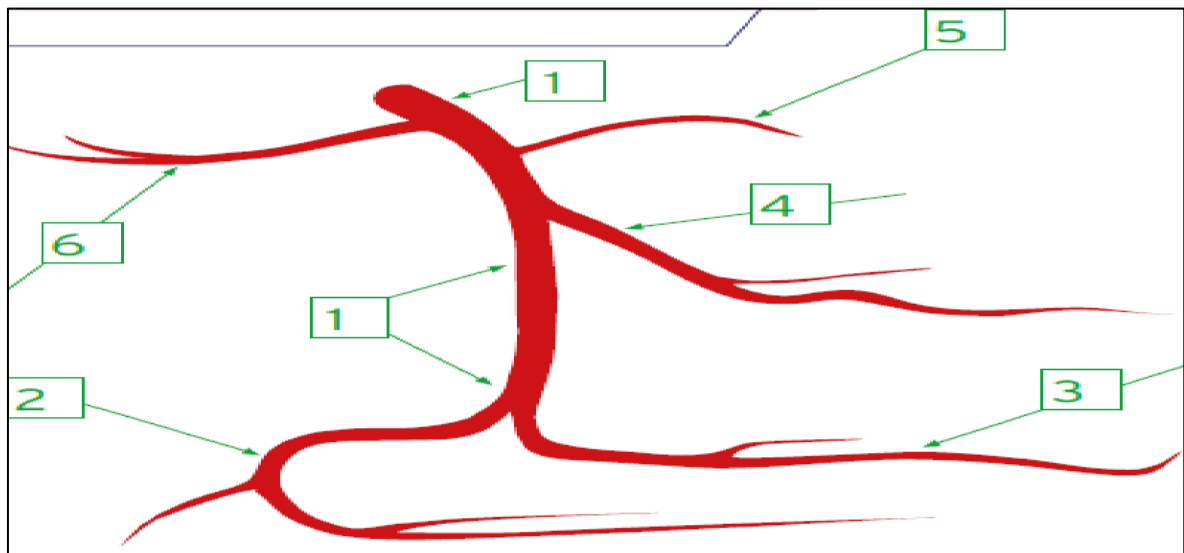


Рис. 60. Права КА у правій косій каудальній проекції

Примітка : 1 права КА; 2 задньобочова гілка; 3 задня низхідна гілка; 4 правошлуночкова гілка; 5 гілка синусового вузла; 6 конусна гілка;

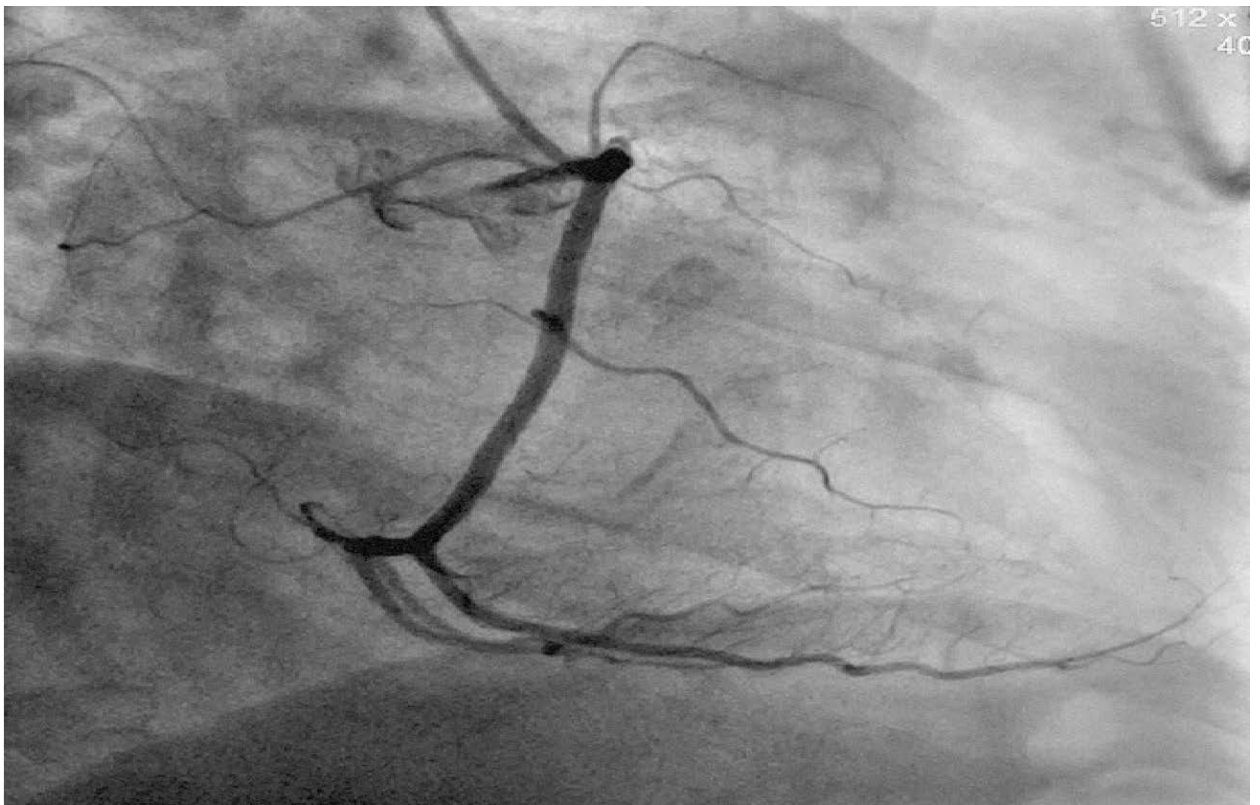


Рис. 61. Ангіограма правої КА у правій косій краніальній проекції

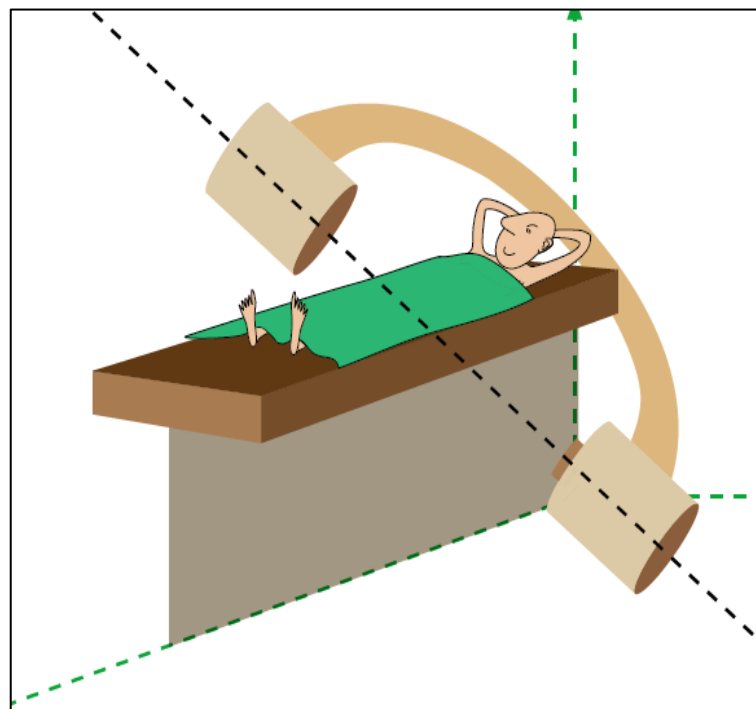


Рис. 62. Положення ангіографа у правій косій краніальній проекції

3. **Права коса (0–25°) краніальна (30–40°) проекція.** Дає змогу оцінити зону біфуркації та дистальний сегмент правої КА (задньо-бокова і задня низхідна гілки правої КА). У даній проекції виникає спотворення проксимального та середнього сегментів правої КА (рис. 63, 64, 65).

