



**KAPITEL 11 / CHAPTER 11 <sup>11</sup>**  
**METHODS OF RADIATION RESEARCH AND FUNDAMENTALS OF X-  
RAY ANATOMY OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM FOR SEMINAR  
AND PRACTICAL LESSONS (BASIC COURSE)**

**DOI: 10.30890/2709-2313.2024-30-00-015**

### **Вступ.**

При вивченні морфофункціонального стану органів кровообігу використовують загальні та спеціальні методи рентгенологічного дослідження. До загальних належать *рентгеноскопія та рентгенографія*.

До спеціальних – *безконтрастні і контрастні*. Рентгеноскопію та рентгенографію здійснюють в стандартних проекціях (прямій, передній, правій та лівій скісних, лівій бічній). Для уточнення стану лівого передсердя та аорти контрастують стравохід сульфатом барію. За ступенем зміщення стравоходу визначають ступінь зміни розмірів відділів серця та аорти [1, 2].

Під час рентгенологічного дослідження в прямій проекції пацієнт стоїть обличчям до екрану, кисті його тильними поверхнями знаходяться на попереку, лікті відведені вперед. В правій (першій) або в лівій (другій) скісній проекції пацієнт повернутий правим або лівим боком під кутом 45-50° до екрана, руки за головою. Рентгенографію виконують з мінімальною експозицією (0,05-0,1 с) на фокусній відстані 1,5-2 м. Під час рентгеноскопії вивчають положення, форму, розміри серця, пульсацію усіх його відділів, аорти, легеневих артерій.

*Спеціальні безконтрастні методи основані* на використанні додаткових технічних засобів і модифікацій рентгенівських апаратів.

*Комп'ютерна томографія* – дозволяє вивчати поперечні зрізи завтовшки 2-8 мм. Основний шар сканування проходить крізь центр мітрального клапана та верхівку серця. Для покращання зображення використовують введення в/в рентгеноконтрастних речовин. Збільшення денситометричної різниці між здоровими та зміненими тканинами після їх наповнення кров'ю дає можливість виявляти патологічні стани.

---

<sup>11</sup>Authors: Bortnyi Mykola Oleksandrovych



**Магнітно-резонансна томографія** не пов'язана з рентгенівським опроміненням пацієнта і може бути виконана в різних проекціях, забезпечуючи чітку диференціацію між кардіоваскулярними структурами та кров'ю у всіх порожнинах.

**Ехокардіографія** широко застосовується в діагностиці захворювань серцево-судинної системи. Датчик спочатку встановлюють в III-IV міжрібер'ї по лівому краю грудини, а потім переміщують в інші зони. Дослідження дозволяє в різних площинах і за різного положення датчика отримати на екрані монітора зображення кожної камери серця, визначити товщину стінок обох шлуночків, передсердь та перикарда, виміряти відстань між стулками клапанів.

**Одновимірна ехокардіографія** має вигляд групи кривих, кожна з яких відповідає певній структурі серця. Амплітуда вказує на розмах систолічних рухів реєструємої анатомічної структури. Спеціальна програма дозволяє отримати параметри кінцевого систолічного та діастолічного об'ємів лівого шлуночка та передсердь, величину фракції викиду шлуночків, фракції випорожнення передсердь, систолічного та хвилинного об'ємів, товщини й маси міокарда.

**Двовимірна ехокардіографія** дає можливість на екрані монітора спостерігати рухи стінок серця та клапанів в реальному масштабі часу.

**Доплерографію** серця проводять в імпульсному режимі. Завдяки їй вдається вивчити рух клапанів і стінок серця в будь-якій фазі серцевого циклу, а також в обраному контрольному об'ємі виміряти швидкість руху крові, напрямок і характер її течії. В нормі кровоток в усіх відділах ламінарний (односпрямований та рівномірний). Він записується на кривій доплерограми як вузька лінія, а на звуковому виході приладу обумовлює чіткий тональний сигнал. За кривою можна розрахувати об'єм крові, що потрапляє за один цикл із передсердя в шлуночок. За даними кольорової доплерографії напрямок і характеристики потоків крові записуються різними кольорами. Рух крові в бік датчика відображається червоним кольором, рух від датчика - синім. Змішування ж обох кольорів вказує на різноспрямоване переміщення елементів



крові.

