

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Кафедра урології, променевої діагностики і терапії**

**Н.В.Туманська, К.С.Барська, С.В. Скринченко**

**РЕНТГЕНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ**  
**ДОСЛІДЖЕННЯ**

**Навчальний посібник**  
**для студентів**

*Запоріжжя*

*2016*

УДК 616 – 073.7 (076)

ББК 53.6я73

Т 83

***Укладачі:***

**Туманська Н. В.** – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри урології, променевої діагностики і терапії Запорізького державного медичного університету.

**Барська К. С.** – асистент кафедри урології, променевої діагностики і терапії Запорізького державного медичного університету.

**Скринченко С. В.** – асистент кафедри урології, променевої діагностики і терапії Запорізького державного медичного університету.

Рентгенологічні методи дослідження: навчальний посібник для студентів / уклад. Н. В. Туманська, К. С. Барська, С. В.Скринченко – Запоріжжя : [ЗДМУ], 2016. – 82 с.

У навчальному посібнику представлені історія розвитку рентгенологічного методу променевої діагностики, фізичні основи рентгенологічного методу діагностики, принципи отримання зображення, показання до застосування різних методик рентгенологічного дослідження, методики рентгенологічного дослідження різних органів і систем. В кінці кожного розділу пропонуються тестові та контрольні питання. Цей навчальний посібник призначений для студентів медичних ВНЗів.

## Зміст

Вступ.....	
<b>Розділ 1. Рентгенологічне дослідження.....</b>	
1.1. Рентгенологічне дослідження – метод променевої діагностики.....	
1.2. Історія відкриття рентгенівських променів.....	
1.3. Біологічна дія випромінювання.....	
1.4. Властивості рентгенівських променів.....	
1.5. Формування рентгенівського зображення.....	
1.6. Принципи природнього і штучного контрастування.....	
1.7. Методи рентгенологічного дослідження.....	
1.8. Рентгенограми, їх види.....	
1.9. Рентгенівські апарати.....	
1.10. Основні терміни, які використовуються при рентгенологічному дослідженні.....	
<b>Розділ 2. Рентгенівська комп'ютерна томографія</b>	
2.1. Історія створення комп'ютерної томографії.....	
2.2. Фізичні основи рентгенівської комп'ютерної томографії.....	
2.3. Переваги комп'ютерної томографії.....	
2.4. Штучне контрастування в комп'ютерній томографії.....	
2.5. Основні терміни, які використовуються в комп'ютерній томографії.....	
Питання для самоконтролю.....	
Тестові завдання.....	
Перелік скорочень.....	
Список літератури.....	

## Вступ

З начала ХХ століття значний прогрес у діагностиці та своєчасному лікуванні багатьох захворювань пов'язаний з впровадженням у медичну практику рентгенологічних методів візуалізації, що дозволяють одержувати зображення внутрішньої структури та функціонування більшості органів людського організму без інвазивного втручання.

В даний час променева діагностика - основна діагностична дисципліна клінічної медицини. Сучасна променева діагностика являє собою комплекс основного рентгенологічного методу та нові візуалізуючі діагностичні технології, які активно розвиваються. Сьогодні рутинне рентгенівське дослідження переходить на цифрові методи отримання зображень. З впровадженням комп'ютерних технологій з'явилася та бурхливо вдосконалюється комп'ютерна томографія (КТ). Винайдено комбіновані апарати, що поєднують різні методи візуалізації: радіоізотопні та КТ, що підвищують рівень отримання діагностичної інформації. На перетині променевої діагностики та хірургії народився новий напрям в медицині - інтервенційна радіологія. У повсякденну практику лікаря впровадилися малоінвазивні діагностичні та лікувальні маніпуляції під контролем різних променевих технологій, що підвищили якість діагностики та лікування.

В даний час променеві методи дослідження важко назвати допоміжними. Вони вирішують багато основних завдань - раннього (у ряді випадків доклінічного) виявлення захворювання, неінвазивного визначення патологічних змін структури та функції органів і тканин, їх ступені та стадії, диференціальної діагностики виявлених патологічних змін, оцінки найближчих та віддалених результатів різних видів лікування.

Рентгенодіагностика базується на фундаментальних медичних і фізико-математичних дисциплінах. Вона відображає базисні інтегровані знання нормальної, топографічної, патологічної анатомії та фізіології,

біологічної фізики та хімії, отримані студентами до моменту початкового вивчення променевої діагностики. Роль кожного методу рентгенодіагностики велика, але вона набуває більш вагомого значення, коли поєднується з клінічними та лабораторними даними. Для ретельного розуміння й аналізу отриманої променевої інформації променева діагностика вивчається студентами паралельно з клінічними дисциплінами, з якими вона нерозривно пов'язана: терапією, хірургією, онкологією, кардіологією, пульмонологією, ендокринологією, неврологією, гінекологією, урологією та багатьма іншими.

Рішення кожного із завдань рентгенодіагностики стосовно конкретного клінічного випадку вимагає використання різних рентгенологічних методик та їх поєднання.

У зв'язку з цими різноманітними аспектами перед студентами вищих медичних навчальних закладів, які вивчають променеву діагностику, стоять важливі завдання. Перш за все, це вивчення принципів генерації та фізичних характеристик рентгенівських променів, механізму біологічної дії іонізуючих видів випромінювань. Посібник допоможе зрозуміти принципи отримання інформації за допомогою різних рентгенологічних методів дослідження.

Для ефективного використання кожного з безлічі сучасних методів рентгенологічного дослідження в діагностиці конкретного захворювання майбутньому лікарю необхідно визначити призначення цих методів дослідження, показання та протипоказання до них і навчитися вибирати оптимальний для певної клінічної ситуації. При цьому, для отримання максимально швидкого й ефективного діагностичного результату, слід враховувати здатність методу забезпечити лікаря найбільш повною інформацією про морфологічний і функціональний стан різних органів, біологічну дію випромінювань, що застосовуються при цьому методі, а також доступність й економічність.

## Мета і завдання занять з рентгенодіагностики:

1. Висвітлити історію розвитку різних рентгенологічних методів променевої діагностики.
2. Освоїти принципи формування зображення при різних рентгенологічних методах променевої діагностики.
3. Вивчити основні терміни, які використовуються в променевій діагностиці.
4. Показати діагностичне значення рентгенологічних методів дослідження.
5. Навчити студентів орієнтуватися у виборі рентгенологічного методу дослідження того чи іншого органу чи системи органів в залежності від даних анамнезу та візуального обстеження.
6. Побудувати алгоритм послідовного променевого дослідження того чи іншого органу чи системи органів в залежності від локалізації та перебігу патологічного процесу.
7. Навчити студентів оцінці та аналізу отриманих діагностичних зображень при різноманітних патологічних процесах.

# РОЗДІЛ 1. РЕНТГЕНОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

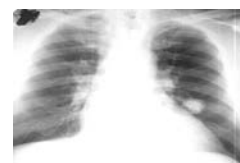
## 1.1 Рентгенологічне дослідження - метод променевої діагностики.

**Рентгенологічне дослідження** - метод променевої діагностики, при якому для отримання діагностичних зображень використовують рентгенівські промені.

**Променева діагностика** - наука про застосування випромінювань для вивчення будови, функції нормальних і патологічно змінених органів, систем людини з метою профілактики та діагностики захворювань.

### Склад променевої діагностики:

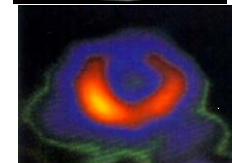
1. рентгенодіагностика



2. рентгенівська комп'ютерна томографія



3. радіонуклідна діагностика



4. ультразвукова діагностика



5. магнітно-резонансна томографія



## 6. інтервенційна радіологія



Інтервенційна радіологія включає виконання діагностичних і лікувальних малоінвазивних хірургічних втручань із застосуванням променевих діагностичних досліджень.

### **1.2 Історія відкриття рентгенівських променів.**

Людство знайоме з рентгенівськими променями, названими на честь вченого, який відкрив їх, з кінця XIX століття. 8 листопада 1895 професор фізики Вюрцбурзького університету Вільгельм Конрад Рентген (1845-1923), будучи активним фізиком-експериментатором, вивчаючи у своїй лабораторії роботу електровакуумної (катодної) трубки, помітив, що при подачі струму високої напруги на її електроди з'являється зеленувате світіння, яке знаходилося на значній відстані від люмінесціюючої речовини - платиносинеродистого барію (мал.1).

В. К. Рентген щільно обернув катодну трубку чорним картоном, повторив дослід в темній кімнаті для виключення потрапляння на екран випромінювання світлового спектру і знову отримав світіння флюоресцентного екрану.





Мал.1. Вільгельм Конрад Рентген

Вчений почав відсувати платиносинеродистий барій від працюючої катодної трубки, але світіння екрана зберігалось. Рентген прийшов до висновку, що в трубці виникають якісь невідомі науці промені, що мають здатність проникати крізь тверді тіла і поширюватися в повітрі на відстані, що вимірюється метрами. В. К. Рентген повторював експеримент багато разів і встановив, що виявлений феномен не був пов'язаний ні з відображенням звичайного світла, ні з катодними променями, оскільки вони не проникають через повітря на великі відстані. Після багаторазових дослідів він попросив свою дружину Берту дозволити йому сфотографувати її руку за допомогою нових променів, і 22 грудня 1895 р. була отримана перша в світі рентгенограма людини (мал.2).



Мал. 2. Рентгенограма госпожи Рентген (зроблена 22 грудня 1895 року)

28 грудня 1895 В.К. Рентген здав до друку своє повідомлення «Про новий вигляд променів. Перше повідомлення», опубліковане в «Звітах про засідання Фізико-медичного товариства Вюрцбурга». 23 січня 1896 р. В.К. Рентген виклав свою роботу в доповіді на засіданні Фізико-математичного товариства Вюрцбурга.

Це відкриття справило світову сенсацію. В суспільстві навіть ходили чутки, що за допомогою нових променів можна отримати не тільки зображення органів людини, але й читати її думки.

Відкритий В.К. Рентгеном новий вид випромінювання назвали Х-променями. Рентген першим серед фізиків в 1901 р. за своє відкриття був удостоєний Нобелівської премії, яка була вручена йому в 1909 р. Рішенням міжнародного з'їзду з рентгенології в 1906 р. Х-промені названі рентгенівськими. Так народилася нова медична спеціальність - променева діагностика.

## ВИПРОМІНЮВАННЯ, що використовуються в променевій діагностиці

***неіонізуючі:***

теплове (інфрачервоне)

резонансне

ультразвукові хвилі

***іонізуючі:***

рентгенівське

радіоактивні елементи

***Їх відмінності:***

Не викликають іонізації атомів

Викликають іонізацію атомів

(розпад на протилежно заряджені частки-іони )

**1.3 Біологічна дія випромінювань.**

Всі випромінювання, як неіонізуючі, так й іонізуючі, характеризуються біологічною дією, оскільки здатні викликати зміни в живих організмах. Однак енергія ультразвукових хвиль й електромагнітних коливань, що використовуються в діагностиці, значно нижче енергії, яка супроводжується механічною і хімічною реакцією тканин. До теперішнього часу шкідливих впливів ультразвуку, стабільного магнітного поля і високочастотних радіохвиль на організм біологічних істот, у тому числі й людини, не зареєстровано, тому їх вважають практично нешкідливими, але питання про їх біологічну дію продовжує вивчатися.

Біологічна дія іонізуючих випромінювань відома з кінця XIX століття, коли в 1895 р. німецький фізик К.В. Рентген відкрив новий вид невидимого випромінювання, здатного проникати в глибину тканин та клітин, а в 1896 р. А. Беккерель встановив, що уран здатний випускати промені, за властивостями схожі на відкриті Рентгеном. Незнання шкідливих властивостей іонізуючих випромінювань призвело до ураження десятків та сотень людей. У 1895 р. асистент Рентгена Вільям Грубе отримав радіаційний опік рук. Сильний вплив випромінювань радію випробував сам Анрі Беккерель. Пробірка з радієм, що знаходилася в кишені жилета Анрі

Беккереля, викликала почервоніння шкіри живота з подальшою появою виразок.

**У дії іонізуючих випромінювань на біологічний об'єкт виділяють кілька стадій:**

1. Фізична стадія - у процесі якої відбувається поглинання енергії випромінювання опроміненим середовищем, при якому виникають збуджені й іонізовані молекули (білки, вуглеводи, жири, нуклеїнові кислоти, вода, різні низькомолекулярні органічні та неорганічні сполуки).