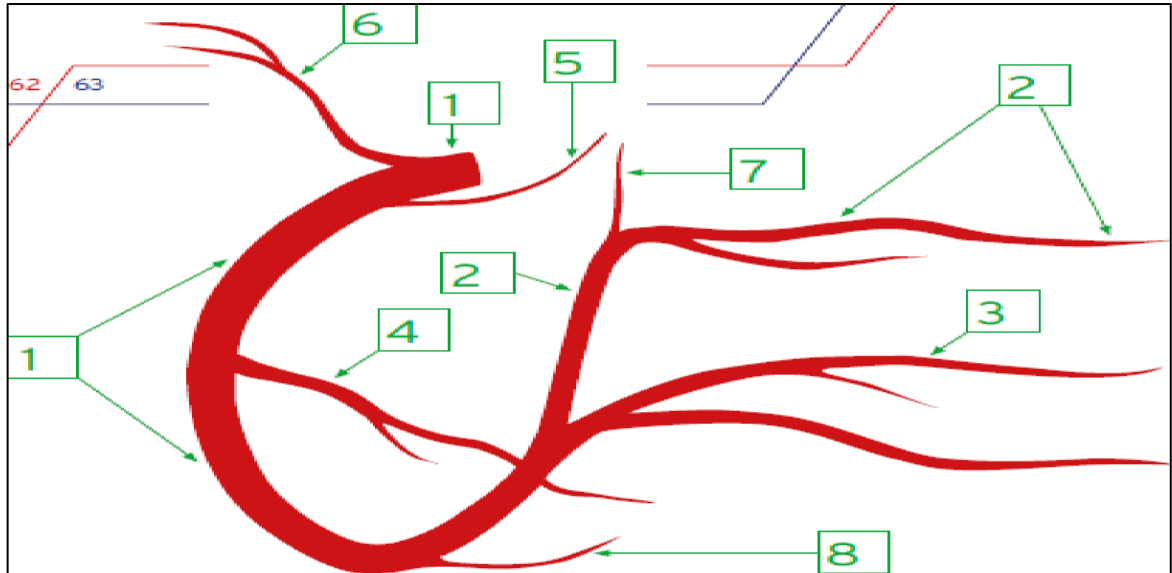


Рис. 63. Права КА у правій косій краніальній проекції Примітка : 1 права КА; 2 задньо-бокова гілка; 3 задня низхідна гілка; 4 правошлуночкова гілка; 5 гілка синусового вузла; 6 конусна гілка; 7 гілка АВ-з'єднання; 8 гілка гострого краю; 8 гілка гострого краю



Рис. 64. Ангіограма правої КА у правій косій краніальній проекції

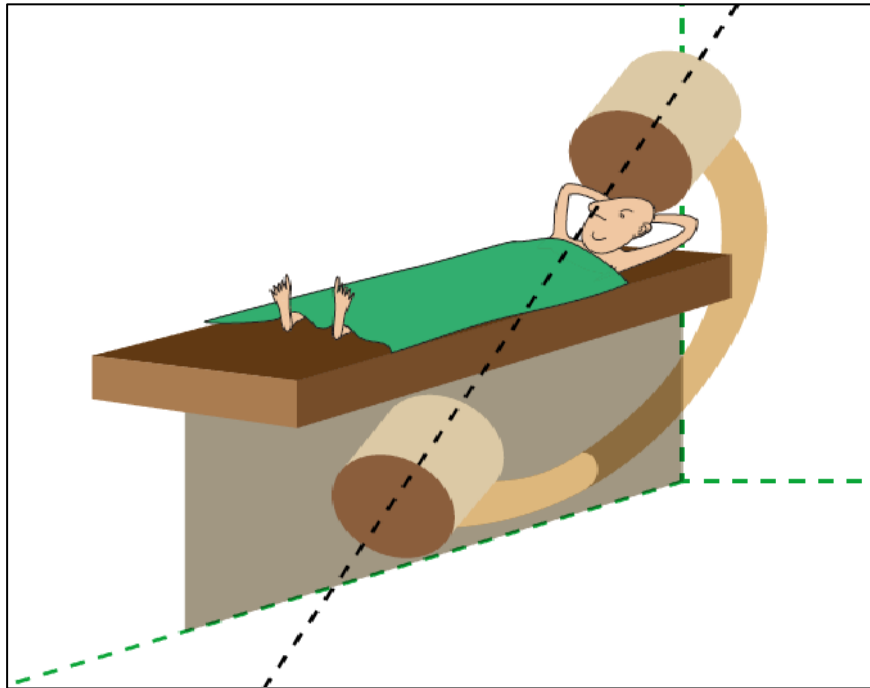


Рис. 65. Положення ангиографа у правій косій краніальній проекції

Гемостаз

Для зупинки кровотечі з місця пункції стегнової артерії можна використовувати різні види закриваючих пристроїв, мануальну або механічну компресію. При мануальній компресії проводиться тиск на стегнову артерію проксимальніше місця пункції протягом 20 хв, після чого накладається асептична пов'язка, що тисне, на 8–10 годин залежно від величини інтродюсера. Виконувати гемостаз слід при показнику активованого часткового тромбопластинового часу (АЧТЧ) менше 50 с. Гемостаз при променевому, ліктьовому і плечовому доступі виконується відразу після втручання шляхом накладання асептичної пов'язки, що тисне. Мануальна компресія і контроль АЧТЧ не потрібні.

Ускладнення при проведенні коронарографії:

- Кровотеча в місці пункції
- Порушення ритму серця
- Алергічна реакція на контраст

- Тромбоз коронарної артерії
- Гостра дисекція судини
- Розвиток інфаркту міокарда

У таблиці 11 наведені показання до проведення реваскуляризації у хворих на стабільну ІХС.

Таблиця 11

Показання до реваскуляризації у пацієнтів з стабільною ІХС або безболівою ішемією міокарда (Рекомендації ESC/EACTS по реваскуляризації міокарда, 2018)

Наявність ІХС (анатомічно та/або функціонально)		Клас	Рівень
Для покращення прогнозу	Стеноз стовбура > 50%	I	A
	Проксимальний стеноз передньої міжшлуночкової артерії > 50% з	I	A
	Двох- або трьохсудинне ураження зі стенозом > 50% з порушенням функції ЛШ (ФВ ЛШ ≤ 35%) з	I	A
	Велика площа ішемії, що визначається функціональним дослідженням (> 10% ЛШ) або аномальним інвазивним функціональним резервом кровотока	I	B
	Одна функціонуюча артерія зі стенозом > 50%	I	C
Для зменшення симптомів	Будь-який гемодинамічно значущий коронарний стеноз при наявності стенокардії або її еквівалентів, які не відповідають на оптимальне медикаментозне лікування	I	A

Вентрикулографія – це контрастування шлуночків серця із записом зображення на відеоносії. Даний метод широко використовується для визначення рентгенанатомії та скоротливості шлуночків у хворих з вадами серця, ІХС і кардіоміопатіями. Ліва вентрикулографія (контрастування лівого шлуночка) дає інформацію про загальну та локальну скоротливість лівого шлуночка, його розмір, форму і конфігурацію порожнини при аневризмі, ішемії та гіпертрофії міокарда, а також стан мітрального клапана, наявність і локалізацію септальних дефектів. При зменшенні амплітуди руху стінки лівого шлуночка діагностується гіпокінезія, при відсутності руху – акінезія, при вибуханні в систолу за контури діастолу – дискінезія. Вентрикулографія виконується катетером PIG TAIL 5 або 6F. Контрастна речовина вводиться за допомогою автоматичного шприца-інжектора в правій косій проекції.

Ускладнення вентрикулографії:

- порушення ритму серця, викликані введенням контрастної речовини або кінчиком катетера;
- емболія тромбом або повітрям з катетера, а також дислокація фрагменту тромба при внутрішньошлуночковому пристінковому тромбозі;
- реакції, пов'язані з введенням рентгеноконтрастної речовини: відчуття жару, нудота, блювання, алергічна реакція.

Шунтографія – це дослідження, що проводиться для оцінки стану шунтів до КА та їх анастомозів у пацієнтів, які перенесли операцію коронарного шунтування. Відомо, що протягом першого року після операції коронарного шунтування оклюзуються від 12% до 20% шунтів, а після 10 років – 50% всіх венозних шунтів. Для шунтів використовують власні вени і артерії хворого. Для венозних шунтів – поверхневі вени нижніх кінцівок басейну великої підшкірної вени, для артеріальних шунтів – променева, права і ліва внутрішня грудна і шлунково-сальникова артерії.

Різновиди шунтів:

- *аортокоронарний шунт* – це шунт між аортою і КА з дистальним анастомозом (між шунтом і коронарною артерією) за типом «кінець в бік»;
- *секвенційний шунт* – це шунт, який кровопостачає дві або більше КА, має єдиний проксимальний анастомоз з аортою і дистальні анастомози з коронарними артеріями за типом «бік в бік» і «кінець в бік»;
- *Y-шунт* – це конструкція, при якій проксимальний анастомоз формується з аортою або іншим шунтом за типом «кінець в бік», дистальні бранші шунта підшиваються за типом «кінець в бік» до КА.

Мультиспіральна комп'ютерна томографія – коронарографія показання та діагностичні можливості

МСКТ-коронарографія є неінвазивною методикою оцінки стану коронарних артерій, що дозволяє виявити їх патологічні зміни і уточнити показання для вибору методу лікування ішемічної хвороби серця.

На відміну від інвазивної КАГ, МСКТ дозволяє оцінити стан просвіту коронарних артерій аж до гілок 3 порядку, а також надати інформацію про зміни стінок вінцевих судин. Під час сканування можливо отримати дані про роботу лівих відділів серця, клапанного апарату, магістральних судин, що дозволяє проводити диференційну діагностику коронарних, кардіологічних, а часом і екстракардіальних причин захворювання. Також даний метод використовується для оцінки стану шунтів і стентів.

Робота з отриманими даними проводиться на статичних зображеннях високої якості. Постійно вдосконалюється програмне забезпечення томографів, що дозволяє здійснювати необхідні вимірювання і аналізувати виявлені зміни.