**Радіонуклідні дослідження серцево-судинної системи за допомогою гамма-камери** поділяють на динамічні та статичні. **Динамічні** дозволяють оцінити внутрішньосерцеву гемодинаміку та скоротливу функцію міокарда (ангіокардіографія, радіонуклідна вентрикулографія), функціональну активність серця та стан внутрисерцевої гемодинаміки і виявити в стінках шлуночків зони дискінезії, акінезії, парадоксальних рухів, аневризми шлуночків. Використовують РФП  $^{99m}\text{Tc}$ -пертехнетат або  $^{99m}\text{Tc}$ -АЛС (альбумін сироватки людини) з розрахунку 400-600 МБк в об'ємі 1 мл в/в.

**Контрастні методи рентгенологічного дослідження серця та великих судин** оснований на введенні в кровоносне русло водорозчинних органічних сполук йоду (60-75% розчиннів тріомбрасу, верографіну, урографіну, йодамідну тощо). Показаннями до цих методів – діагностика і вивчення гемодинамічних порушень при вроджених і набутих вадах серця та великих судин.

**Ангіокардіографія (загальна та селективна)** – метод вивчення форми та розмірів відділів серця і великих судин, швидкості кровотоку, а також виявлення патологічних сполучень між ними. При загальній контраст вводять в оголену вену автоматичним шприцем з великою швидкістю – 40 мл/с з розрахунку 1 мл на 1 кг маси хворого. На серійних ангіокардіограмах послідовно одержують зображення верхньої порожистої вени, правого передсердя і шлуночка, аорти. Її використовують для вивчення гемодинаміки. Селективну для діагностики вроджених і набутих вад серця.

**Коронарографія** – метод вивчення стану вінцевих артерій серця, стану колатерального кровообігу. Її застосовують в тяжких випадках ішемічної хвороби серця, інфаркту міокарда при вирішенні питання про хірургічне втручання (аортокоронарне шунтування та ендартректомія) і оцінки наслідків лікування. Найбільшого застосування набув метод селективної коронарографії, при якій проводять роздільну катетеризацію правої та лівої вінцевих артерій. Для цього виконують черезшкірну пункцію стегнової артерії за Сельдінгером і у висхідну частину аорти під контролем рентгенотелебачення вводять



потрібний катетер. Для правої вінцевої артерії потрібно 2-3 мл контрасту, для дітей – 4-6 мл.

**Цифрова субтракційна ангиокардіографія** полягає у використанні комп'ютерної техніки, зокрема аналого-цифрового приладу для обробки рентгенівського зображення. За допомогою ЕОМ знімають фонове зображення з контрастного з послідовною фіксацією його на екрані монітору, що утримує інформацію про наявність ділянок, які відповідають контрастній речовині. Органи і тканини мають вигляд контурів [4].

## ОСНОВИ РЕНТГЕНОАТОМІЇ СЕРЦЯ ТА МАГІСТРАЛЬНИХ СУДИН

Форма і положення серця залежать від просторових умов, які є в грудній порожнині – це й форма грудної клітки і висота стояння діафрагми. Чим нижче розташована діафрагма, тим ближче до вертикального наближається положення серця. Критерієм положення серця є кут його нахилу, утворений довгою віссю серця та горизонтальною лінією, що проводиться на рівні лівого серцево-діафрагмального кута.

За кутом нахилу розрізняють три нормальних положення серця:

- скисне (кут нахилу  $45^\circ$ , у осіб нормостенічної конституції);
- горизонтальне (кут нахилу близько  $30^\circ$ , у осіб гіперстенічної конституції);
- вертикальне (кут нахилу близько  $55^\circ$ , у осіб астеничної конституції);

Кут нахилу утворений довжиною серця і поперечником грудної клітки на рівні правого купола діафрагми. Положення серця в значній мірі залежить від рівня стояння діафрагми і типу будови грудної клітки. При високому стоянні діафрагми і широкій грудній клітці серце, звичайно, розміщується горизонтально, при низькому стоянні діафрагми і подовженій грудній клітці – вертикально, при звичайній конусоподібній – косо.