2. Фізико-хімічна стадія - в цю стадію поглинена енергія мігрує по макромолекулярним структурам і перерозподіляється між збудженими й іонізованими молекулами, викликаючи руйнування хімічних зв'язків там, де ці зв'язки менш міцні, а в мікрооточенні з'являються нові іони, сольватовані електрони та вільні радикали.

3. Хімічна стадія - протягом цієї стадії іони, що утворилися, та вільні радикали взаємодіють між собою та з оточуючими молекулами. В результаті утворюються нові продукти - супероксидний аніон, гідропероксид, пероксид водню, атомарний та синглетний кисень, що є сильними окислювачами органічних речовин біосубстрату. При впливі продуктів радіолізу води на амінокислоти, білки, вуглеводи, нуклеотиди, фосфоліпіди, ДНК утворюються органічні вільні радикали. Виникають основні структурні пошкодження, при цьому найбільше значення для подальшої долі опроміненої клітини мають процеси, що відбуваються в молекулах ДНК, білків і фосфоліпідів. У білкових макромолекулах дія іонізуючого випромінювання призводить до порушення первинної структури: розриву дисульфідних містків, водневих зв'язків, пептидного ланцюга; утворення зшивок між пептидними ланцюгами, окислення сульфгідрильних груп й ароматичних амінокислот. Результатом цих

процесів є зміна вторинної та третинної структури білків, що веде, в свою чергу, до порушення їх біологічних властивостей, у тому числі ферментативної, гормональної, рецепторної активності. Змінюється відносний хімічний склад фосфоліпідів мембран, їх в'язкість, проникність, багато фізико-хімічних характеристик з наступним порушенням життєво необхідних для клітини функцій - бар'єрної, рецепторно-сигнальної, регуляторної, транспортної тощо. Ураження мембран мітохондрій, мікросом, лізосом, ендоплазматичного ретикулуму викликає порушення структури та функції цих утворень і клітин в цілому. Пошкодження мембран лізосом і вихід за їх межі протеаз сприяють в ранні терміни після опромінення активації процесів протеолізу. Розвиваються ушкодження ядерної ДНК: одониткові розриви, пошкодження основ, двониткові або подвійні розриви, порушення вторинної структури та надмолекулярної організації, що призводять до порушень структури та функцій клітини. Спостерігається гальмування росту та поділу клітин, дистрофічні зміни, аж до загибелі.

4. Біологічна стадія - формування ушкоджень на клітинному, тканинному, органному та організменному рівнях, формування віддалених наслідків опромінення. Зміни в хромосомному апараті клітини позначаються на її спадкових властивостях: ведуть до радіаційної мутації, в соматичних клітинах – до появи клітин з новими якостями, тобто клітин - джерел пухлинних захворювань. Мутації в статевих клітинах виявляються в наступних поколіннях, що веде до зростання спадкових хвороб.

Однак дія іонізуючих випромінювань на різні біологічні об'єкти неоднакова. Кожному виду клітин і тканин властива своя радіочутливість або радіорезистентність - міра чутливості або стійкості до дії іонізуючих випромінювань.

Радіочутливість тканин прямо пропорційна проліферативній активності та обернено пропорційна ступеню диференційованості складових її клітин (правило Бергоньє-Трибондо). Найбільш радіочутливим в організмі є тканини, що містять малодиференційовані клітини, які активно розмножуються.

За ступенем радіочутливості, від найбільш радіочутливих до найбільш радіорезистентних, тканини організму розташовуються таким чином:

- мієлоїдна, лімфоїдна,
- епітелій: гермінативний, кишковий і покривний,
- м'язова, нервова, хрящова та кісткова тканини.

Також радіочутливість клітини, тканини та органу залежить від виду випромінювання, яке на них впливає, стадії мітотичного циклу клітини, ступеня оксигенації, функціонального стану (зазвичай посилюється при підвищенні функцій), а також від зовнішніх факторів: температури, вмісту кисню та води.

Таким чином, будь-яке застосування іонізуючих випромінювань в медичних цілях вимагає обов'язкового обґрунтування, дотримання правил радіаційної безпеки, протипроменевого захисту пацієнтів та медичного персоналу.

#### **1.4 Властивості рентгенівських променів**

Рентгенівські промені мають такі властивості:

- ✓ проникають крізь непрозорі тіла;
- ✓ зумовлюють світіння деяких хімічних з'єднань;
- ✓ розкладають галоїдні з'єднання срібла;
- ✓ змінюють електропровідність напівпровідникових пластин;
- ✓ утворюють іони.

Ці властивості широко використовуються при одержанні медичного зображення. Рентгенівські промені виникають в рентгенівській трубці, яка являє собою скляний балон з великим ступенем вакууму всередині нього. В порожнині трубки знаходяться два електроди: катод та анод. На катоді виникають електрони, які прискорюються в просторі між катодом та анодом. Прискорені електроди гальмуються на аноді, в зв'язку з чим виникають рентгенівські промені.

Рентгенівська трубка є складовою частиною апарата, що має штатив, на якому утримується рентгенівська трубка, є місце для розміщення хворого, є трансформатор, який постачає в апарат струм високої та низької напруги, пульт керування, екранно-з'йомний пристрій.

Рентгенологічний метод дослідження - це спосіб вивчення будови і функції різних органів, що базується на кількісному і якісному аналізі пучка рентгенівських променів, які проникли крізь тіло людини.

## **1.5 Формування рентгенівського зображення**

**Принципова схема одержання зображення складається з:**

- генерації променів в рентгенівській трубці;
- спрямування променів на хворого;
- одержання невидимого рентгенівського зображення після різного поглинання та розсіювання променів при проходженні крізь об'єкт;
- одержання видимого зображення.

Формування рентгенівського зображення досліджуваного органу ґрунтується на неоднорідному поглинанні випромінювання тканинами, а в результаті - послаблення пучка рентгенівських променів при проходженні їх через тканини різної щільності. Неоднорідне послаблене випромінювання

потрапляє на сприймаючу систему - флуоресцентний екран або рентгенівську плівку.

За допомогою будь-яких методів медичної візуалізації отримують діагностичні променеві зображення:

***Аналогові:***

Рентгенограми

Сцинтиграми

Термограми

***Цифрові:***

Одержані за допомогою комп'ютера

Аналогові зображення несуть інформацію безперервного характеру (мал.3,4). Аналогові рентгенівські зображення отримують за допомогою методів класичної рентгенодіагностики (рентгенографії, рентгеноскопії, флюорографії) на флуоресціюючих екранах або на спеціальній рентгенографічній плівці - рентгенограмі.



Мал.3. Аналогова рентгенограма – екскреторна урограма (фото рентгенівської плівки на негатоскопі).

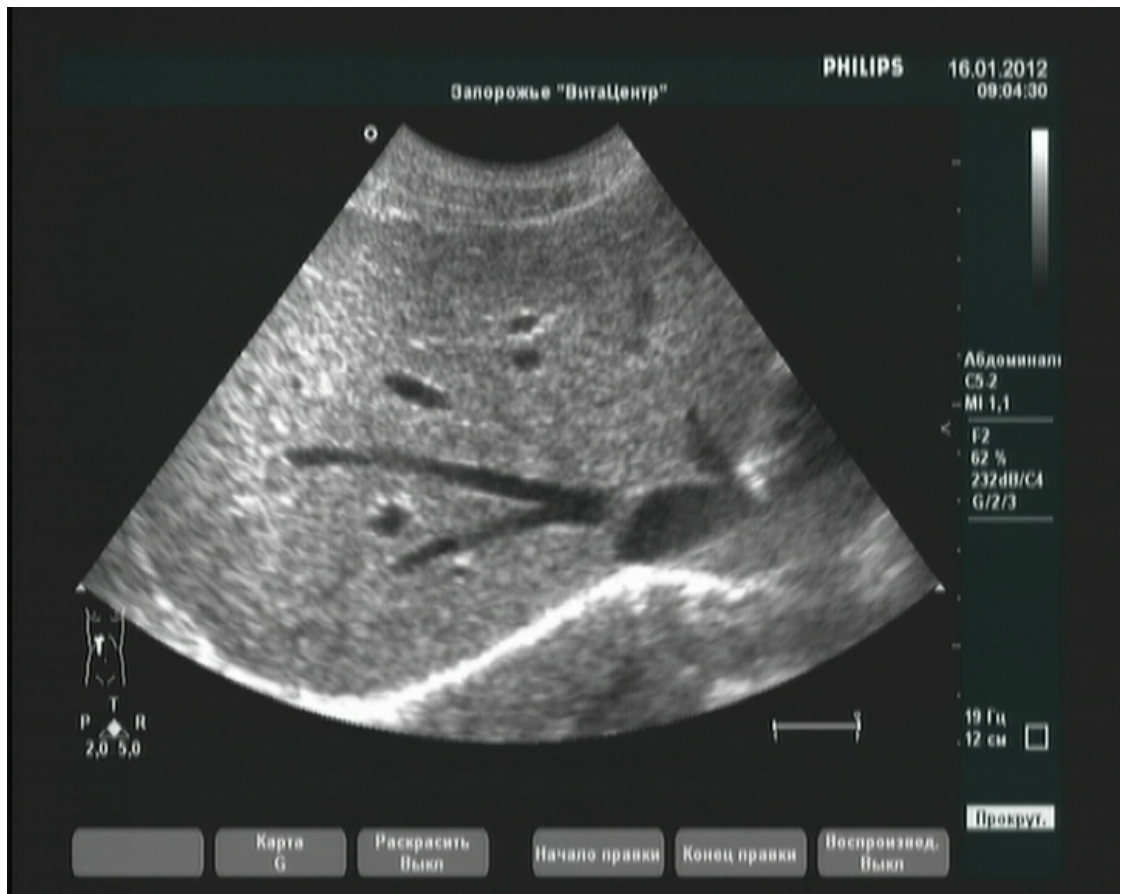




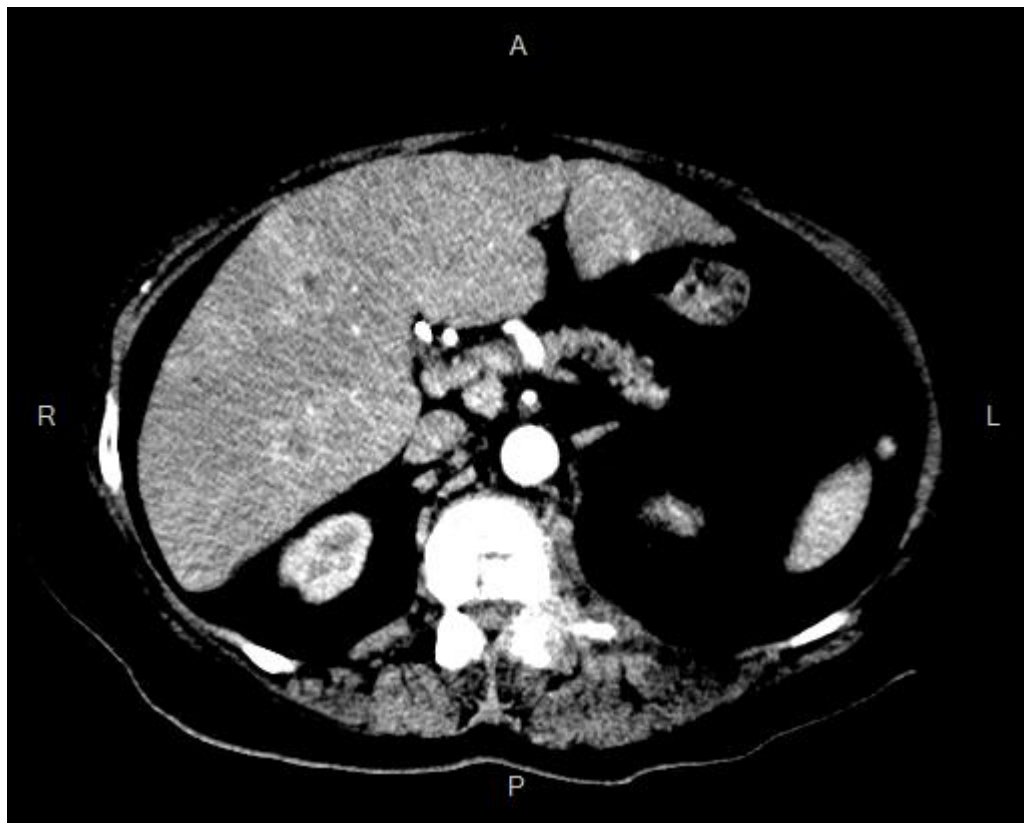
Мал.4. Аналогова сонограма печінки (фото сонограми, зробленої на термопапірі).