У першій публікації, присвяченій дослідженню коронарних артерій на МСКТ (2000), описані можливості 4-зрізового, пізніше (2003) - 16-зрізового томографа. У 2006 р з'явилися перші результати дослідження на 64-зрізовий МСКТ. На сьогоднішній день існують 256-ти та 320-зрізові МСКТ.

МСКТ заснована на системах з механічною ротацією. Час обороту трубки в таких томографах становить 275-350 мс. На сучасних томографах можливо досягти тимчасового розрішення 58-175 мс в залежності від серцевого ритму, часу ротації і можливостей сегментарної реконструкції. При цьому відбувається постійне обертання трубки при безперервному поступальному русі столу, що дозволяє отримувати зображення всього заданого обсягу томографіювання (рис. 66).

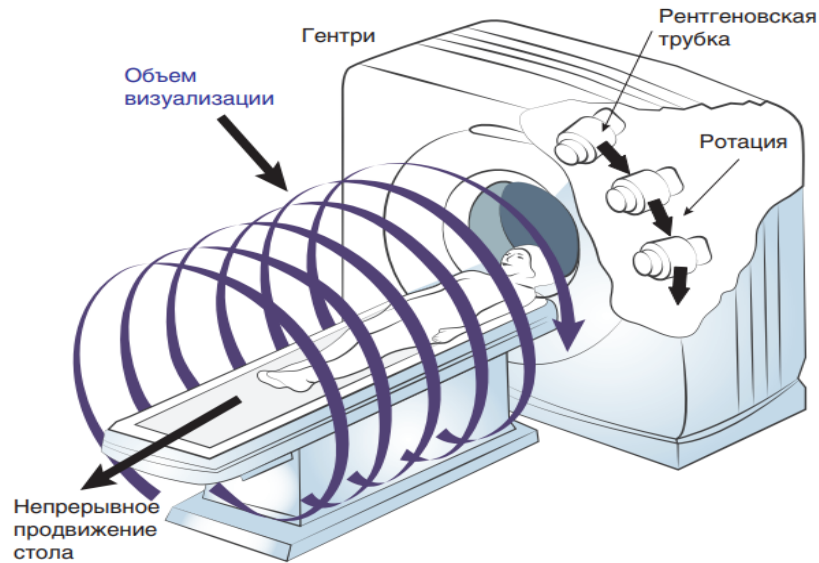


Рис. 66. Схема спіральної і мультиспіральної комп'ютерної томографії по М. Хофер. Збір даних дослідження пацієнта відбувається під час постійного руху столу і безперервного обертання трубки і рядів детекторів. При цьому трубка описує гвинтову траєкторію навколо пацієнта.

Дослідження серця проводиться на одній затримці дихання для усунення дихальних артефактів. Щоб усунути артефакти від руху серця, тобто зловити фазу відносної нерухомості серця, обов'язкова синхронізація з ЕКГ. При МСКТ серця використовуються дві методики кардіосинхронізації: проспективна і ретроспективна.

При проспективній синхронізації послідовні зрізи виконують в певну фазу серцевого циклу (діастолу), тригером включення трубки служить зубець R на ЕКГ. Недоліком цього методу неможливість реконструкції зображення серця в іншу фазу циклу, якщо вас не влаштовує якість оцінюваної КТ-картини, наприклад, подвійний контур або розмитість коронарних артерій від руху серця. Однак важливий той факт, що при проспективній синхронізації з ЕКГ променеве навантаження істотно нижче, ніж при ретроспективній

кардіосінхронізації. Найчастіше цей метод синхронізації використовують для оцінки коронарного кальцію.

При ретроспективній кардіосінхронізації МСКТ відбувається одночасно з реєстрацією ЕКГ. Потім з усього обсягу отриманих даних реконструюються зображення, відповідні заданій заздалегідь фазі серцевого циклу, або математична система комп'ютерного томографа оцінює масив отриманих даних і вибирає ту фазу кардіоцикла, в яку, на її думку, реконструюються зображення кращої якості. Якщо лікаря не влаштовує якість зображення серцевих структур, особливо коронарних артерій, можливо вручну вибрати ту фазу циклу (з точністю до 10 мс), при якій якість зображення буде найкращою. При такому підході використовуються всі можливості МСКТ, що дозволяє отримати зображення структур серця високої якості в різні фази кардіоцикла. При цьому можливий не тільки анатомічний, а й функціональний аналіз серця. Тому ретроспективна кардіосінхронізація є стандартом при виконанні МСКТ-коронарографії та дослідження камер серця. Недоліки цього методу синхронізації - високе променеве навантаження і чутливість до аритмій і артефактів. Однак в томографах останнього покоління з'явилися системи значного зниження дози променевого навантаження.

Перевагами методу є не інвазивність, швидкість дослідження (10-15 хвилин з укладанням пацієнта), можливість виконання в амбулаторних умовах без застосування седативних препаратів, висока інформативність з можливістю побудови 3-х мірних зображень. Дослідження проводиться з кардіосінхронізацією після введення йодовмісного контрастного препарату в ліктьову вену.

Точність методики досягає 95-98%, що дозволяє при негативному результаті тесту виключити наявність значних стенозів коронарних артерій, а при позитивному результаті – визначити показання для медикаментозної терапії, інвазивного лікування (рис. 67).

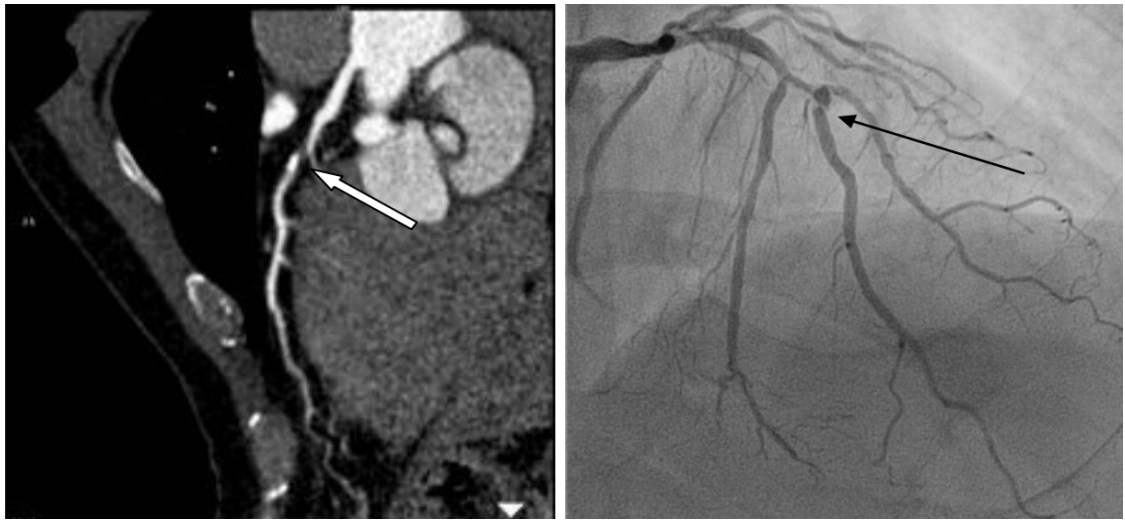


Рис. 67. Субтотальний стеноз передньої міжшлуночкової артерії А - МСКТ-коронарографія; В - КАГ

У таблиці 12 наведені рекомендації по використанню МСКТ-коронарографії, відповідно до рекомендацій

Таблиця 12

Використання МСКТ-коронарографії у контексті рекомендацій

Рекомендації	Клас	Рівень
Діагностика та лікування хронічного коронарного синдрому згідно до рекомендацій Європейського товариства кардіологів, 2019		
МСКТ-коронарографія рекомендована як первинний метод обстеження у симптомних хворих, в яких обструктивну КХС не вдається виключити за допомогою лише клінічного дослідження	I	B
МСКТ-коронарографія не рекомендована при поширеній коронарній кальцифікації, аритмії, ожирінні, неможливості виконати команду на затримання дихання або при будь-яких інших станах, що унеможливають отримання	III	C

результатів високої якості (III, C).		
Визначення коронарного кальцію за допомогою МСКТ для виявлення обструктивної КХС виконувати недоцільно.	III	C
Клапанна хвороба серця, 2017		
КТ-ангіографію слід розглядати як альтернативу коронарної ангіографії перед операцією на клапанах у пацієнтів з тяжкою КБС і низькою ймовірністю ІХС, або у яких стандартна коронароангіографія технічно неможлива або пов'язана з високим ризиком.	IIa	C

Протипоказання до проведення МСКТ-коронарографії:

постійна форма миготливої аритмії, часті екстрасистоли, відносні протипоказання для внутрішньовенного введення йодовмісних препаратів (креатинін сироватки > 1,5 мг / дл; алергічні реакції на йодовмісні препарати в анамнезі; бронхіальна астма тяжкого перебігу; гіпертироз)

Підготовка до дослідження

У пацієнтів з протипоказаннями для внутрішньовенного введення йодовмісних контрастних препаратів необхідно провести премедикацію, гідратацію та використовувати ізоосмолярні або гіпоосмолярні контрастні препарати.