В нормі при косо розташованому серці, лівий контур його на вдиху не доходить на 1,5-2 см до серединно-ключичної лінії (проводиться вертикально із точки перехрещення ключиці з заднім відрізком 2 ребра паралельно серединній



лінії), а правий контур відстає від краю хребта на 0,5-1 см. При горизонтально розташованому серці лівий контур майже доходить до серединно-ключичної лінії, а правий відстає від краю хребта на 2-2,5 см.

**Дуги серця та великих судин.** Серце досліджують в певних положеннях пацієнта.

**Пряма передня проекція є основною.** На правому контурі розрізняють дві дуги: верхня утворюється за рахунок висхідної аорти та верхньої порожнистої вени; нижня дуга – за рахунок правого передсердя. Заглиблення між ними – правий передсердно-судинний кут. Лівий контур має чотири менш диференційовані дуги. Перша згори утворена дугою та частково низхідною частиною аорти, друга – стовбуром і частково лівою гілкою легеневої артерії, третя – вушком лівого передсердя, четверта – лівим шлуночком.

Проміжок між правим і лівим передсердно-судинними кутами формує талию серця. Контури серця, що межують з діафрагмою, утворюють з обох сторін серцево-діафрагмальні кути (діафрагмо-середостінні синуси).

**Права передня скісна проекція** – на передньому контурі розрізняють три дуги: перша - висхідна частина аорти, друга – легеневим стовбуром і артеріальним конусом, третя – лівим шлуночком. Задній контур тіні серця має дві дуги: верхню, утворену верхньою порожнистою веною та частково висхідною частиною аорти та нижню, утворену лівим і правим передсердям. Протяжність обох передсердних дуг однакова.

**Ліва передня скісна проекція** – на передньому контурі дві дуги: перша – висхідна частина аорти, друга – вушко правого передсердя та правий шлуночок. На задньому – дві дуги: перша – ліве передсердя, друга – лівий шлуночок.

**Ліва бічна проекція** – на передньому контурі серця є дві дуги: верхня – висхідна частина аорти, нижня – артеріальний конус та правий шлуночок. Задній контур утворений зверху лівим передсердям, знизу – лівим шлуночком.

**Аорта** - в прямій проекції від талії догори продовженням тіні серця є судинний пучок (аорта, верхня порожниста вена і легеневий стовбур правого шлуночка). В аорті виділяють висхідну, дугу та низхідну частини. Верхня



частина дуги не досягає 1-3 см до рівня лівого грудинно-ключичного зчленування. Оптимальною проекцією вивчення всіх відділів аорти є ліва передня скісна.

**Клапани серця** в нормі рентгенологічно не виявляються. Звапніння та ущільнення клапанів мають вигляд дрібних компактних тіней, які зміщуються одночасно зі скороченнями серця.

**Форма серця і великих судин.** Розрізняють звичайну, мітральну, аортальну, трапецієподібну і округлу форми серця. Звичайна характеризується плавним переходом краєутворюючих дуг лівого контуру, заокругленістю дуги аорти і дуги лівого шлуночка. Тінь серця розташована скісно і має нормальні розміри.

**Мітральна форма** – це збільшення довжини і опуклості дуг, утворених легенеvim стовбуром і вушком лівого передсердя, згладжена талія серця, зміщений вгору правий передсердно-судинний кут. Мітральна форма характерна для набутих (мітральних) і вроджених (септальних) вад серця, для легеневого серця, тіреотоксичного серця та ін.

**Аортальну форму** характеризує значно підкреслена талія, утворена лівим шлуночком і низхідною частиною аорти, а також зміщення вниз правого передсердно-судинного кута. Аортальна форма характерна для набутих (аортальних) і вроджених (коарктація аорти) вад серця, гіпертонічної хвороби та ін.