Цифрове зображення отримують за допомогою комп'ютера. Ці зображення одержані при комп'ютерній та магнітно-резонансній томографії, ультразвуковому скануванні, цифровій рентгенографії (мал.5,6,7).

До них відносяться дигітальна рентгенографія та рентгеноскопія, флюорографія та відеозапис за допомогою електронно-оптичного перетворювача.



Мал.5. Цифрова сонограма печінки.



Мал.6. Цифрова комп'ютерна томограма (метастази в печінці).



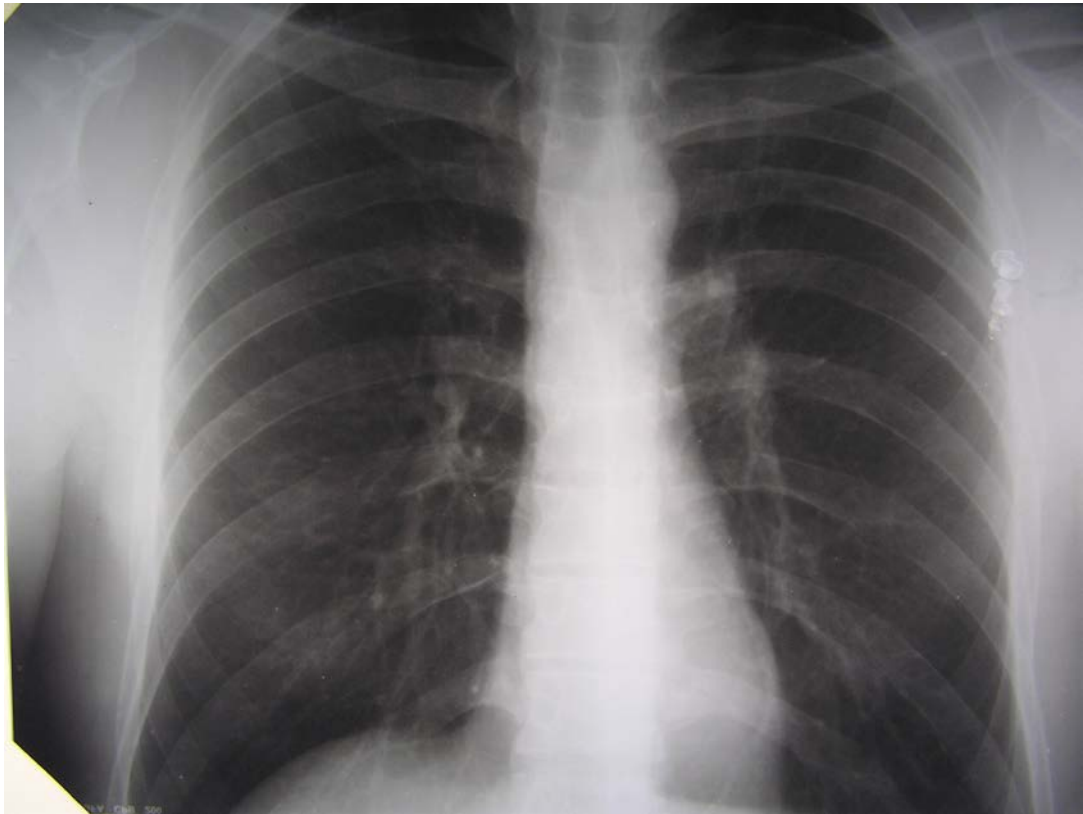
Мал.7. Цифрова ангиограма ниркових артерій.

При проходженні крізь тіло людини пучок рентгенівських фотонів послаблюється в результаті поглинання його тканинами. При рівній товщині

шару тканини, крізь який вони проходять, сильніше всього фотони поглинаються в кістковій тканині. Вдвічі слабше вони затримуються в паренхіматозних органах, м'язах, різних середовищах організму. Менше поглинаються рентгенівські промені в жировій клітковині і дуже мало в газах легень, шлунка, кишечника. Чим сильніше поглинаються рентгенівські промені в досліджувальній тканині, тим інтенсивніша тінь, яку вона утворює на рентгенівському флюоресцюючому екрані при проведенні рентгеноскопії, і тим менше його світіння. Зображення кісток, серця на флюоресцюючому екрані — чорне, легень — біле. Таке зображення отримало назву — прямого, позитивного.

### **1.6 Принципи природнього та штучного контрастування.**

Отримання рентгенівського зображення органів можливе завдяки природньому контрастуванню, якщо органи тіла поглинають рентгенівське випромінювання в різному ступені (значно більше або менше), ніж навколишні тканини. Кістки в значній мірі поглинають й інтенсивно послаблюють рентгенівські промені, легені, як повітряне середовище, пропускають промені і не послаблюють рентгенівське випромінювання, а м'які тканини займають проміжне положення між щільними та повітряними структурами за ступенем послаблення рентгенівського випромінювання. Завдяки природній контрастності отримують зображення органів грудної клітки та кісткового скелету (мал.8).



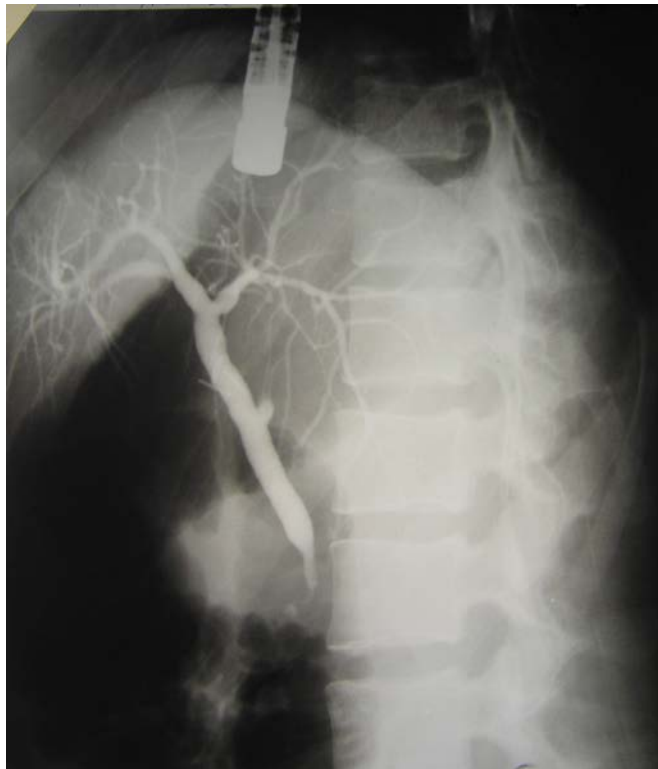
Мал. 8. Рентгенограма органів грудної клітки

Деякі органи і тканини організму поглинають рентгенівське випромінювання практично в однаковій мірі (мал.9).

Для отримання зображення таких органів, які не мають природнього контрастування, застосовують спеціальні методики, які ґрунтуються на штучній зміні прозорості досліджуваних органів і тканин для рентгенівського випромінювання. Це явище називають штучним контрастуванням. Наприклад, органи, які не мають природнього контрастування (органи шлунково-кишкового тракту, жовчовиділення та сечовиділення), потребують штучного контрастування (мал. 10).



Мал. 9.Рентгенограма органів черевної порожнини і сечовидільної системи.



Мал. 10. Рентгенограма жовчовивідних шляхів після їх штучного контрастування

### 1.7 Методи рентгенологічного дослідження

**Загальні:**

рентгенографія  
рентгеноскопія  
флюорографія  
лінійна томографія

**Спеціальні:**

мамографія  
ортопантомографія  
методики із застосуванням  
штучного контрастування

**Рентгенографія** - це метод променевого рентгенологічного дослідження, результатом якого є отримання статичних, аналогових, діагностичних зображень на рентгенівських плівках – рентгенограмах (мал.11).



## Мал.11. Рентгенівський діагностичний апарат.

В процесі рентгенографії рентгенівські промені, проходячи через тіло пацієнта, нерівномірно послаблюються і засвічують рентгенографічну плівку, в результаті чого і виходить діагностичне зображення.

Рентгенівська плівка з двох боків покрита спеціальною емульсією, чутливою до фотонів у широкому спектрі електромагнітних випромінювань (рентгенівському, ультрафіолетовому, видимому). Рентгенівську плівку для запобігання засвічування розташовують у спеціальних касетах. У касетах плівка знаходиться між двома флуоресцентними «підсилюючими» екранами, які при дії на них рентгенівських променів починають випромінювати світло видимого спектру, що приводить до більш інтенсивного засвічування плівки. Застосування флуоресціюючих екранів при проведенні рентгенографії знижує інтенсивність опромінення пацієнтів у десятки разів, що дозволяє в значній мірі уникнути негативних біологічних ефектів рентгенівського випромінювання.

Рентгенівські промені поширюються прямолінійно, тому рентгенівське зображення завжди повторює форму досліджуваного органу. Спочатку однорідний пучок рентгенівського випромінювання при проходженні через тіло пацієнта набуває неоднорідності, яка фіксується плівкою.

### **1.8 Рентгенограми, їх види.**

Рентгенограма - зображення органів і тканин, виконане в чорно-білих тонах. У практичній роботі отримують зображення на рентгенівській плівці. Зображення, отримане на рентгенівській плівці, складається з чорних ділянок—просвітлень і білих (прозорих) ділянок — затемнень. Чорні ділянки виникають в результат відновлення атомів срібла із галоїдного срібла, яке міститься в емульсійному шарі рентгенівської плівки. Чим менша щільність досліджуваних тканин, тим більше на рентгенівську плівку потрапило рентгенівських променів і тим більш чорним буде отримане зображення. У



білих прозорих ділянках атомів срібла немає. Воно виведене зі складу емульсійного шару при її хімічній обробці, яка включає в себе проявлення, промивання, фіксування, промивання та висушування. На цей процес витрачається до 40 хвилин. Якщо ж в рентгенівському кабінеті є проявочна машина, то час отримання зображення скорочується до 1,5 хвилин. Це зображення є негативним і називається традиційною, класичною рентгенограмою. Пристрій для розглядання малюнка, отриманого на рентгенівській плівці називається негатоскопом (мал.12).



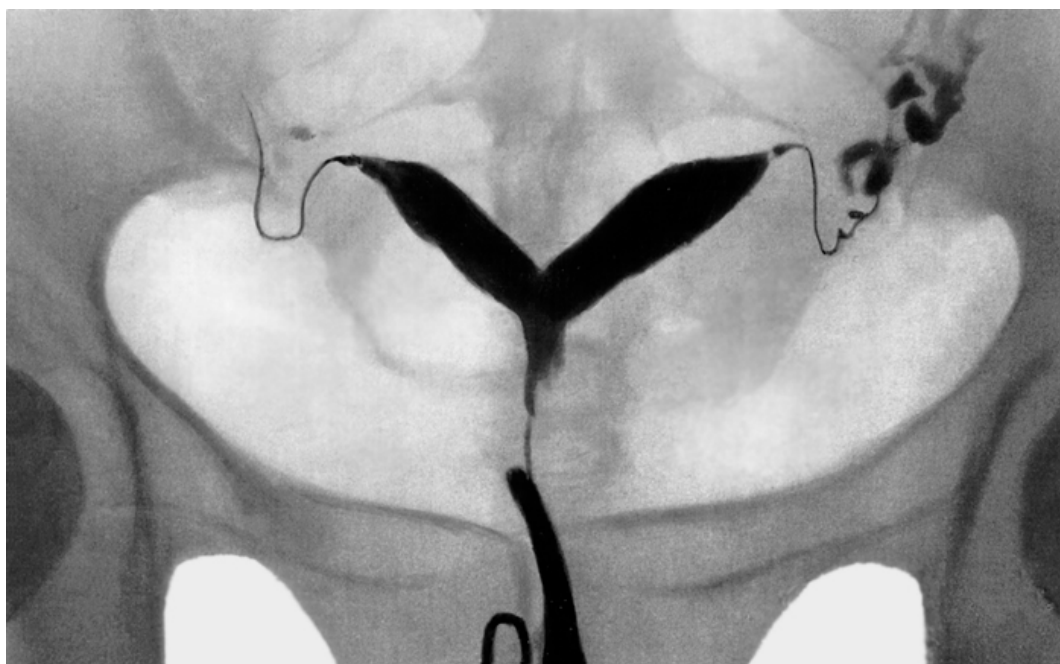
Мал.12. Негатоскоп.