Дослідження проводиться натще (через як мінімум 3 години після їжі).

В день дослідження не слід приймати препарати, що збільшують частоту серцевих скорочень (кофеїн, атропін, теофілін в / в).

Необхідна ЧСС <65 уд / хв: при ЧСС в спокої > 65-70 уд / хв в ряді випадків необхідно використовувати бета-блокатори (50-100 мг метопрололу за 30-60 хвилин до дослідження) при відсутності протипоказань (синусова

брадикардія, атріовентрикулярна блокада, серцева недостатність, бронхіальна астма).

Для забезпечення максимальної сумісності результатів КТ-коронарографії та КАГ бажано дати пацієнту 1 дозу нітрогліцерину (при відсутності протипоказань) безпосередньо перед початком дослідження.

Методика проведення МСКТ серця включає кілька етапів.

Перед дослідженням з пацієнтом проводиться бесіда зі збором анамнезу, в тому числі на наявність протипоказань до введення контрастного препарату, і попередженням про можливі побічні реакції при введенні контрасту. Пацієнт зобов'язаний заповнити інформовану згоду на введення рентгеноконтрастної речовини. Після цього обов'язково слід оцінити ЧСС і регулярність серцевого ритму. При ЧСС більше 70 уд / хв (при регулярному ритмі) і більше 65 уд / хв (при нерегулярному ритмі) рекомендується введення β-блокаторів для її зниження. Пацієнти повинні бути обстежені на наявність будь-яких протипоказань до використання β-блокаторів. Доза β-блокаторів повинна титруватися, рекомендується почати з низьких доз β-блокаторів короткої дії. За пацієнтом спостерігають кожні 15 хв протягом 1 год, визначаючи, чи знизився пульс до бажаної частоти. Якщо протягом 60 хв ЧАС не досягла бажаного діапазону, можна призначити додаткову дозу β-блокатора (під контролем лікаря). Призначення β-блокаторів можливо перорально або внутрішньовенно. Пацієнтам, які отримували β-блокатор тільки перорально, слід залишатися у відділенні протягом 15 хв після дослідження. Тим, хто отримував β-блокатор внутрішньовенно, слід залишатися у відділенні протягом 30 хв після дослідження. У цей час необхідно контролювати ЧСС і артеріальний тиск. Якщо не визначаються патологічні симптоми, пацієнта можна відпустити. Хворого укладають на спину, головою (або ногами) в гентрі, зміщують вправо таким чином, щоб область серця розташовувалася в центрі поля томографування. Перед

початком томографіювання в периферичну вену встановлюють внутрішньовенний катетер зовнішнім діаметром 6-6,7 мм (16-18G), на передню грудну стінку накладають електроди для реєстрації основних відведень ЕКГ, уникаючи області серця для зменшення артефактів від них. Руки поміщають над головою. Положення повинно бути зручним для пацієнта. З кожним пацієнтом проводиться тренування дихання, медперсонал повинен пояснити, що перед затримкою дихання потрібно зробити неглибокий вдих (75% максимальної місткості легенів), щоб уникнути вираженої екскурсії грудної клітини і зменшити артефакти на ЕКГ, які можуть виникнути на глибокому вдиху. Важливо переконатися, що пацієнт може затримати дихання на час, необхідний для томографіювання, і зареєструвати ЧСС пацієнта протягом затримки дихання: ЕКГ сигнал повинен бути коректним, пульс постійним.

Спочатку виконується топограма (від рівня дуги аорти до діафрагми) для визначення зони дослідження. Першим етапом проводиться безконтрастне дослідження серця, при якому можлива оцінка ступеня коронарного кальцію з визначенням коронарного кальцієвого індексу (КІ). У нативную фазу визначається діапазон томографіювання при КТ-коронарографії, а також зріз відстеження трек-болюса для найбільш точного виконання томографіювання в фазу піку контрастування. На робочій станції оцінюється вираженість кальцинозу в проекції коронарних артерій для визначення доцільності введення контрастного препарату.

На другому етапі виконується артеріальна фаза дослідження. Перед введенням контрастного препарату в томографах деяких типів проводяться дихальні рухи з затримкою дихання, при якому система визначає ЧСС і автоматично попередньо вибирає ділянки кардіоцикла для сегментарної реконструкції зображення після контрастування. Неіонний йодовмісний рентгеноконтрастний препарат з високою концентрацією йоду (300-400 мг / дл) вводиться через периферичний катетер внутрішньовенно болюсно за

допомогою автоматичного інжектора зі швидкістю 4-5 мл / с. В автоматичний шприц заправляються дві колби, одна з рентгенконтрасним препаратом, інша з фізіологічним розчином натрію хлориду. Повинні бути використані неіонні йодовмісні контрастні препарати (мономери або димери). Обсяг даного препарату розраховується залежно від маси тіла хворого і класу томографа (100-120 мл - для МСКТ64 і 50-70 мл - для МСКТ320). Бажане місце пункції - ліктьова вена. Повинні бути використані внутрішньовенні катетери розміром не менше 16G або 18G. Час початку артеріальної фази томографіювання від початку введення контрастного препарату визначається автоматично по відстеженню трек-болуса при досягненні значень рентгенівської щільності 150-160 HU в просвіті низхідного відділу грудної аорти. Першим етапом вводиться рентгенконтрасний препарат з першої колби, другим етапом - 30-50 мл ізотонічного розчину натрію хлориду.

Після реконструкції отриманих зображень на поперечних зрізах оцінюються їх якість, наявність артефактів від руху серця, східчастих артефактів при порушенні ритму серця (аритмія, екстрасистолія), а також можливість поліпшення зображення за допомогою постпроцесінгової реконструкції зображення серця в інші фази кардіоциклу для отримання їх найкращої якості.

У артеріальну фазу контрастування на поперечних зрізах, тривимірних, багатоплощинних реконструкціях і в проекції максимальної інтенсивності оцінюються якість зображень, анатомія серця і коронарних артерій, наявність патології, морфологічні та структурні особливості атеросклеротичних бляшок. Для цього використовуються різні прийоми постпроцесінгової обробки зображень на робочих станціях (рис.68).

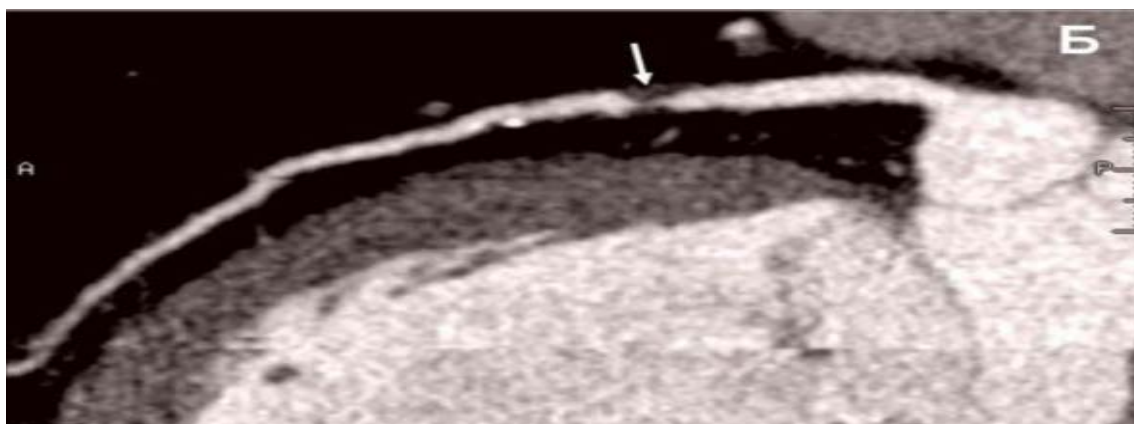
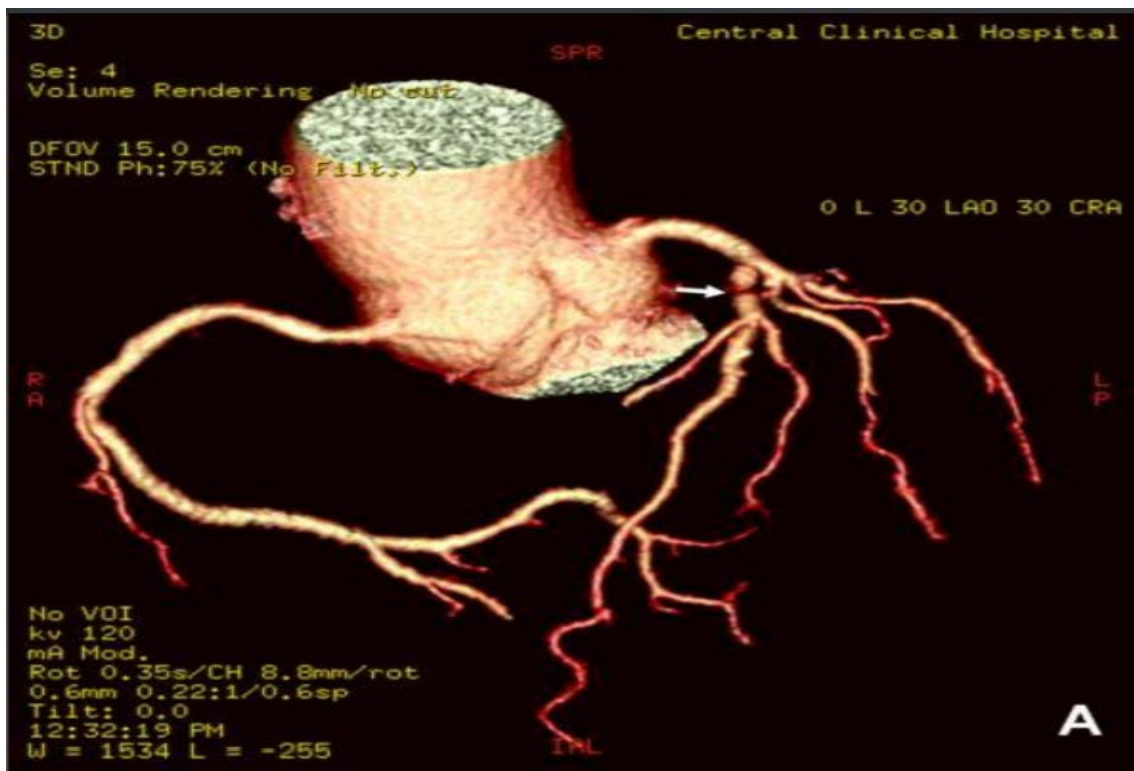