**При трапецієподібній формі** серця помірно збільшені його розміри без чіткого розмежування дуг. В прямій передній проекції форма тіні серця і великих судин має схожість з трикутником.

**Округла форма** зустрічається при деяких спадкових вадах і у дітей 2-3 років та вираженому ексудативному перикардиті.

**Розміри серця і великих судин.** В практичній роботі також визначають довжину (повздовжній розмір) і поперечник серця. Довгий діаметр серця ДС з'єднує вершину правого атріовазального кута і верхівку серця. В середньому, у дорослих він дорівнює 15,0 см.



Поперечний діаметр серця складається з суми двох перпендикулярів ( $M_r$  і  $M_l$ ), опущених на середню лінію серця з найбільш віддалених точок правого і лівого контурів. Поперечник серця у чоловіків 19-21 року, в нормі, складає 14,1 см, 22-50 років – 15,5 см, у жінок відповідно 12,7 см і 13,5 см (М.С. Каменецкий, 1992).

В практичній роботі краще користуватися відношенням довжини та поперечника серця. В нормі, при косому положенні серця (у нормостеніків) це відношення складає 1:2, при вертикальному положенні (у астеніків) – 1:1,8, при горизонтальному положенні (у гіперстеніків) – 1:2,3.

**Крім цього, визначають [2, 3]:**

а) широкий діаметр серця – суму перпендикулярів, опущених на довгий діаметр серця з верхньої точки лівого і нижньої точки правого контурів серця ( $DR+KC$ );

б) хорду правої нижньої дуги (від атріовазального кута до правої нижньої точки серця – ДД 1), що по довжині дорівнює, в нормі, правій верхній дузі – ДД 2 (від атріовазального кута до верхньої точки аорти);

в) висота серцевої тіні - відрізок перпендикуляру, опущеного від атріовазального кута справа до горизонталі (ДД 1), проведеної на рівні правого серцево-діафрагмального кута. Інколи висота серцевої тіні відповідає хорді правого передсердя;

г) висота судинного пучка - відповідає відрізку перпендикуляра відновленого від правого передсердно-судинного кута до горизонтальної лінії проведеної на рівні верхнього контуру дуги аорти (ДА). В нормі, незалежно від форми серця, відношення висоти тіні серця і судинного пучка дорівнює 1:1;

д) ступінь випуклості дуги лівого шлуночка (HWS) – перпендикуляр до лінії, що з'єднує зліва на рентгенограмі в прямій проекції верхню і нижню точку лівого шлуночка, в середньому, у дітей вона дорівнює 0,5-1 см;

е) правий розмір аорти – перпендикуляр від зовнішнього краю висхідної аорти до сагітальної лінії ( $A_{m\Gamma}$ );

є) лівий розмір аорти – перпендикуляр від зовнішнього краю дуги аорти до



сагітальної лінії (АМІ);

ж) поперечний діаметр аорти, котрий дорівнює сумі правого і лівого розмірів (Амг+АМІ, у підлітків – 3-4 см, у дорослих 6-7 см).

По И.Х. Рабкіну і Е.А. Григоряну (1973) діаметр аорти в передній прямій проекції визначається відстанню від сагітальної лінії або контрастованого стравоходу до найбільш віддаленої точки аортальної дуги. Залежно від віку хворих за даними вищезгаданих авторів ширина дуги аорти дорівнює: в 6-7 років – 2,09 см, 8-9 років – 2,4 см, 10-11 років – 2,5 см, 12-15 років – 2,6 см.

Й.Х. Рабкін з співавтор. (1963) запропонували аорто-легеневий коефіцієнт: відношення розмірів аорти в прямій або II косій проекції до половини поперечнику грудної клітки в відсотках. В нормі, він складає 9-14% в прямій проекції і 15-20% в II косій; при астенічній тілобудові це відношення збільшується, при гіперстенічній – зменшується.