Чорним ділянкам на таких негативних рентгенограмах відповідають органи та тканини, які добре пропускають рентгенівські промені, що засвічують рентгенівську плівку. Це органи та тканини, що мають низьку щільність - легені. Білим ділянкам на рентгенограмах відповідають структури, які сильно поглинають рентгенівське випромінювання, тобто органи та тканини з високою щільністю - кістки. При проходженні рентгенівських променів через органи з високою щільністю, більша їх частина поглинається, але енергії рентгенівських променів, що дійшли до

рентгенівської плівки, недостатньо для її засвічування, і вона при прояві залишається білою.

Позитивні зображення аналогічні звичайним фотографічним знімкам, їх отримують шляхом інверсії відтінків чорно-білої гами з негативів. Однак при переводі в позитивне зображення подовжується діагностичний процес, подвоюються економічні витрати та втрачається частина деталей, тому позитивні рентгенологічні знімки широкого застосування у променевій діагностиці не знайшли.

Негативне і позитивне зображення одного і того ж об'єкта відрізняються тим, що органи та тканини, які мають високу рентгенівську щільність, на негативних зображеннях - білого кольору, а на позитивних - чорного, і навпаки, органи та тканини, що мають низьку рентгенівську щільність на негативних зображеннях - чорного кольору, а на позитивних – білого (мал.13,14).

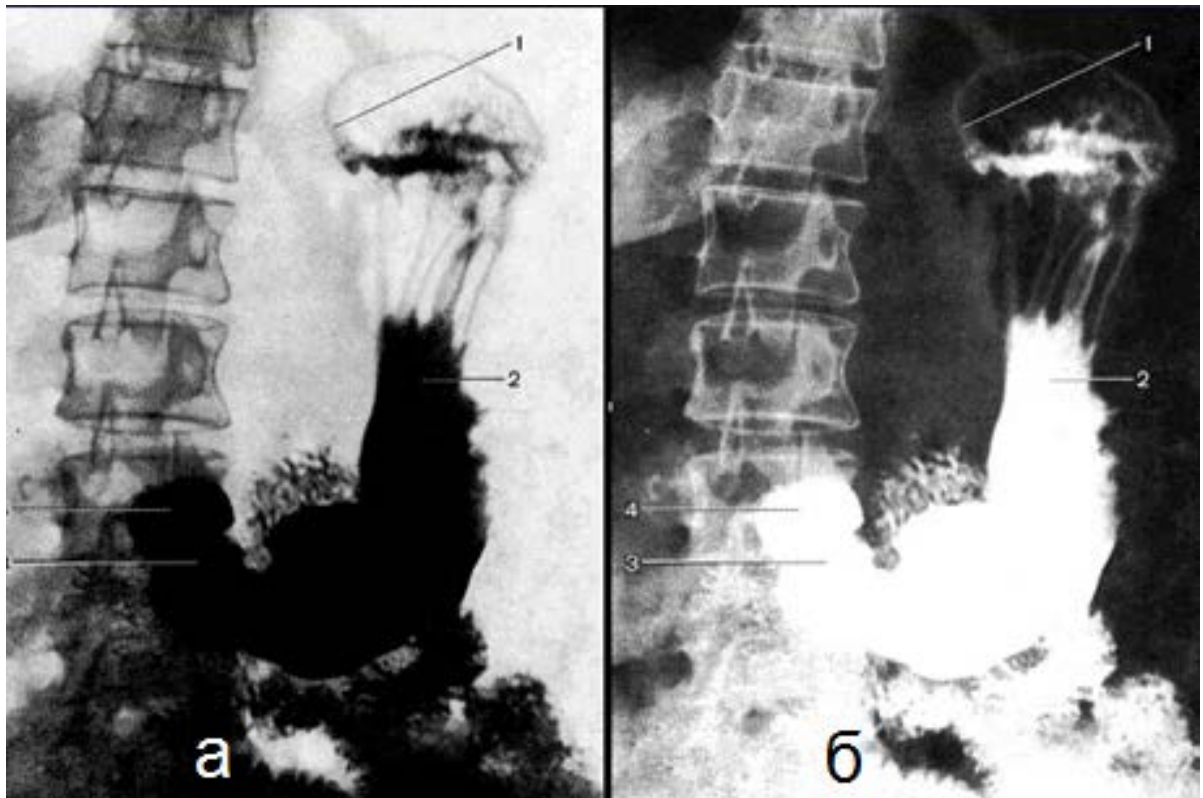


Мал.13. Позитивне зображення (гістеросальпінгограма)



Мал.14. Негативне зображення (іригограма)

На мал. представлено негативне та позитивне зображення одного і того ж об'єкта (шлунка, що контрастується сульфатом барію). Органи та тканини, що мають високу рентгенівську щільність (кістки, контрастна речовина - сульфат барію), на негативних зображеннях - білого кольору, а на позитивних – чорного (мал.15).



Мал.15. Рентгенограми: позитивне (а) та негативне (б) зображення шлунка, контрастованого сульфатом барію

### Рентгенограми:

#### *1. Оглядові*

Вся анатомічна область –  
голова, груди, живіт (мал.16)

#### *2. Прицільні*

Зображення невеликої частини  
анатомічної області, яка найбільш  
цікавить лікаря (мал.17)



Мал.16. Оглядова рентгенограма органів грудної та черевної порожнини



Мал.17. Прицільна рентгенограма частини ободової кишки

Дозволяюча здатність рентгенографії більша ніж рентгеноскопії. При рентгенографії значно менше опромінення пацієнтів.

Різновидом рентгенографії є електрорентгенографія — ксерорадіографія (грецьк. xeros- сухий). Спочатку зображення за допомогою рентгенівських променів отримується на селеновій напівпровідниковій пластині, а потім переноситься на папір, аналогічно тому, як це робиться при ксерокопіюванні. В порівнянні з рентгенографією електрорентгенографія має дві переваги: 1. володіє більшою фотографічною широтою — однаково добре можна бачити як щільні утворення, наприклад, кістки, так і м'які тканини. 2. має окреслення контурів на межі тканин різної щільності, вони здаються ніби підмальованими. Іншими позитивними сторонами електрорентгенографії є економічність та швидкість отримання зображення. Але при електрорентгенографії вдвічі вище опромінення. Це зумовлено тим, що чутливість селенової пластинки в 1,5-2 рази нижча ніж комбінації рентгенівська плівка - підсилюючий екран, тому при з'йомці експозицію збільшують в 2 рази. У зв'язку з цим електрорентгенографію частіше всього застосовують у невідкладній рентгенографії кінцівок.

На рентгенограмах формується площинне сумацийне негативне зображення у чорно-білих тонах. При аналізі рентгенограм необхідно враховувати наявність сумацийного ефекту. Сумацийний ефект в променевої діагностиці полягає в нашаровуванні зображень одних органів і тканин на інші, ускладнює об'єктивну і якісну діагностику патологічних процесів. У рентгенодіагностиці відбувається нашаровування різних органів, розташованих уздовж проходження пучка рентгенівського випромінювання. Наприклад, на рентгенограмі органів грудної клітки у прямій проекції внаслідок сумацийного ефекту відбувається нашаровування тіней хребтового стовпа, серця, великих судин і грудини, зображення передніх відрізків ребер

місцями накладається на зображення задніх. У результаті цього точно локалізувати певні патологічні зміни дуже складно (мал. 18).



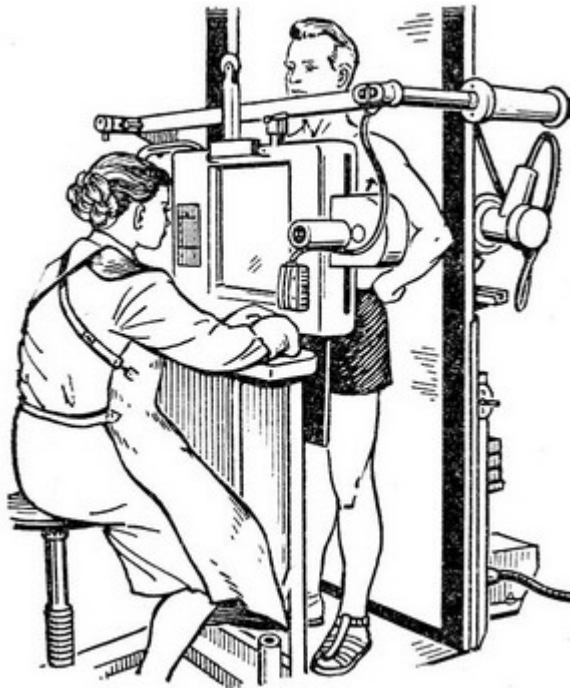
Мал. 18. Рентгенограма органів грудної порожнини в прямій проекції.

Щоб уникнути ускладнень, викликаних ефектом нашаровування, рентгенограми роблять в двох взаємно перпендикулярних проекціях (наприклад, рентгенографію органів грудної клітки виконують у прямій та бічній проекціях) або вдаються до використання томографічних методик - лінійної або комп'ютерної томографії (мал. 19).



Мал.19. Рентгенограма органів грудної порожнини в бічній проекції

**Рентгеноскопія** - метод рентгенологічного дослідження, при якому зображення органів і тканин пацієнта отримують на флюоресцентному екрані або телевізійному моніторі в реальному масштабі часу (мал. 20).



Мал.20. Рентгеноскопічне дослідження.



Флюоресцуючий екран являє собою картон, покритий речовиною, яка при взаємодії з рентгенівськими променями світиться пропорційно кількості потрапивших на нього квантів. З боку лікаря екран вкритий прозорим для видимого світла просвинцьованим склом, воно захищає лікаря від шкідливої дії рентгенівських променів. Світіння екрану слабе, тому рентгеноскопію виконують в затемненому кабінеті, в зв'язку з чим дрібні деталі зображення не відрізняються. При проведенні рентгеноскопії опромінення пацієнта і персоналу найбільше в порівнянні з іншими методиками дослідження.

Під час проведення рентгеноскопії рентгенівські промені, проходячи крізь тіло пацієнта, неоднорідно послаблюються і потрапляють на флуоресцентний екран, викликаючи його нерівномірне світіння. Чим більше рентгенівських променів потрапляє на екран, тим світіння яскравіше. Якщо промені проходять через щільні структури (наприклад, кістки), тим менше променів досягає екрану і світіння менш інтенсивне. Створюється флуоресцентне зображення об'єкта. Традиційна рентгеноскопія призначена для отримання динамічного, тобто рухомого, проєкційного зображення (у режимі «реального часу»), яке лікар-рентгенолог вивчає безпосередньо на флуоресціюючому екрані. Класична рентгеноскопія проводилася в темряві через слабе світіння флуоресцентного екрана. Променеве навантаження при такому дослідженні було високе, зображення на екрані було з погано помітними дрібними деталями.

В даний час застосовують удосконалений метод рентгеноскопії - рентгенотелевізійне просвічування за допомогою підсилювача рентгенівського зображення та електронно-оптичного перетворювача, у результаті чого видиме зображення на флуоресціюючому екрані посилюється, перетворюється в електричний сигнал і відображається на екрані дисплея. Рентгенівське зображення на дисплеї, як і звичайне телевізійне зображення, можна вивчати в освітленому приміщенні.

Сучасні рентгентелевізійні системи дозволяють проводити запис усіх етапів дослідження з фізіологічною руховою активністю органів, що дає можливість оцінити результати цього дослідження різним лікарям, ретроспективного вивчення зображення, зберігання та перевірки з повторними дослідженнями при динамічному спостереженні за хворим. Також зображення може бути передано на монітори, які знаходяться в інших приміщеннях.

При рентгеноскопічному дослідженні формується площинне чорно-біле зображення в реальному масштабі часу з наявністю сумаційного ефекту. Для усунення ефекту нашаровування та отримання більш точної і повної інформації про патологічний процес під час рентгеноскопії застосовують поліпозиційне та поліпроекційне дослідження.

**Поліпозиційне** дослідження - відбувається переміщення пацієнта щодо рентгенівського випромінювача.

**Поліпроекційне** - дослідження, під час якого рентгенівський випромінювач переміщується щодо хворого.

Перевагою рентгеноскопії є можливість отримати одночасно уявлення про функціональні та морфологічні показники досліджуваного органа.

Дослідження можна проводити при будь - якому положенні хворого, воно економічне, легко виконується.

Рентгеноскопія найбільш широко використовується в клінічній практиці при дослідженні органів шлунково-кишкового тракту. З появою нових методів променевої діагностики, таких як ультразвукове сканування, доплерографія, магнітно-резонансна та комп'ютерна томографія, рентгеноскопія органів серцево-судинної та дихальної систем в даний час застосовується рідко.