Рис. 68. МСКТ-коронарографія – субтотальний стеноз проксимального сегмента передньої низхідної артерії

МСКТ у діагностиці хронічної коронарної хвороби серця

МСКТ-коронарографія є найкращим методом діагностики у пацієнтів з більш низьким діапазоном клінічної ймовірності коронарної хвороби серця (КХС), відсутністю попереднього анамнезу по КХС і характеристиками, що забезпечують високу ймовірністю гарної якості зображення. Вона виявляє субклінічний коронарний атеросклероз, але також може точно виключити як

анатомічно, так і функціонально значущу КХС. Даний метод має більш високу точність, коли обстеженню піддаються пацієнти з популяції з низькою клінічною вірогідністю КХС.

У більшості пацієнтів, перш ніж приймати рішення про реваскуляризацію, проводиться функціональна оцінка значущості ступеня ішемії (неінвазивна або інвазивна). Отже, неінвазивні методи функціональної оцінки можуть бути кращими у пацієнтів, що знаходяться в діапазоні високої клінічної ймовірності КХС, якщо реваскуляризація можлива або у пацієнта вже раніше було діагностовано КХС.

У пацієнтів, у яких підозрюється КХС, але які мають дуже низьку клінічну ймовірність ($\leq 5\%$) КХС, слід виключити інші серцеві причини болю в грудній клітці скорегувати їх чинники серцево-судинного ризику, ґрунтуючись на шкалах з оцінки ризику. У пацієнтів у яких повторюються ангінальні напади, які не пов'язані із фізичним навантаженням повинна виключатися вазоспастична стенокардія (рис 69).

МСКТ- коронарна ангиографія у діагностиці інфаркта міокарда

Інфарктний міокард спочатку візуалізується як фокальна область зменшеного накопичення міокарда ЛШ, але пізніша візуалізація демонструє гіпернакопичення. Це відкриття є клінічно значущим, оскільки МСКТ може бути виконана при диференціальній діагностиці з легеневою емболією і дисекцією аорти, ситуацій, клінічно схожих з симптомами гострого ІМ, проте дослідження рутинно не використовується.

МСКТ-коронарна ангиографія може використовуватися для діагностики КХС у пацієнтів з ГКС у відділенні невідкладної допомоги або в групі пацієнтів з болем у грудній клітці, особливо у пацієнтів низького і середнього ризику з нормальним тропоніном при госпіталізації. Єдине рандомізоване дослідження у цих пацієнтів, яке включало як тропоніновий тест, так і МСКТ коронарну ангиографію, показало, що візуалізація не знижує тривалість перебування в лікарні, але зменшує наступні амбулаторні тести і

витрати. Тим не менше, діагностика ІМ не може ґрунтуватися тільки на КТ-ангіографії коронарних артерій.

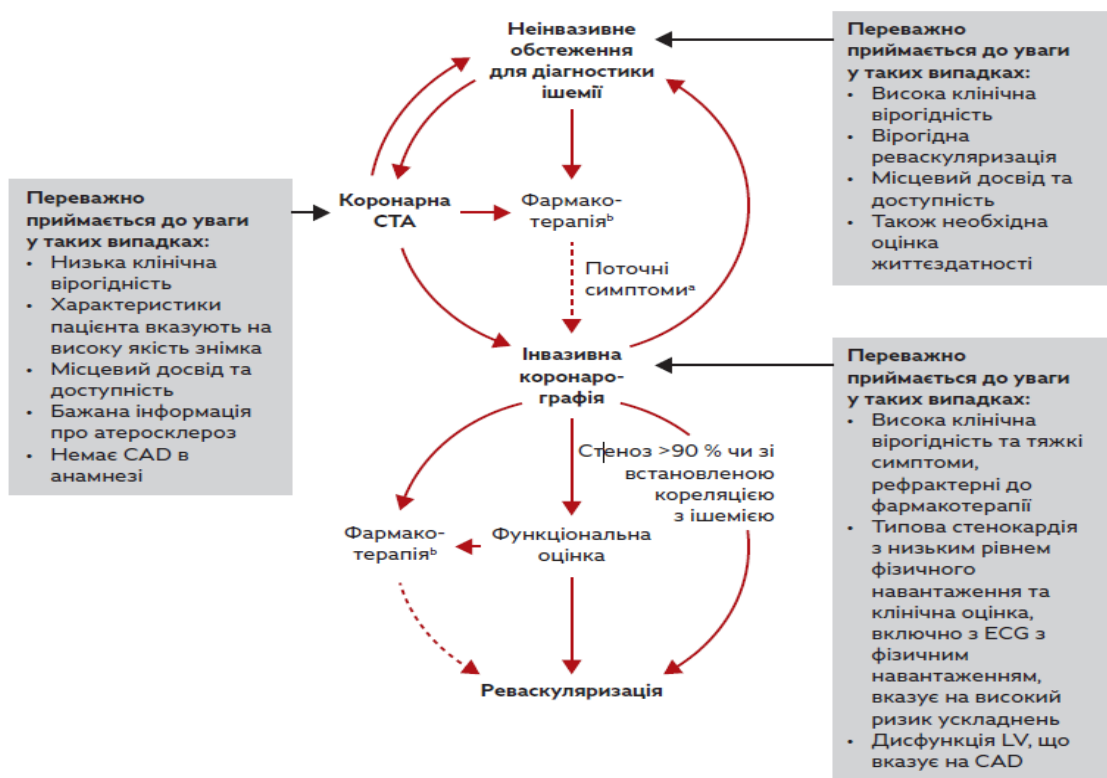


Рис. 69. Основні діагностичні шляхи у симптоматичних пацієнтів з підозрою на обструктивну ішемічну хворобу серця

Залежно від клінічного стану та обсягу послуг у сфері охорони здоров'я, обстеження пацієнта може починатися з одного з трьох варіантів: неінвазивне обстеження, коронарна комп'ютерна томографічна ангіографія чи інвазивна коронарографія. На кожному шляху збирається функціональна та анатомічна інформація для інформування про належний діагноз та стратегію лікування. Модифікація чинників ризику має розглядатися у всіх пацієнтів.

Таким чином, МСКТ-коронарографія є одним з найбільш швидко розвиваються методів оцінки стану серця і коронарних судин та має велику цінність при діагностиці коронарної патології.

Магнітно-резонансна томографія у діагностиці кардіальної патології

Роль і діагностичні можливості МРТ. Метод МРТ, на відміну від ЕхоКГ і рентгенівської комп'ютерної томографії, строго кажучи, не є променевим в звичайному розумінні. Він заснований на реєстрації змін електромагнітних властивостей тканин, що виникають під впливом зовнішнього магнітного поля. Даний метод реєструє різницю в характеристиках електромагнітних властивостей, властивих різним тканинам. Цінною властивістю МРТ є її здатність диференціювати різні стани однієї і тієї ж тканини, в залежності від вмісту в ній рідини, а також тих чи інших структурних елементів.