Кардіоторакальний індекс (КТІ) визначається по формулі:

$$КТІ = (Мг + МІ) : \text{базальний діаметр грудної клітки} \times 100\%,$$

де (Мг+МІ) – поперечний діаметр серця.

І.Б. Динник і І.Б. Доровська (1973) вивчаючи залежність величини КТІ від віку дітей приводять такі дані: у дітей раннього віку цей показник дорівнює 49+3,07%, в групі дітей дошкільного віку 48+1,03%, у дітей шкільного віку і підлітків – 44+5,1%.

Ю.М. Константінов (1963) виділяє 3 ступеня збільшення КТІ: нормальна величина не перевищує 50%, збільшення I ступеня – 50-55%, II ступеня 55-60%, III ступеня – більше 60%. Слід пам'ятати, що у новонароджених і дітей з ожирінням в зв'язку з горизонтальним положенням серця КТІ, в нормі, може складати 53-55%.

Значну допомогу в визначенні патології серцево-судинної системи, особливо легеневої гіпертензії, надає визначення індексу Мура (Moore et al., 1959): відношення перпендикуляра, опущеного на сагітальну лінію з найбільш віддаленої точки другої дуги зліва (РА) до ½ базального діаметру грудної клітки у відсотках.





Цей показник характеризує ступінь розширення легеневої артерії і дорівнює по К.Б. Кривовій (1966) у чоловіків – 18%, у жінок – 21%.

У дітей (Н.А.Білокінь і М.Б.Кубергер, 1987) індекс Мура до 30% вказує на нормальну легеневу артерію, 30-35% - на її збільшення I ступеня, 36-40% - II ступеня, 41-50% - III ступеня. Збільшення цього показника більш ніж на 50% свідчить на користь аневризматичного розширення легеневої артерії.

Ліву легеневу артерію можна оцінити в I косій проекції, де вона розміщується ортоградно, дає тінь на фоні судинного пучка. В нормі, діаметр у підлітків може досягати 1,5-1,8 см.

Калібр крупних легневих вен визначають на основі венозного коефіцієнту; що являє собою відношення діаметру верхніх легневих вен до діаметру вен нижньої долі. Оскільки, в нормі, верхні легневі вени мають дещо менший розмір, ніж нижні, то коефіцієнт цей менший 1 (І.П. Кисельова, А.В. Іваницький, 1988).

Діаметр верхньої порожнистої вени визначають по рентгенограмі в прямій проекції по відсотковому відношенню відстані від серединної лінії до найбільш виступаючої точки вени до половини поперечнику грудної клітки. В нормі, цей показник коливається від 10 до 20%.

Непарна вена на рентгенограмі в прямій проекції визначається дещо справа від сагітальної лінії, утворюючи однорідну, інтенсивну, округлої або овальної форми тінь діаметром, залежно від віку, 5-10 мм в правому трахеобронхіальному куті на фоні верхньої порожнистої вени.

Особливо важливою для діагностики вроджених і набутих вад серця, а також інших захворювань є рентгенограмометрія порожнин серця.

В лівій косій проекції проводиться вимір шлуночків по *методу Фрея* (Fray, 1932). Для того, щоб здійснити вимір, потрібно визначити проекції міжшлуночкової перетинки. Для цього проводять дві паралельні горизонтальні лінії: верхню – через точку Б, розміщену на правій стінці трахеї безпосередньо над біфуркацією, від правого краю грудної клітки (А) до лівого реберно-хребцевого зчленування (В), нижню – від правого краю грудної клітки (Г) до



лівого реберно-хребцевого зчленування над діафрагмою (Д), на рівні найбільшого поперечного розміру грудної клітки.

Точка Б – верхня, на яку відбивається міжшлуночкова перетинка. В тих випадках, коли відстань АВ дорівнює БВ, нижній край перетинки буде знаходитись на середині відстані ГД в точці Е. З'єднавши точки Б і Е, отримуємо проекцію міжшлуночкової перетинки.

Розміри кожного шлуночка визначаються шляхом виміру перпендикуляру від перетинки до найбільш віддалених контурів правого і лівого шлуночків розділивши відстань ГД на 4 визначимо, яким повинний бути розмір шлуночка даного хворого – вирахований діаметр шлуночка.