*Порівняння основних рентгенологічних методів – рентгенографії та рентгеноскопії між собою:*

### **Переваги рентгеноскопії:**

- малі витрати часу на отримання діагностичного зображення (особливо важливо в діагностиці невідкладних станів - кишкової непрохідності, пневмотораксу та ін),
- відсутність матеріальних витрат на плівку, фотореактиви.

### **Недоліки рентгеноскопії:**

- більш високе променеве навантаження (вище, ніж при рентгенографії),
- низький просторовий дозвіл (можливість розглянути дрібні деталі нижче, ніж при рентгенографії),
- відсутність документації (рентгенограм).

Вище перераховані недоліки рентгеноскопії були відкинуті з уведенням в практику дослідження підсилювача рентгенівського зображення, який включає в себе рентгенівський електронно - оптичний перетворювач і телевізійну систему. Отримане за допомогою ПРЗ зображення аналогічне первинному, але в багато разів яскравіше, тому його можна роздивитися при видимому освітленні. Відпала необхідність в адаптації. Променеве навантаження на хворого та персонал при проведенні рентгеноскопії з підсилювачем рентгенівського зображення в багато разів менше, а дозволяюча здатність більша. Всі етапи обстеження можна записати на відеомагнітофон чи отримане зображення направити на фотокамеру, де на фотоплівці отримуються знімки розмірами 70x70 мм чи 100 x 100 мм. Вони називаються підсилювачами рентгенівського зображення — флюорограми, їх можна робити до 6 кадрів в секунду.

### **Переваги рентгенографії:**

- краща роздільна здатність, ніж у рентгеноскопії,
- наявність документа - рентгенограми,
- можливість аналізу рентгенограми кількома лікарями,

- можливість ретроспективного вивчення рентгенограм,
- можливість тривалого зберігання зображення для порівняння з повторними знімками в процесі динамічного спостереження за хворим,
- менше променеве навантаження на пацієнта.

### **Недоліки рентгенографії:**

- необхідність матеріальних витрат на плівку, фотореактиви,
- витрати часу на отримання зображення.

В даний час такі рентгенологічні методи, як рентгенографія та рентгеноскопія є найпоширенішими, рутинними та основними променевими методами діагностики захворювань органів дихальної системи, шлунково-кишкового тракту та опорно-рухового апарату.

### *Способи одержання рентгенівського зображення*

- **рентгенографія** — на рентгенівській плівці;
- **електрорентгенографія** — на селеновій напівпровідниковій пластинці, потім переноситься на папір;
- **рентгеноскопія** – зображення одержують на флюоресцуючому екрані;
- **рентготелевізійна рентгеноскопія** — зображення на екрані телевізора за допомогою рентгенівського електронно-оптичного перетворювача;
- **дигітальні засоби рентгенографії та рентгеноскопії** — за допомогою електронно-оптичного і аналого-цифрового перетворювача на екрані телевізора або фотоплівці і папері;
- **комп'ютерна томографія** — за допомогою детекторного датчика (сцинтиляційного, газорозрядного, або напівпровідникового) на екрані телевізора або фотоплівці чи папері.

**Флюорографія** - рентгенологічний метод дослідження, при якому зображення отримують на рентгенівській плівці малого формату (7х7та10х10 см). Традиційна плівкова флюорографія - це фотографування рентгенівського зображення з флюоресцентного екрану на фотоплівку (мал.21).



Мал.21. Флюорограма.

В сучасних цифрових флюорографічних апаратах не відбувається фотографування рентгенівського зображення на фотоплівку. Цифрові флюорографічні апарати представляють собою цифрові рентгенографічні апарати для дослідження органів грудної порожнини.

**Переваги флюорографії:**

- швидкість виконання,
- економічність.

Більшість флюорографічних апаратів компактні, їх можна встановлювати в автомашині, організовуючи пересувний мобільний флюорографічний автокабінет. У зв'язку з цим флюорографія високоефективна та застосовується для проведення масових профілактичних обстежень органів грудної порожнини з метою раннього виявлення туберкульозу органів дихання і злоякісних пухлин легенів.

**Томографія** - метод отримання пошарових зображень досліджуваних органів та тканин.

### ***Види томографії:***

лінійна, рентгенівська комп'ютерна та магнітно-резонансна.

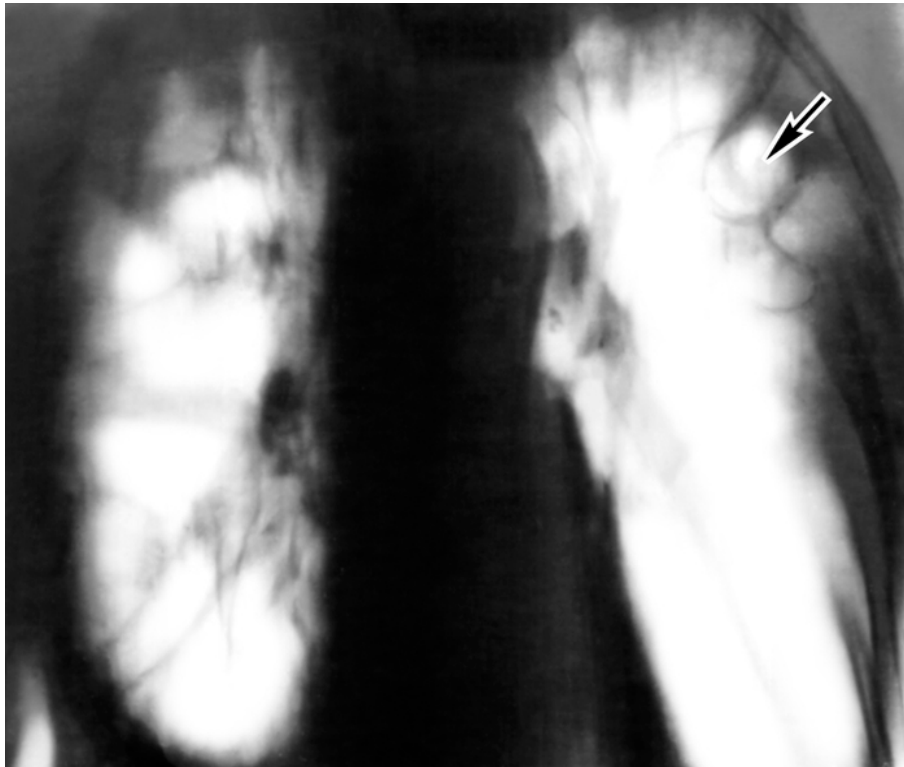
**Лінійна томографія** - методика рентгенологічного дослідження з отриманням пошарових зображень досліджуваних органів і тканин пацієнта на рентгенівській плівці.

На рентгенограмі виходить сумаційне зображення будь-якої частини тіла. Томографія служить для отримання зображення структур, розташованих в одній площині, на рівні певного шару без ефекту нашаровування одних органів і тканин на інші. Такий ефект досягається за допомогою особливого технічного підходу: відбувається безперервний рух під час зйомки в різних напрямках рентгенівської трубки, що випромінює пучок променів, та касети з плівкою щодо досліджуваного об'єкта.

Цим досягається виділення спеціального томографічного зрізу. Завдяки частковому усуненню сумаційного ефекту, поліпшується якість зображення органів на рівні виділеного шару.

За зовнішнім виглядом лінійна томограма відрізняється від рентгенограми відсутністю візуалізації органів вище та нижче досліджуваного рівня, наявністю нерізкості шарів, розташованих вище та нижче цього рівня і більш чіткою візуалізацією досліджуваного об'єкта в площині томографічного зрізу.

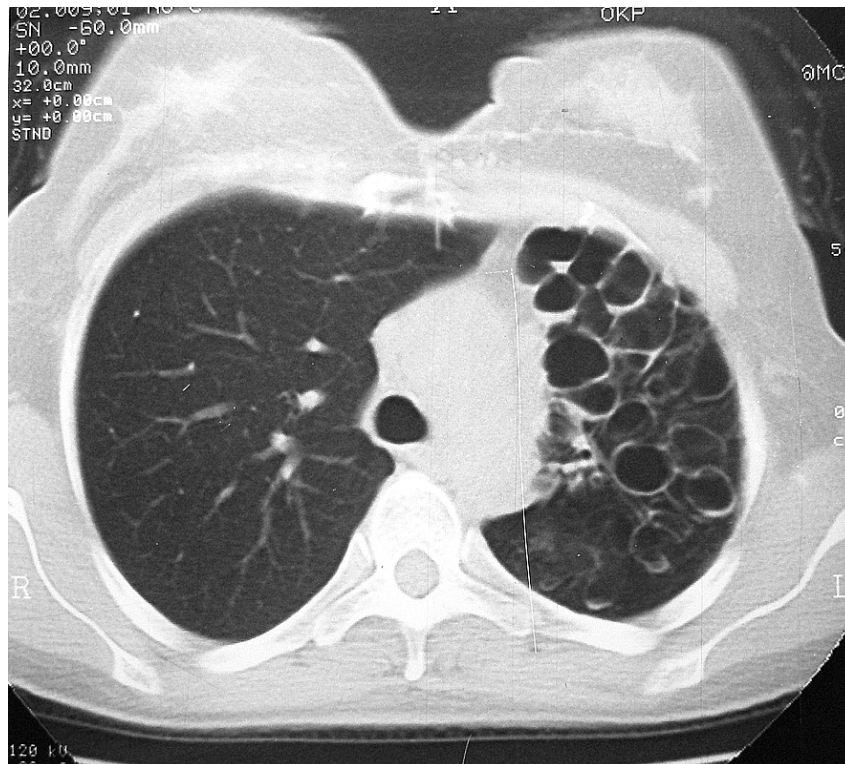
Наприклад, на лінійній томограмі легенів відсутня візуалізація ребер (мал. 22).



Мал.22. Лінійна томограма: кісти легенів

Лінійна томографія допомагає точніше визначити локалізацію, поширеність, характер і структуру патологічного процесу, виявити дрібні патологічні утворення та порожнини.

На відміну від лінійної томографії рентгенівська комп'ютерна та магнітно-резонансна томографія дозволяють практично повністю усунути сумаційний ефект, тому в даний час лінійна томографія застосовується рідко, витісняючись цими новими методами (мал. 23).



Мал. 23. Комп'ютерна томограма органів грудної порожнини: кісти легені

***Спеціальні методи рентгенологічного дослідження без штучного контрастування***

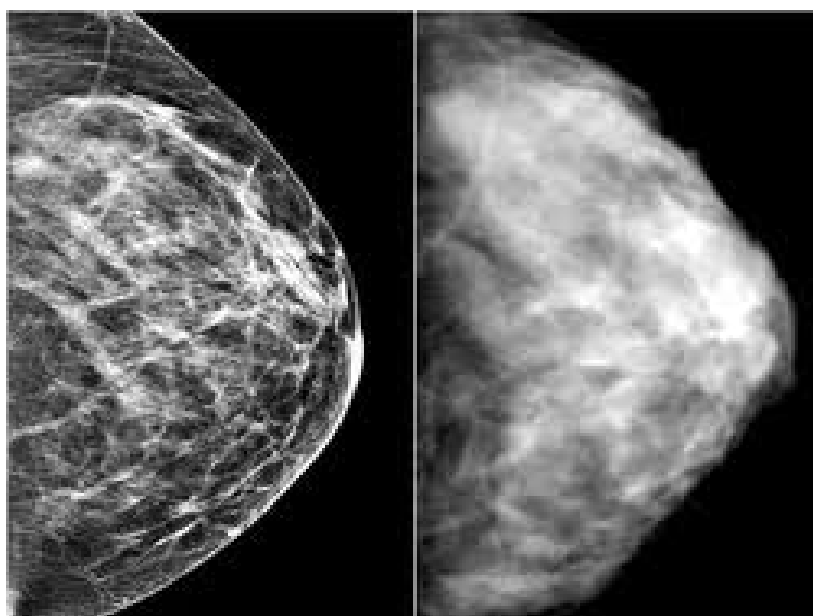
**Мамографія** - рентгенологічне дослідження молочних залоз, що виконується з використанням спеціальних рентгенівських апаратів - мамографів. Мамографи обладнані спеціальними штативами для укладання молочної залози, також при мамографії використовують невеликі величини анодної напруги для кращої візуалізації м'якотканинних структур (мал.24).





Мал. 24. Рентгендіагностичний апарат для мамографії.