Історія методу дослідження. Історично склалося так, що МРТ частіше асоціюється з діагностикою в неврології та онкології. Перші повідомлення про застосуванні МРТ для діагностики захворювань серця датуються початком 90-х років. Були об'єктивні чинники, що знижували можливості його застосування для дослідження серця. Основною причиною цього можна вважати відносно велику тривалість процесу отримання зображення, протягом якого досліджувана тканина повинна залишатися максимально нерухомою. Серцебиття і дихання істотно ускладнювали дослідження серця на початковому етапі розвитку технології МРТ. Діагностичні можливості МРТ для дослідження серця розширилися у зв'язку з впровадженням імпульсних ЕКГ-синхронізованих послідовностей градієнтного відлуння (TrueFISP, V-FFE, FIESTA) в кінорежимі. Подвійна синхронізація збору даних по фазі серцевого циклу і диханню дозволила нівелювати артефакти, пов'язані з рухом серця.

Метод МРТ здійснює пошарове вивчення анатомії серця і включає в середньому 10-12 томографічних зрізів. Він використовується для аналізу функціонального стану рухомих структур серця, розрахунку обсягів камер,

маси міокарда, параметрів локального систолічного потовщення стінок шлуночків. МРТ дозволяє отримувати стандартні зрізи, частково уніфіковані з ЕхоКГ, при будь-якому положенні серця, що є цінним при дослідженні пацієнтів з порушеною синтопією органів грудної клітини. МРТ дозволяє отримувати зрізи під будь-яким кутом, в довільно заданій площині, що вимагає від лікаря-рентгенолога високого рівня підготовки. Візуалізація з контрастуванням препаратами на основі гадолінію з інверсією відновлення сигналу (Inversion Recovery, IR-TFE, DE-PSIR, IR-MDE) і з відстроченим контрастуванням (Delayed Enhancement, IDE), заснована на затримці вимивання контрастів, дозволяє виявляти рубцеві і фіброзні зміни міокарда, диференціювати гібернуючий міокард.

Найбільший клінічний ефект від використання технології МРТ може бути отриманий за допомогою застосування відповідного програмного забезпечення, яке дозволяє максимально розкрити діагностичний потенціал даного методу. Таким чином, унікальною властивістю сучасної МРТ є поєднання в ній великої кількості можливостей оцінки структури і функції досліджуваної тканини, несумісних між собою в інших діагностичних методах. В даний час МРТ дозволяє визначати цілий ряд показників досліджуваних тканин, включаючи їх морфологічну структуру, здійснювати диференціацію тканин на рівні, що наближається до гістологічного, оцінювати кровопостачання тканин і особливості їх метаболізму, визначати їх функціональний стан на рівні механічної активності і біохімічних процесів. Таким чином, за останні роки метод МРТ став одним з найбільш інформативних сучасних неінвазивних методів діагностики.

Разом з тим факторами, що обмежують більш широке застосування МРТ серця, є висока вартість обладнання та матеріалів. На сьогоднішній день МРТ в кардіології може застосовуватися як високоточний, високоінформативний додатковий діагностичний метод, який використовується за показаннями в випадках, коли більш доступні і

загальноприйняті методи не дають відповіді на поставлені клініцистами питання.

Актуальні напрями МРТ в кардіології.

Однією з основних областей застосування діагностичних методів в кардіології є оцінка інтегральної і регіонарної скоротливості міокарда. В даний час найбільш широко використовується в цьому відношенні ЕхоКГ.

Певна суб'єктивність в оцінці і залежність від якості візуалізації компенсується швидкістю дослідження, його повсюдної доступністю і порівняно невисокою вартістю обладнання. Успішність застосування ЕхоКГ в даному випадку пов'язана також з високим ступенем диференціювання анехогенних рідини і щодо гіперехогенних структур серця, що забезпечує високу контрастність зображення. Аналогічної здатність має і МРТ, на якій кров і міокард також диференціюються з високою точністю.

Додаткові можливості МРТ в зв'язку з цим визначаються різними методами отримання зображення, при яких сигнал від крові може візуалізувати як "чорний чи білий". Використання T2-зважених послідовностей «Black-blood» є можливістю вимкнення від жиру (T2-STIR, T2-TIRM, Double-FRFSE) є рутинним в МРТ для аналізу морфології міокарда, виявлення ознак жирової інфільтрації стінки і набряку міокарда при різних патологічних станах. Висока контрастність дозволяє чітко диференціювати ендокардит, кінетика якого визначає характер скоротливості даної ділянки міокарда.

Ще однією перевагою МРТ перед ЕхоКГ є можливість оцінки внутрішньої структури міокарда. Відомо, що внаслідок особливостей ультразвукової локації ступінь ехогенності міокарда, як і його внутрішня структура, не завжди можуть бути достовірно оцінені на ехограмі. Метод МРТ, навпаки, дозволяє безпосередньо співвіднести характер сегментарної

скоротливості міокарда з особливостями внутрішньої структури окремого сегмента.

Можливість візуалізації меж міокарда дозволяє використовувати МРТ також для оцінки обсягу міокарда і розрахунку його маси. Побудова зображення за томографічним принципом є ідеальною для оцінки такої складної конфігурації, яку представляє собою міокард лівого шлуночка, особливо в умовах постінфарктного ремоделювання. Це дозволяє не тільки оцінити наявність і ступінь гіпертрофії міокарда, але також встановити регіонарні особливості розподілу гіпертрофії і уточнити внутрішню структуру гіпертрофованої ділянки міокарда. Разом з тим використовувати МРТ цілеспрямовано для діагностики гіпертрофії навряд чи доцільно. Ті ж дані, хоча і з дещо меншою точністю, можуть бути отримані незрівнянно простіше: в якісній формі по ЕКГ і рентгенографії, а кількісно можуть бути розраховані по ЕхоКГ. Очевидно, що високий діагностичний потенціал кардіологічного МРТ слід використовувати раціонально і обґрунтовано.

Важливим перед проведенням реваскуляризації є визначення життєздатності міокарда. До недавнього часу це завдання виконували стрес-ЕхоКГ, перфузійні сцинтиграфія міокарда, однофотонна емісійна комп'ютерна томографія (ОФЕКТ) з навантажувальною пробою. Слабкою стороною стрес ЕхоКГ є залежність результатів дослідження від якості візуалізації. Сцинтиграфія використовує радіоактивні препарати, які, хоча і мають короткий період напіврозпаду, не можуть вважатися повною мірою безпечними. Подібну інформацію можна також отримати за даними емісійної томографії позитронно-емісійної томографії (ПЕТ). Однак обидва методи є варіантами емісійних радіонукліних томографій і також пов'язані з введенням радіофармпрепаратів. У зв'язку з цим МРТ-дослідження з контрастуванням, засноване на затримці вимивання гадолінію з волокон колагену у відстрочену фазу, візуалізує рубцеву тканину. Разом з тим завдання діагностики ІХС у пацієнтів з пограничними стенозами коронарних

артерій для визначення тактики ведення простіше вирішувати методами радіонуклідної діагностики.

Крім виявлення життєздатного міокарда, що дозволяє спрогнозувати потенційну ефективність реваскуляризації, МРТ дає можливість точно визначати обсяг і локалізацію фактичного розташування ураженої ділянки міокарда при інфаркті. Це дозволяє прогнозувати тяжкість перебігу захворювання в гострому періоді, ймовірність розвитку значущою серцевої недостатності, а також оцінювати ризик летальності в постінфарктному періоді. Прогностична цінність МРТ в цьому відношенні виявилася навіть вищою, ніж фракція викиду лівого шлуночка (ФВ ЛШ), що вважалася до недавнього часу найбільш достовірним предиктором летальності у хворих з інфарктом міокарда. Саме здатність диференціювати характер тканин робить МРТ практично незамінним для діагностики змін міокарда різного генезу. Теоретично, рентгенівська комп'ютерна томографія також здатна виявляти тканинні відмінності, проте це диференціювання можливе на більш пізньому етапі, починаючи з моменту формування рубцевої тканини. Навпаки, МРТ дозволяє виявляти тканинні зміни вже в гострому періоді інфаркту, і навіть в деяких випадках на етапі важкої гострої ішемії, що не доходить до ступеня некрозу міокарда. Дана можливість може ефективно використовуватися у пацієнтів з гострим коронарним синдромом.

Основними напрямками застосування МРТ серця є:

1. Диференціальна діагностика ішемічної хвороби серця, міокардитів та ідіопатичних кардіоміопатій.
2. Діагностика рубцевих змін міокарду, сегментарна оцінка скоротливої функції і життєздатності міокарда, диференціальна діагностика гострої ішемії і постінфарктного кардіосклерозу при відсутності переконливих даних

за результатами рутинних досліджень, виявлення тромботичних включень у порожнинах серця.

3. Діагностика та диференціальна діагностика характеру випоту в порожнині перикарду (транссудат, ексудат, кров), новоутворень перикарду і середостіння, констриктивного перикардиту, кіст і дивертикулів перикарду.

4. Діагностика ГКМП, оцінка прогнозу і стратифікація ризику раптової серцевої смерті, формулювання показань для постановки кардіовертера-дефібрилятора.