Й.Х. Рабкін з співавтор. (1975) визначають 3 ступеня збільшення лівого шлуночка в ІІ косій проекції. В нормі контур лівого шлуночка не доходить до переднього контуру хребта, інколи може накладатися на тінь хребців до 0,5 см.

**1 ступінь** – контур шлуночка доходить до переднього краю хребта, серцево-діафрагмальний кут дещо випрямлений;

**2 ступінь** – задній контур серця проекційно накладається на тінь хребта, серцево-діафрагмальний кут стає прямішим;

**3 ступінь** – лівий шлуночок значно нашаровується на тінь хребта, серцево-діафрагмальний кут прямий.

В лівій косій (ІІ) проекції збільшення правого шлуночка можна визначати по Г.М. Соловйову і Й.Х. Рабкіну (1961):

**1 ступінь** - дуга правого шлуночка ледь вибухає і наближається до вертикальної лінії;

**2 ступінь** – контур правого шлуночка створює дугу великого радіуса;

**3 ступінь** – контур правого шлуночка створює різко вибухаючу дугу, значно звужуючи за грудинний простір.

Крім того, розмір правого шлуночка можна визначати по величині його вивідного тракту (truncus arteriosus) в правій косій проекції. В нормі, при не збільшеному шлуночку truncus arteriosus складає одну лінію з переднім контуром серця, або дещо виступає вперед. Довжина вивідного тракту визначається лінією



ДЕ, що з'єднує верхню і нижню точки вивідного тракту; шириною (KF) – перпендикуляром, опущеним з найбільш віддаленої точки (F) на лінію ДЕ. В нормі, за даними Й.Х. Рабкіна (1975), довжина не перевищує 3 см, а ширина – 0,5 см у дітей старшого віку.

В лівій бічній проекції площа стикання правого шлуночка з грудниною, в нормі, дорівнює площі стикання лівого шлуночка з діафрагмою. При збільшенні правого шлуночка він більш широко прилягає до груднини, ніж лівий до діафрагми.

У здорової людини в лівій передній косій проекції ліве передсердя займає верхню 1/3 заднього контуру серця, а 2/3 внизу – припадає на долю лівого шлуночка.

В І косій проекції оцінюють збільшення лівого передсердя по Г.М. Соловйову і Й.Х. Рабкіну (1961):

**1 ступінь** – ретрокардіальний простір вільний і тінь зміщеного стравоходу не досягає тіні хребта;

**2 ступінь** – тінь зміщеного назад стравоходу досягає переднього краю тіні хребта, повністю закриваючи ретрокардіальний простір;

**3 ступінь** – тінь передсердя і зміщений назад стравохід накладаються на тінь хребта.

Для того, щоб встановити характер перевантаження лівого передсердя визначають радіус дуги відхиленого ним назад стравоходу, який моделює форму задньої стінки передсердя. Невеликий радіус, до 6 см включно, свідчить про ізометричну гіпертрофію міокарду, тобто про систолічний варіант перевантаження; великий радіус, від 7 см і більше – про діастолічний.

Для визначення розмірів правого передсердя найбільш часто використовується методика J. Goodwin з співавтор. (1957) в модифікації Е.Л. Григорян (1968):

$$ІГ = Мг : \frac{1}{2} \text{ базального діаметру грудної клітки } \times 100\%,$$

де ІГ – індекс Григоряна, Мг – перпендикуляр, опущений на сагітальну лінію найбільш віддаленої точки правого контуру серця.



В нормі, ІГ складає 20-30%, при збільшенні **1 ступеня** – 31-40%, **2 ступеня** – 41-50%, **3 ступеня** – більше 50% [2].

### **Висновки.**

Знання анатомії, фізіології, патофізіології та патоморфологічного субстрату різних патологічних процесів в органах грудної порожнини допомагають здобувачам вищої освіти засвоїти променеву діагностику захворювань серця, великих судин та органів дихання.