Мамографія виконується з профілактичною метою для ранньої діагностики злоякісних пухлин молочної залози у жінок віком більше 40-45 років і з діагностичною метою при виявленні в молочній залозі ущільнень (мал.25).



Мал.25. Мамограма - мамографічне зображення молочних залоз.

**Ортопантомографія** - рентгенологічне дослідження, що дозволяє отримати розгорнуте зображення всіх зубів верхньої та нижньої щелеп, а також інших відділів лицьового скелета (навколоносових пазух, очниць).



Мал.26. Ортопантомограмма.

### ***Методики із застосуванням штучного контрастування***

Штучне контрастування проводять шляхом введення в організм людини спеціальних рентгеноконтрастних препаратів, що послаблюють рентгенівське випромінювання більшою мірою, ніж навколишні тканини, або, навпаки, практично не послаблюють рентгенівське випромінювання.

### **Рентгеноконтрастні препарати поділяють на:**

1. Які не послаблюють рентгенівське випромінювання:

- вуглекислий газ,

- повітря

2. Які послаблюють рентгенівське випромінювання:

- не містять йод (водонерозчинні) - сульфат барію,
- що містять йод:

а) жиророзчинні,

б) водорозчинні:

- ✓ іонні (урографін, гіпак),
- ✓ неіонні (ультравіст, візіпак).

Методики зі штучним контрастуванням застосовуються для рентгенівських досліджень органів черевної порожнини, зачеревного простору, серцево-судинної системи. В умовах штучного контрастування проводиться дослідження шлунково-кишкового тракту з введенням в порожнини водної суспензії сульфату барію, а в деяких випадках - йодовмісних препаратів. Дослідження органів сечовиділення, жовчовиділення здійснюється парентерально або ретроградним введенням йодовмісних рентгеноконтрастних речовин (мал.27,28,29,30,31,32,33).

Сучасні йодовмісні рентгеноконтрастні препарати діляться на іонні (урографін, гіпак), що утворюють в рідкому середовищі заряджені сполуки, і неіонні (ультравіст, омніпак, візіпак), електрично нейтральні. Іонні рентгеноконтрастні сполуки мають більш високу осмолярність відносно плазми крові.

Йодовмісні рентгеноконтрастні препарати можуть викликати побічні ефекти за рахунок високої осмолярності та хемотоксичності. Рентгеноконтрастні йодовмісні препарати можуть викликати анафілактоїдні реакції, електролітні порушення і зміни гемодинаміки, порушення агрегації еритроцитів, пошкодження ендотелію судин, порушення функції нирок, тому контрастні дослідження можуть мати протипоказання - алергічна схильність,

ниркова недостатність, виражена серцева недостатність, аритмія, порушення функції щитовидної залози, епілепсія.

При виборі йодовмісних контрастних препаратів керуються ступенем їх контрастуючого ефекту та нешкідливістю для пацієнта. Оптимальним є застосування ізоосмолярних плазмі крові неіонних йодовмісних рентгеноконтрастних речовин, які в порівнянні з іонними менш токсичні, надають менш виражений вазодилатаційний ефект, меншою мірою вивільняють гістамін і деформують еритроцити, інгібують активність холінестерази, тобто дозволяють застосовувати методики контрастування з меншим ризиком ускладнень.



Мал.27. Ангіопульмонограма (контрастування легеневої артерії і її гілок йодовмісним контрастним препаратом).



Мал.28. Бронхограмма (контрастування бронхіального дерева йодовмісним контрастним препаратом).



Мал.29. Аортограма (контрастування аорти йодовмісним контрастним препаратом).



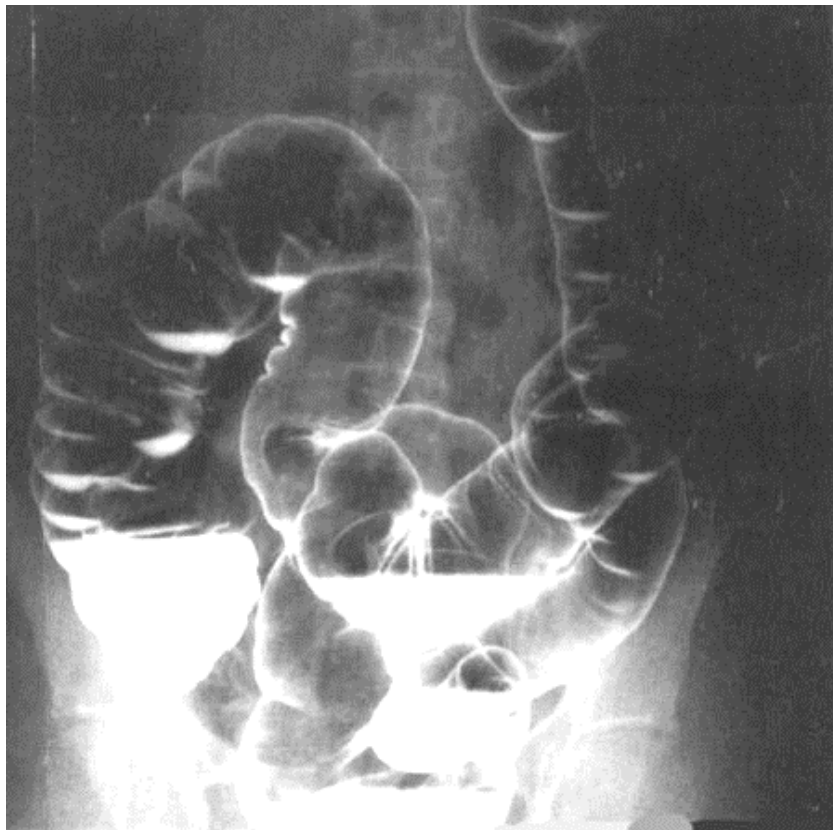
Мал.30. Екскреторна урограмма (контрастування сечовидільної системи йодовмісним контрастним препаратом).



Мал.31. Рентгенограма шлунка (контрастування сульфатом барія).



Мал.32. Иригограма (контрастування товстої кишки сульфатом барія).





Мал.33. Ригіограма (подвійне контрастування сульфатом барія і повітрям).

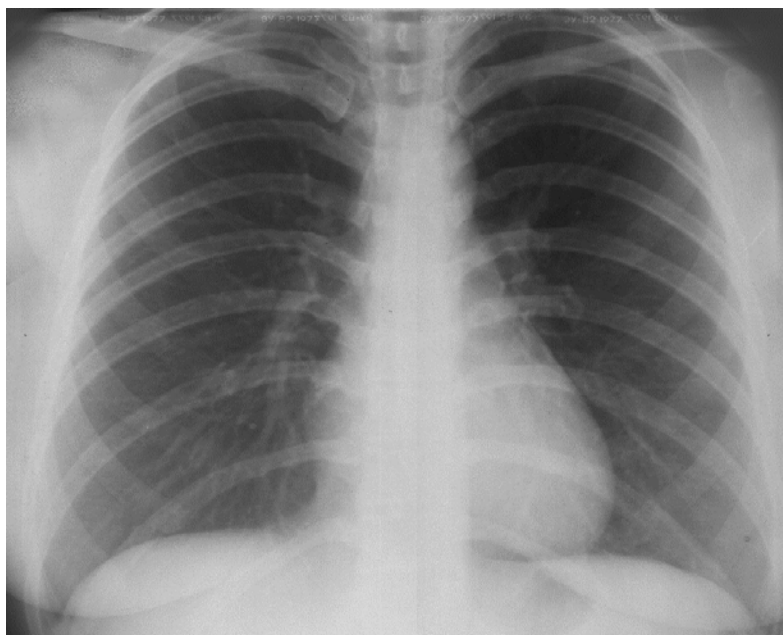
## **1.9 Рентгенівські апарати**

Поділяються на:

- універсальні, за допомогою яких можна проводити рентгеноскопію, рентгенографію та лінійну томографію у різних положеннях хворого;
- апарати спеціального призначення, що використовуються у неврології, стоматології, мамології, урології та ангіології;
- пересувні апарати - палатні та операційні;
- для обстеження дітей;
- масових перевіряючих досліджень - флюорографії.

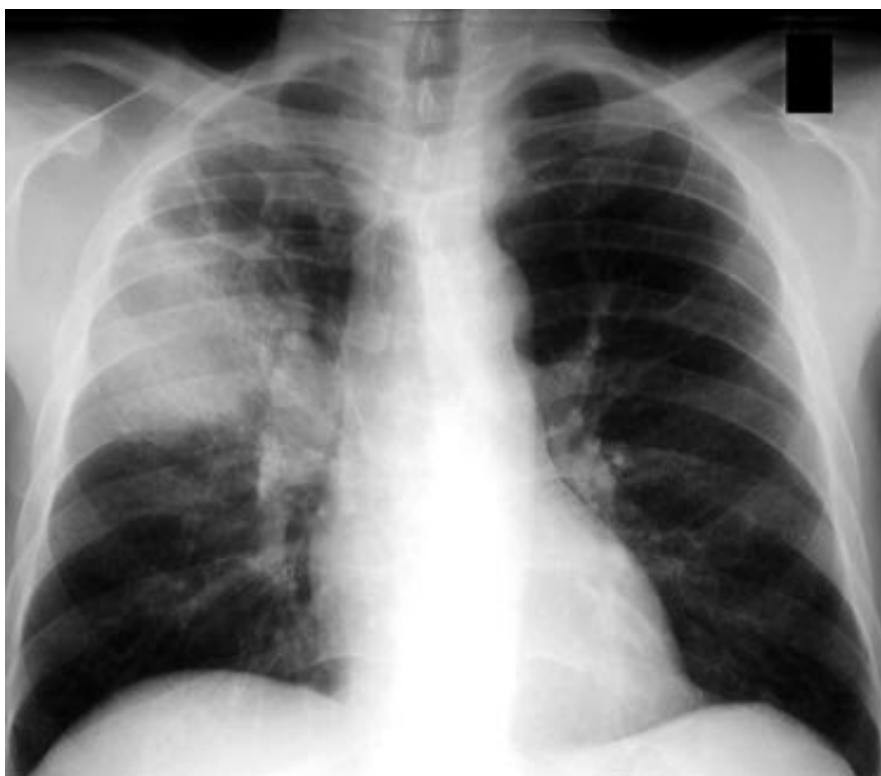
## **1.10 Основні терміни, які використовуються при рентгенологічному дослідженні:**

- «затемнення» - ділянка, що має більш високу рентгенівську щільність у порівнянні з навколишньою тканиною та інтенсивніше поглинає рентгенівські промені. Затемнення може бути фізіологічним і патологічним. Фізіологічні затемнення утворюють незмінні органи та тканини організму людини, наприклад серце, великі судини, купола діафрагми (мал.34).



Мал.34. На рентгенограмі органів грудної порожнини фізіологічними затемненнями є кістки скелету, серце і судини, легеневий малюнок, діафрагма.

Прикладом патологічних затемнень є запалений інфільтрат, пухлина, рідина в плевральній або черевній порожнині тощо (мал.35, 36).

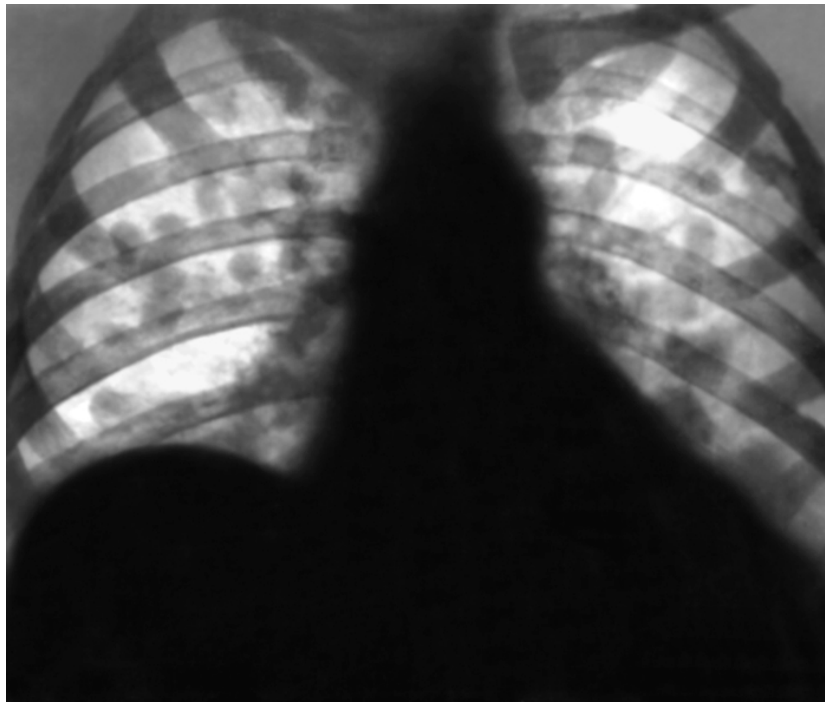


Мал.35. На рентгенограмі органів грудної порожнини патологічним затемненням є пневмонічна інфільтрація (справа).