Таблиця 12

Показання до МРТ серця у контексті рекомендацій

Рекомендації	Клас	Рівень
У пацієнтів з імовірним або встановленим діагнозом СН , згідно до рекомендацій Європейського товариства кардіологів, 2017		
МРТ серця рекомендовано для оцінки структури й функції міокарда (у тому числі ПШ) в осіб із поганим акустичним вікном, а також у хворих зі складними набутими вадами серця (з урахуванням застережень та протипоказань до проведення МРТ серця)	I	C
Доцільність застосування МРТ серця із відстроченим контрастуванням слід розглядати в пацієнтів із дилатаційною кардіоміопатією для диференційної діагностики між ішемічним та неішемічним ураженням міокарда за наявності відповідних клінічних симптомів або даних інших візуалізуючих методів (з урахуванням застережень та протипоказань до проведення МРТ серця)	Па	C
Застосування МРТ серця рекомендовано для з'ясування	I	C

стану міокарда, якщо існує підозра на міокардит, амілоїдоз, саркоїдоз, хворобу Чагаса чи Фабрі, некомпактність міокарда або гемохроматоз (з урахуванням застережень і протипоказань до проведення МРТ серця)		
Доцільність застосування МРТ серця можна розглядати у пацієнтів із СН і низькою/проміжною передтестовою вірогідністю ІХС або відповідними результатами стрес-тестів, щоб виключити наявність стенозу коронарних артерій	Пб	С
Захворювання перикарда , згідно до рекомендацій Європейського товариства кардіологів, 2015		
МРТ серця рекомендується, як дослідження другого рівня для діагностики перикардиту	I	С
Показання до візуалізації у хворих на ГКС з елевацією ST , згідно до рекомендацій Європейського товариства кардіологів, 2017		
Після первинного ЧКВ під час госпіталізації та після виписки із стаціонару. Якщо ЕхоКС неінформативна, слід розглянути альтернативний метод візуалізації (переважно МРТ).	Па	С
Рекомендації по МРТ у пацієнтів із гіпертрофічною кардіоміопатією , згідно до рекомендацій Європейського товариства кардіологів, 2014		
Рекомендується, щоб МРТ серця виконувалося спеціалістами, які мають досвід у візуалізації серця та оцінці захворювань серцевого м'яза	I	С
При відсутності протипоказань, МРТ серця з пізнім посиленням сигналу гадолінія рекомендується пацієнтам з ГКМП, у яких відмічається неадекватне ехокардіографічне зображення, з метою підтвердження діагнозу	I	В

При відсутності протипоказань, МРТ серця з пізнім посиленням сигналу гадолінія рекомендується пацієнтам, у яких виконуються діагностичні критерії ГКМП, для оцінки анатомії мерця, функції шлуночків, наявності та поширеності міокардіального фіброзу	Па	В
МРТ серця з пізнім посиленням гадолінію слід розглядати для пацієнтів з передбачуваною апікальною гіпертрофією або аневризмою	Па	С
МРТ серця з пізнім посиленням гадолінію слід розглядати для пацієнтів з передбачуваним амілоїдозом серця	Па	С
МРТ серця з пізнім посиленням гадолінію можна розглядати до септальної алкогольної абляції, для оцінки поширеності і характеру гіпертрофії та міокардіального фіброзу	Па	С

Протипоказання.

Протипоказання до МРТ-серця ті ж, що і для будь-якого МР-дослідження. До абсолютних протипоказань відносяться стани, які загрожують життю пацієнта при проведенні методики:

- наявність штучного водія ритму через вихід його з ладу під впливом радіочастотного випромінювання МР-томографа;
- присутність металевих кліпс на судинах головного мозку через можливість їх дислокації;
- будь-які немедичні або феромагнітні металеві предмети, що знаходяться в тілі пацієнта; наявність імплантатів середнього вуха.

Відносними протипоказаннями є:

медичні імпланти, розташовані в інших частинах тіла, крім головного мозку, які можуть у віддаленому післяопераційному періоді закріпитися у

тканинах за рахунок розвитку фіброзних змін: металеві дужки в грудині, сучасні моделі қава - фільтрів, судинні стенти, штучні клапани серця .

Рішення про можливість дослідження приймається спільно з лікуючим лікарем і променевим діагностом, в кожному випадку індивідуально, на підставі інформації про матеріал металевого імплантa і його поведінку в магнітному полі. Основне значення має оцінка ризику переміщення об'єкта і нагрівання під впливом РЧ-випромінювання. Крім того, слід пам'ятати, що наявність артефактів від будь-яких металевих предметів викликає значні труднощі в інтерпретації отриманих даних.

МРТ серця вимагає від пацієнта активної участі в діагностичному процесі, яке полягає в необхідності зберігати нерухоме положення і чітко виконувати команди по затримці дихання. З урахуванням цього обстеження хворих з вираженою задишкою, порушеною свідомістю, больовим синдромом буде утруднено або неможливо.

Ще одним обмеженням застосування МРТ серця є порушення ритму. Так як сканування завжди синхронізується з ЕКГ і запускається від зубця R, обстеження пацієнтів з аритміями призводить до зниження якості проведеного дослідження і, як наслідок, до утруднення трактування отриманих даних.

МРТ у діагностиці КМП

Оцінка морфології та функції шлуночків.

Якщо дозволяють ресурси та досвіт, МРТ серця повинно розглядатися у якості базового методу дослідження.

У пацієнтів з якісним ехокардіографічним зображенням МРТ серця надає подібну інформацію про функцію та морфологію шлуночків, але вона корисна при постановці діагнозу ГКМП у пацієнтів з неякісним акустичним зображенням, або коли деякі області погано візуалізуються – такі як, передньо-бокова стінка, верхівка ЛШ та правий шлуночок.

Серцево-судинна МРТ має перевагу над трансторакальною ЕХОКС у вимірюванні маси ЛШ, але сама по собі маса ЛШ слабо корелює з максимальною товщиною стінки та може бути нормальною у пацієнтів з асиметричною ГКМП. МРТ серця має перевагу у виявленні гіпертрофії апікальної та передньо-бокової частин ЛШ, аневризми, тромбів і більш чутлива у виявленні м'яких проявів захворювання, таких як міокардіальний криптит та аномалія папілярних м'язів у пацієнтів з мутаціями у генах саркомерних білків.

У деяких випадках, МРТ серця може використовуватися у пацієнтів з ГКМП перед хірургічною міомектомією та у пацієнтів з аномаліями вивідного тракту правого шлуночка. МРТ серця може кількісно оцінити некроз тканини, викликаний септальною алкольною абляцією, також уточнити локалізацію рубця та зменшення маси ЛШ, викликаного даною процедурою.

Міокардіальний фіброз

Ґрунтуючись на притаманних різним тканинам магнітних властивостей та розподілі контрастних агентів на основі гадолінію, МРТ серця можна використовувати для виявлення підвищення долі інтерстиціальної тканини у результаті фіброзу. Пізні посилення сигналу гадолінію рідко зустрічається за межами зони гіпертрофії, за виключенням пізньої стадії захворювання, коли відмічається тотальне пізні посилення сигналу гадолінію у поєднанні з витонченням стінок. Пізні посилення сигналу гадолінію може бути асоційоване з підвищенням жорсткості міокарда.

МРТ серця у діагностиці інфаркту міокарда

Висока контрастність і дозвіл методу магнітно-резонансної томографії забезпечує точну оцінку структури і функції міокарда. Хоча метод не так часто використовується в гострих ситуаціях, він володіє аналогічними до

ехокардіографії, можливостями при підозрі на ІМ. Для оцінки перфузії міокарда і збільшення позаклітинного простору, пов'язаного з фіброзом після перенесеного попереднього ІМ (виявлення пізнього накопичення гадолінію) можуть використовуватися парамагнітні контрастні речовини. Ці методи використовувалися при наявності гострого ІМ, а локальна затримка в накопиченні контрасту здатна виявляти навіть невеликі області субендокардіального ІМ, які, як вважається, становлять по масі всього лише 1 г. МРТ серця, також має здатність ідентифікувати присутність і ступінь набряку / запалення міокарда, що дозволяє розрізнити гострі і хронічні пошкодження міокарда. Зображення МРТ з контрастуванням гадолінію при наявності ішемічного і неішемічного ураження міокарда показані на рисунку 70.

Пухлини серця.

В даний час МРТ вважається найкращим методом діагностики пухлин серця. Основні переваги МРТ - висока просторова роздільна здатність, широке поле дослідження, високу відмінність МР-сигналу між рухомою кров'ю і камерами серця без необхідності застосування контрастних. За допомогою застосування контрастних агентів можливо чітко визначення меж пухлини (в тому числі, при виході за межі стінки міокарда) і ступеня її васкуляризації.