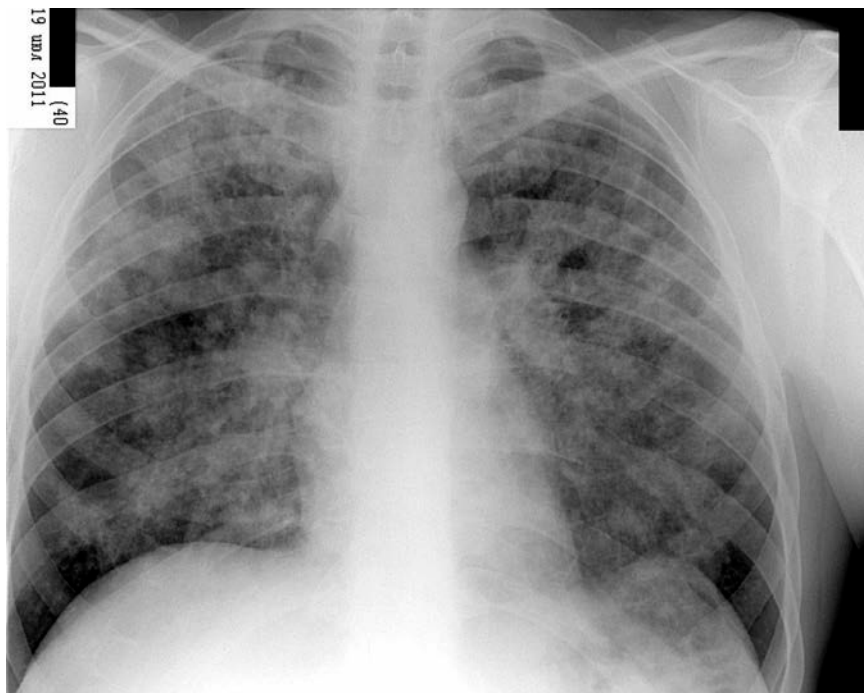


Мал.36. На рентгенограмі органів грудної порожнини патологічним затемненням є доброякісна пухлина правої легені.

Рентгенівське зображення може бути негативним або позитивним. На рентгенограмах-негативах затемнення виглядає як ділянка білого кольору, на позитивах, навпаки - чорного кольору (мал.37,38).

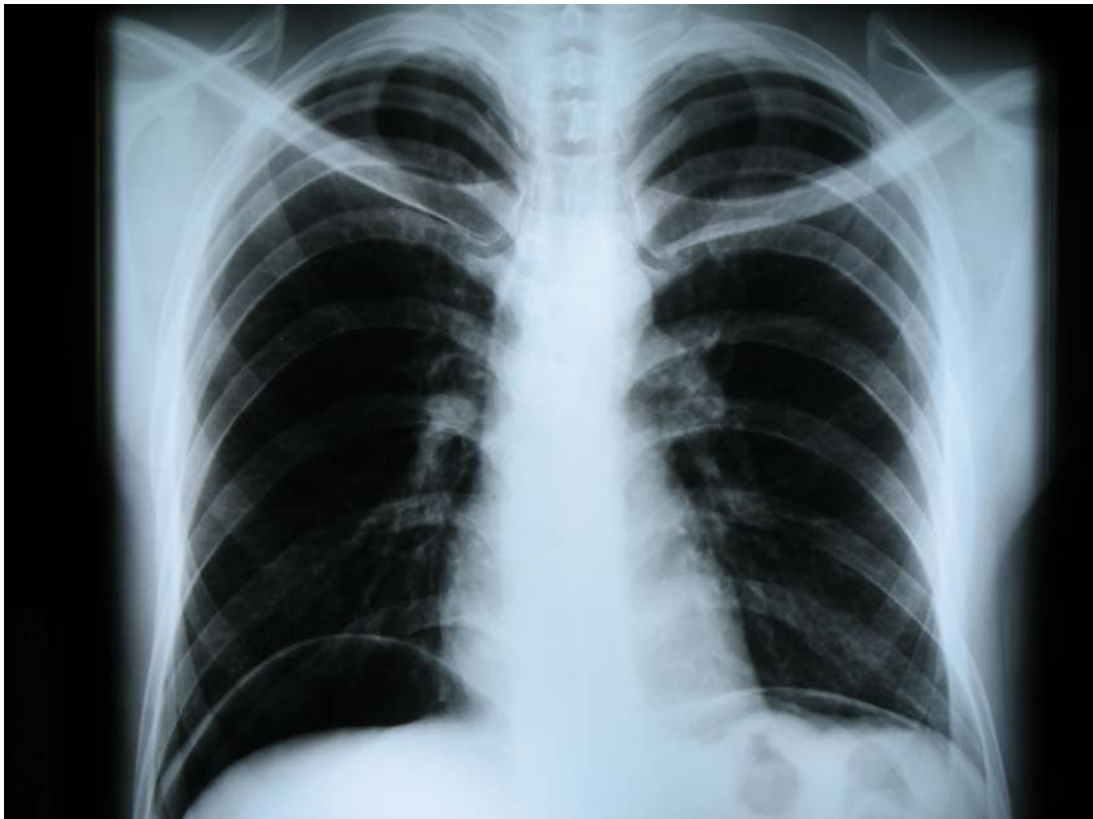


Мал.37. Рентгенограма-позитив (множинні осередкові затемнення - метастази легень).



Мал.38. Рентгенограма-негатив (множинні затемнення при дисемінованому туберкульозі легень).

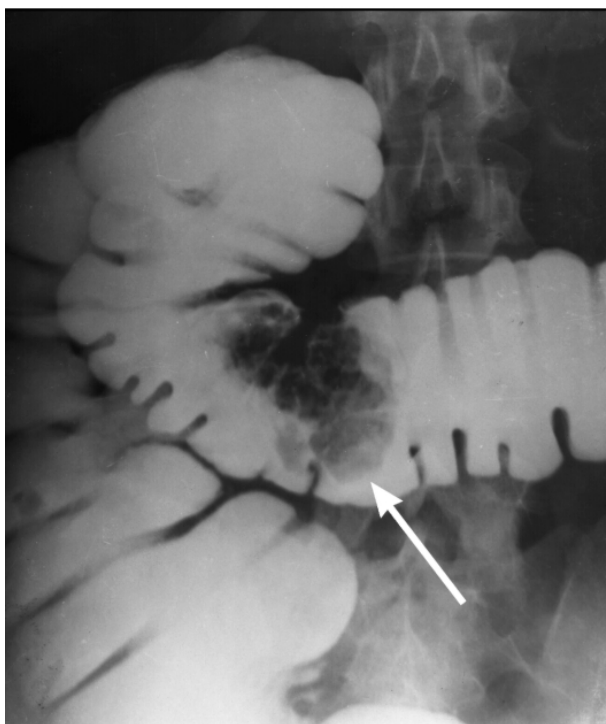
- «просвітлення» - ділянка, що має більш низьку рентгенівську щільність у порівнянні з навколишніми тканинами та гірше поглинає рентгенівські промені. Просвітлення також може бути фізіологічним та патологічним. Прикладом фізіологічного просвітлення є нормальна легенева тканина, патологічного - кіста легені, емфізема, пневмоторакс (мал.39). На рентгенограмах-негативах просвітлення виглядає як ділянка чорного кольору, на позитивах, навпаки - білого кольору.



Мал.39. На рентгенограмі органів грудної порожнини фізіологічним просвітленням є легенева тканина, патологічним просвітленням є газ під діафрагмою при перфорації полого органу черевної порожнини.

- «дефект наповнення» - термін, що застосовується при проведенні рентгенологічних досліджень з контрастуванням

(наприклад, в діагностиці патології шлунково-кишкового тракту, судин, сечовидільної системи).



Мал.40. Дефект наповнення при пухлині товстої кишки.

Дефект наповнення (мал.40) виникає, коли будь-яка патологічна тканина не дозволяє контрастній речовині повністю заповнити просвіт органу (наприклад, пухлина порожнистого органу, атеросклеротичні бляшки судин, конкременти в сечовому міхурі тощо).

## РОЗДІЛ 2. РЕНТГЕНІВСЬКА КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ

Комп'ютерна томографія - рентгенологічний метод дослідження, який ґрунтується на комп'ютерній обробці безлічі рентгенівських зображень, з отриманням аксіальних пошарових зрізів досліджуваних органів і тканин пацієнта.

**2.1 Історія створення комп'ютерної томографії.** На початку ХХ століття були розроблені математичні розрахунки комп'ютерної томографії, однак застосування їх в медичній практиці стало можливим тільки в другій половині ХХ століття. Вперше можливість використання методів реконструкції тривимірної структури об'єкта з безлічі його проєкцій у медицині були запропоновані фізиком-математиком з ПАР Аланом Мак Кормаком (мал.41). Перебуваючи в Кейптаунській лікарні Хорті Схюр, він був здивований недосконалістю технології дослідження головного мозку. Він справив математичні розрахунки проходження вузькоспрямованого пучка рентгенівських променів через речовину мозку та в 1963 році опублікував статтю про можливість реконструкції зображення головного мозку. Через 7 років ці матеріали вивчила група інженерів англійської фірми електромозичних інструментів ЕМІ на чолі з Годфрі Хаунсфілдом і зайнялася створенням першого експериментального комп'ютерного томографа для дослідження головного мозку.

Сканування першого об'єкта - анатомічного препарату головного мозку, дозволило отримати зображення його структур, а часу було витрачено 9 годин. У 1972 р. була проведена перша комп'ютерна томографія. Першим дослідженим пацієнтом стала жінка, а на першій комп'ютерній томограмі було отримано зображення пухлинного ураження головного мозку.

У тому ж році, 19 квітня, на конгресі Британського радіологічного інституту Годфрі Хаунсфілд і лікар Дж. Амброус виступили з сенсаційним повідомленням: рентгенологія проникає в мозок.

Перші комп'ютерні томографи почали випускати у 1973 році, апарати активно удосконалювалися. У 80-90-их роках ХХ століття дослідження головного мозку на більш нових томографах тривало вже не 9 годин, а кілька хвилин. З бурхливим розвитком комп'ютерної томографії з'явилася можливість дослідження не тільки головного мозку, а будь-якої частини тіла, а на початку ХХІ століття сканування однієї області тіла займало вже кілька секунд. У сучасних комп'ютерних томографів росла роздільна здатність, значно знижувалося променеве навантаження на пацієнта.



Мал.41. Алан Кормак



Годфрі Хаунсфілд

У 1979 році за розробку методу рентгенівської комп'ютерної томографії фізику-математику Алану Мак Кормаку та інженеру Годфрі Хаунсфілду була присуджена Нобелівська премія у галузі медицини.



## 2.2 Фізичні основи рентгенівської КТ.

У комп'ютерній томографії використовують рентгенівські промені, тому в основі рентгенівської КТ лежить здатність різних органів та тканин людини нерівномірно послаблювати рентгенівське випромінювання. У процесі проходження крізь тканини рентгенівські промені ослаблюються, частково із-за поглинання енергії, частково через розсіювання.

Ослаблення можна описати слідуючим рівнянням:  $I=I_0e^{-\mu d}$ ,

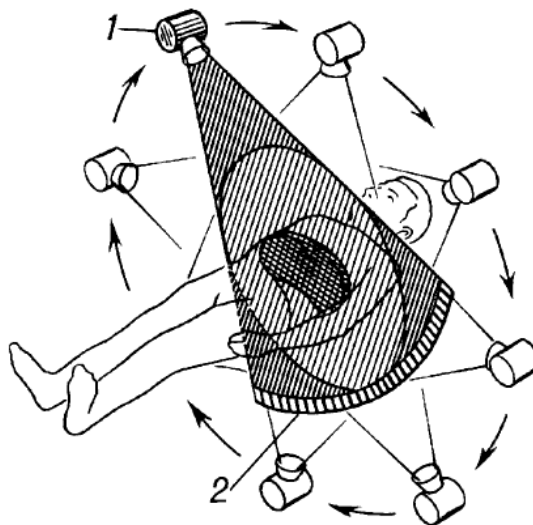
де  $I$  - інтенсивність випромінювання, що було пропущено (випромінювання на виході із тканини),  $I_0$  - інтенсивність випромінювання, що падає (на вході в тканини),  $\mu$  - так званий коефіцієнт повного лінійного ослаблення для тканини,  $d$  - це відстань, що пройшло випромінюванням крізь тканину (товщина тканини). Коефіцієнт ослаблення  $\mu$  обумовлений атомним номером та електронною щільністю тканини. Чим вище атомне число та щільність електронів, тим вище коефіцієнт ослаблення. Таким чином, атомне число та щільність електронів – це два параметри, що зумовлюють якості тканини по ослабленню рентгенівського випромінювання. Необхідно враховувати, що коефіцієнт ослаблення залежить також від енергії рентгенівських променів.