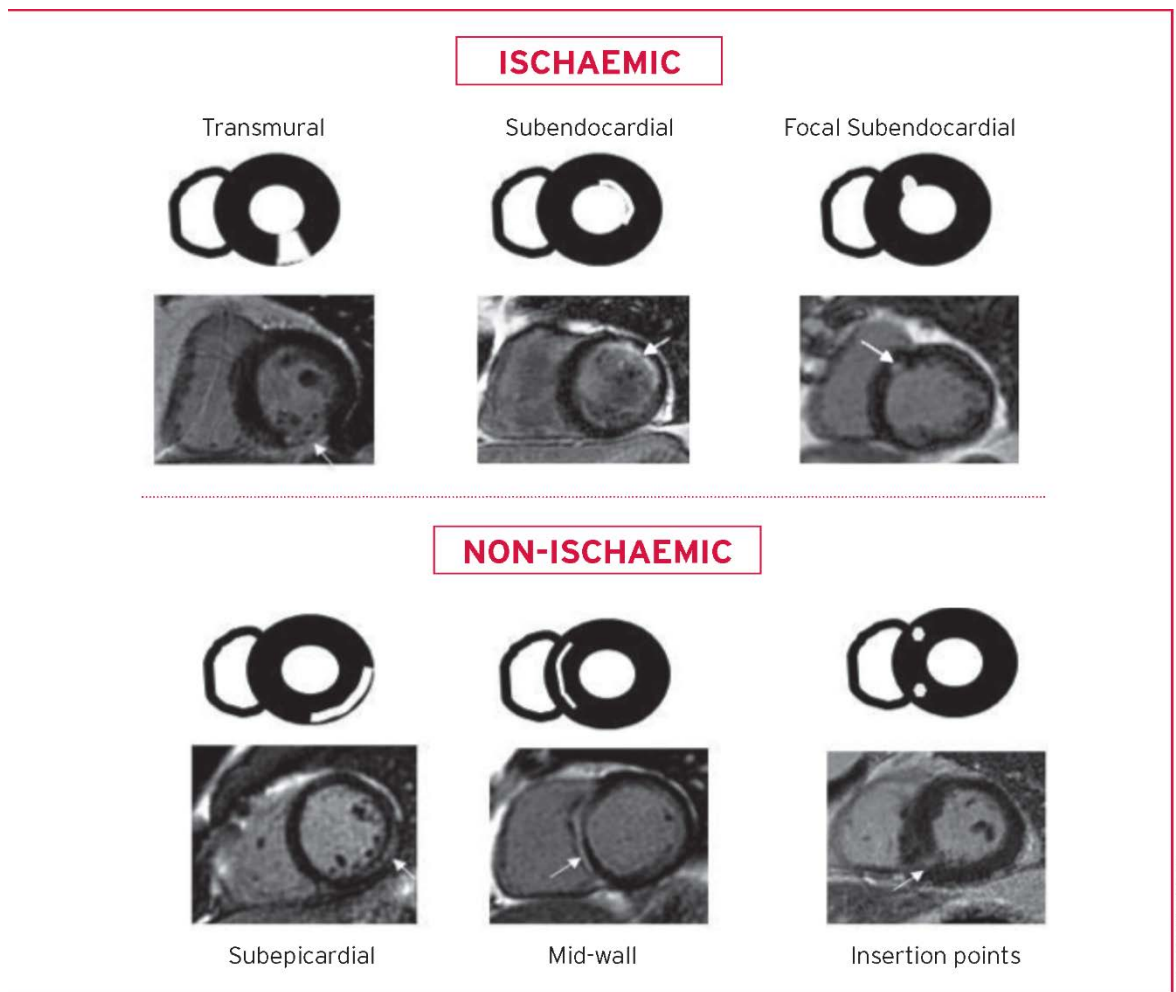


Рис. 70. Зображення серця, отримані при МРТ після контрастування гадолінієм. Контраст на основі гадолінію повільніше вимивається з міокарда з підвищеним позаклітинним простором, таким як фіброз, тим самим посилюючи області рубцювання (білі стрілки). Різні форми рубців діляться на ішемічні та неішемічні. Як правило, ішемічний рубець / фіброз (верхня панель) поширюється від субендокарда до епікарда (субендокардіальний, нетрансмуральний рубець або трансмуральний рубець). Навпаки, неішемічної фіброз / рубець може зустрічатися в епікарді, в середній частині стінки серця або в точково в правому шлуночку (нижня панель).

У таблиці 13 наведені діагностичні можливості КАГ, МСКТ-коронарографії та МРТ серця залежно від характеру ураження.

**Порівняння діагностичних можливостей інструментальних методів
дослідження серця**

Параметри	КАГ	МСКТ	МРТ
Анатомія коронарних артерій	+++	+++	PM
Систолічна функція	-	++	+++
Виявлення зон дискінезії міокарда	вентрикулографія	++	+++
Анатомія серця та судин	-	+++	+++
Характеристика бляшки	-	++	PM
Перфузія міокарда	-	+	+++
Життєздатність міокарда	-	PM	+++
Примітка: PM – розвиток методу			

Таким чином, магнітно-резонансна томографія в кардіології є сучасним і перспективним діагностичним методом, що дозволяє оцінювати усі основні структурні і функціональні параметри серця у пацієнтів з ІХС і некоронарогенними захворюваннями міокарда.

Перелік літературних джерел

1. Кількісна ехокардіографічна оцінка порожнин серця. Рекомендації робочої групи з функціональної діагностики Асоціації кардіологів України та Всеукраїнської асоціації фахівців з ехокардіографії (2016) / В. М. Коваленко, О. С. Сичов, М. М. Долженко та ін. URL : <http://www.webcardio.org/kiljkisna-ekhokardiografichna-otsinka-porozhnyn-sertsya.aspx>
2. Рекомендації з ехокардіографічної оцінки діастолічної функції лівого шлуночка (2016) / В. М. Коваленко, О. С. Сичов, М. М. Долженко та ін. URL : <http://www.webcardio.org/rekomendatsiji-z-ekhokardiografichnoji-otsinky-diastolichnoji-funksiji-livogho-shlunochka.aspx>
3. Ехокардіографічна оцінка правих відділів серця у дорослих. Рекомендації / В. М. Коваленко, О. С. Сичов, М. М. Долженко та ін. URL : <http://www.webcardio.org/ekhokardiografichna-otsinka-pravykh-viddiliv-sertsya-u-doroslykh-rekomendatsiji.aspx>
4. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging / R. M. Lang, L. P. Badano, V. Mor-Avi, et al. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2015. Vol. 16(3). P. 233-271. URL : <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev014>.
5. Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography / C. Mitchell, P. S. Rahko, L. A. Blauwet, et al. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2019. Vol. 32(1). P. 1-64. URL : [https://www.onlinejase.com/article/S0894-7317\(18\)30318-3/fulltext](https://www.onlinejase.com/article/S0894-7317(18)30318-3/fulltext).
6. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging / S. F.

Nagueh, O. A. Smiseth, C. P. Appleton, et al. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2016. Vol. 29(4). P. 277-314.
URL : [https://www.onlinejase.com/article/S0894-7317\(16\)00044-4/fulltext](https://www.onlinejase.com/article/S0894-7317(16)00044-4/fulltext).

7. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH) / B. Williams, G. Mancia, W. Spiering, et al. *European Heart Journal*. 2018. Vol. 39(33). P. 3021-3104. URL : <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>.

8. Магнітно-резонансна томографія в неотложній кардіології: опыт внедрения современного диагностического метода/ А.М. Делян, Э.Б. Фролова, Н.А. Цибулькин, А.А. Малов. *Вестник современной клинической медицины*. 2018.11(5).104-109.

9. Incidental extracardiac findings on cardiac MR: Systematic review and meta-analysis / V. Dunet, J. Schwitter, R. Meuli, C. Beigelman-Aubry. *J. Magn. Reson. Imaging*. 2016. Vol. 43 (4). P.929–939.

10. Силин А.Ю., Лесняк В.Н. Магнітно-резонансна томографія сердца в клинической практике. *Клиническая практика*. 2013. № 1. С. 67-76.

11. Федьків С.В. Магнітно-резонансна томографія як сучасний метод візуалізації в кардіології. *Серцева недостатність*. 2013. № 2. С. 5-13.

12. ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes/ J. Knuuti, W. Wijns, A. Saraste et al. *European Heart Journal*. 2020. Vol. 41. P. 407–477. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz425>

13. ESC Guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy/ P. M. Elliott, A. Anastasakis, M. A. Borger et al. *European Heart Journal*. 2014. Vol. 35. P. 2733–2779. doi:10.1093/eurheartj/ehu284

14. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with

the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC/ P. Ponikowski, A. A Voors, S.D Anker et al. *European Heart Journal*. 2016. Vol. 37. P. 2129–2200, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw128>

15. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC)/ B. Ibanez, S. James, S. Agewall et al. *European Heart Journal*. 2018. Vol. 39. P. 119–177. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx393>

16. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease/ H. Baumgartner, V. Falk, J.J Bax et al. *European Heart Journal*. 2017. Vol. 38. P. 2739–2791. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx391>

17. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization/ F. Neumann, M. Sousa-Uva, A. Et al. *European Heart Journal*. 2019. Vol. 40. P. 87–165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>

18. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018)/ K. Thygesen, J. S Alpert, A. S Jaffe et al. *European Heart Journal*. 2019. Vol. 40. P. 237–269. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy462>