Отже, фізичні основи КТ та рентгенологічних методик ідентичні, а відрізняються ці методи за принципом отримання та обробки діагностичної інформації.



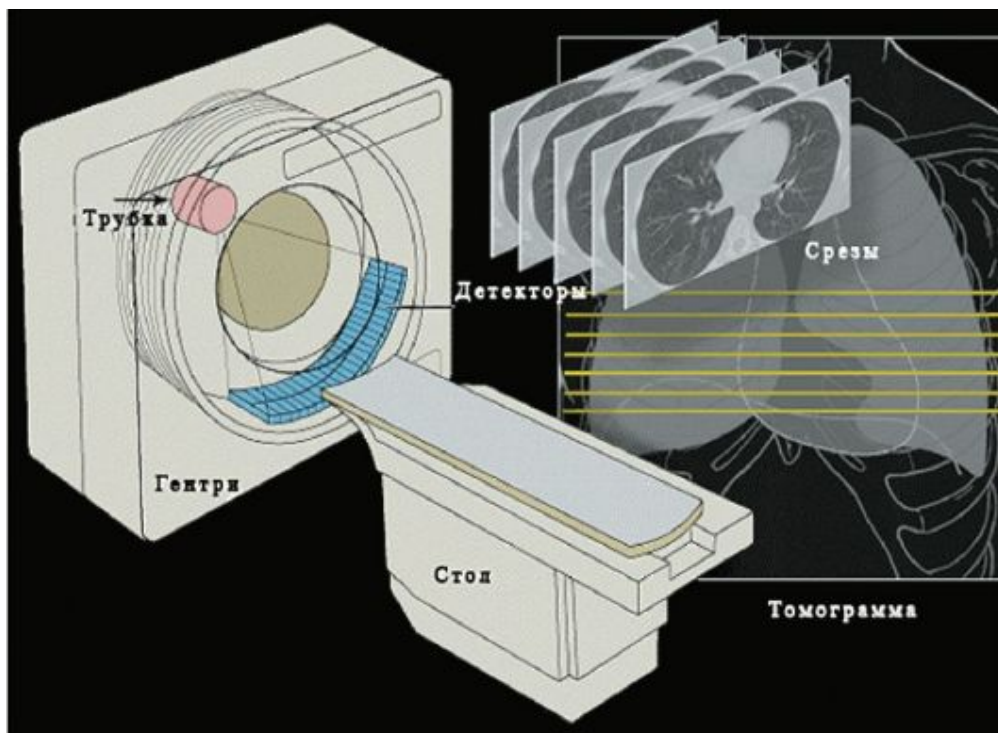
Мал.42. Комп'ютерний томограф.

Основою комп'ютерного томографа є рентгенівська трубка, але вона випускає віялоподібний пучок рентгенівського випромінювання, спрямований перпендикулярно довгій осі тіла досліджуваної людини (мал.42). Рентгенівська трубка обертається навколо пацієнта і повертається до тіла хворого під різними кутами, у загальній складності проходячи  $360^\circ$  (мал.43).



Мал.43. Схема роботи комп'ютерного томографа.

Рентгенівські промені, проходячи через досліджуваний об'єкт, нерівномірно послаблюються і реєструються системою детекторів. Детектори реєструють ступінь послаблення рентгенівського випромінювання і перетворюють рентгенівське випромінювання в електричні сигнали, які прямо пропорційні енергії рентгенівських фотонів. У пам'яті комп'ютера виявляються зафіксованими всі сигнали від всіх детекторів, на підставі яких внаслідок постпроцесорної обробки будується площинне зображення аксіального зрізу досліджуваного органу - комп'ютерна томограма.



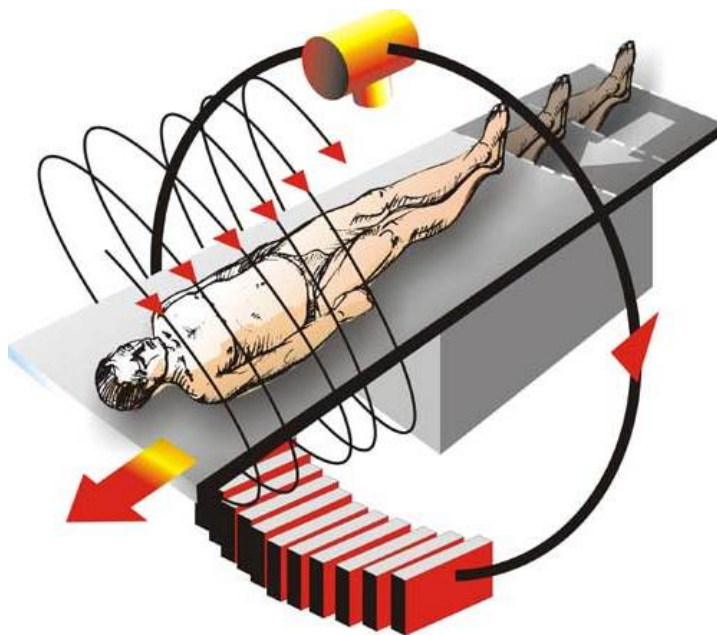
Мал.44. Схематичне зображення комп'ютерного томографа.

Комп'ютерна томограма є в кінцевому підсумку серією аксіальних томографічних зрізів досліджуваного органу та області тіла по типу «пироговських», які і підлягають діагностичного аналізу (мал.44).

Отримана в результаті КТ картина абсолютно об'єктивна, її можливо оцінювати і вивчати на моніторі приладу, фіксувати на папері або

рентгенівській плівці, проводити порівняння і зіставлення протягом якогось періоду часу, якщо є складний діагностичний випадок.

В сучасних спіральних комп'ютерних томографах обертання рентгенівської трубки і переміщення пацієнта всередині кругової рами, званої гентрі, відбуваються одночасно і безперервно. Результатом цього є спіралеподібний рух віялоподібного рентгенівського променя крізь тіло пацієнта (мал.45).



Мал. 45. Схема принципу роботи спірального комп'ютерного томографа

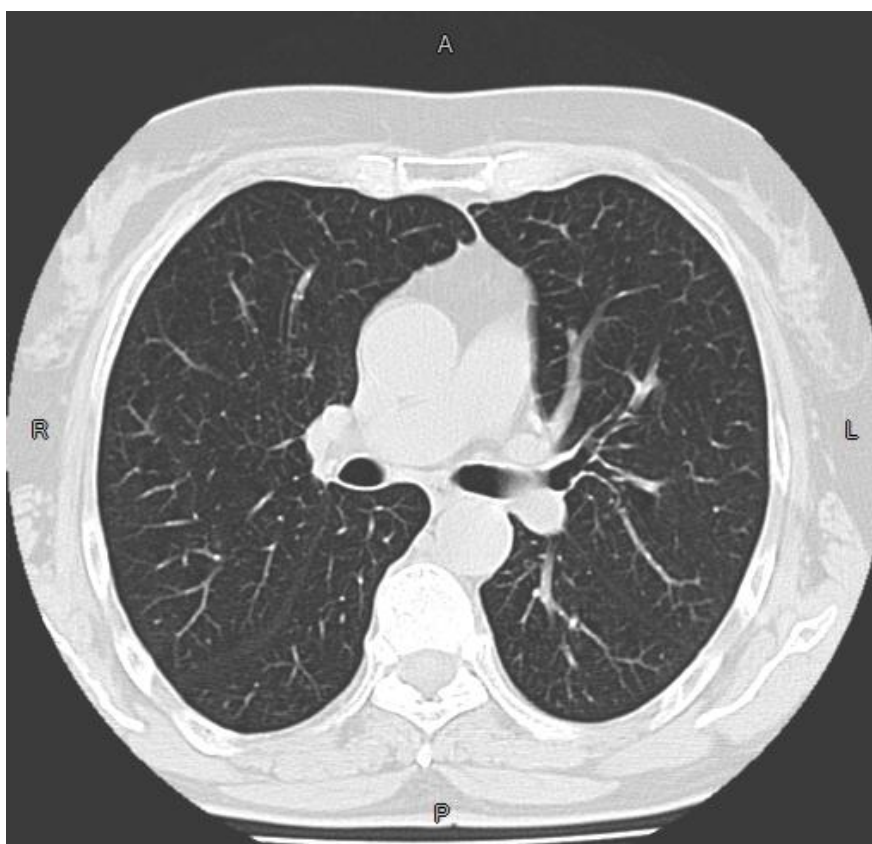
Завдяки цьому зменшується час дослідження, знижується променеве навантаження, з'являється можливість отримання реконструктивних зображень в різних зрізах: фронтальних і сагітальних, а також проведення сканування з використанням контрастних методик. Новітні мультислайсні (мультизрізові) комп'ютерні томографи, в яких за одне обертання рентгенівської трубки отримують до 40 зрізів, дозволяють реконструювати високоякісні тривимірні зображення.

### 2.3 Переваги рентгенівської комп'ютерної томографії

## *Переваги рентгенівської КТ порівняно з рентгенографією*

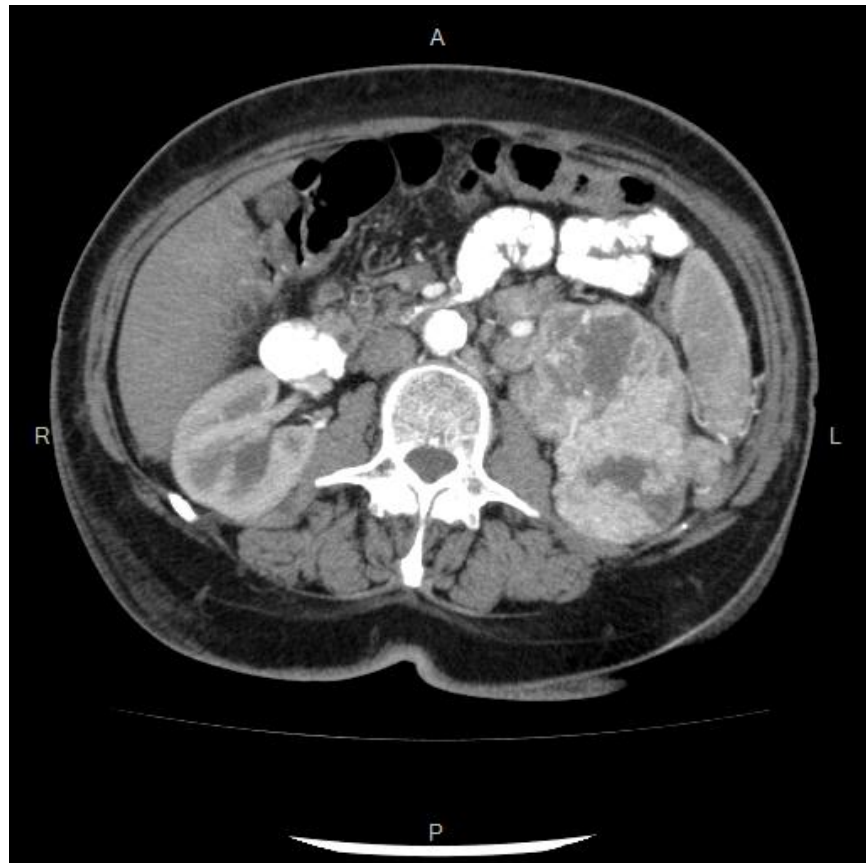
КТ у порівнянні з класичними рентгенографічними методами має ряд переваг, основними з яких є:

- Відсутність сумацийного ефекту: КТ дозволяє отримувати чітке пошарове зображення об'єкта завдяки тому, що режим дослідження відбувається з кутом повороту рентгенівської трубки щодо досліджуваного об'єкта на  $360^\circ$  (мал.46).



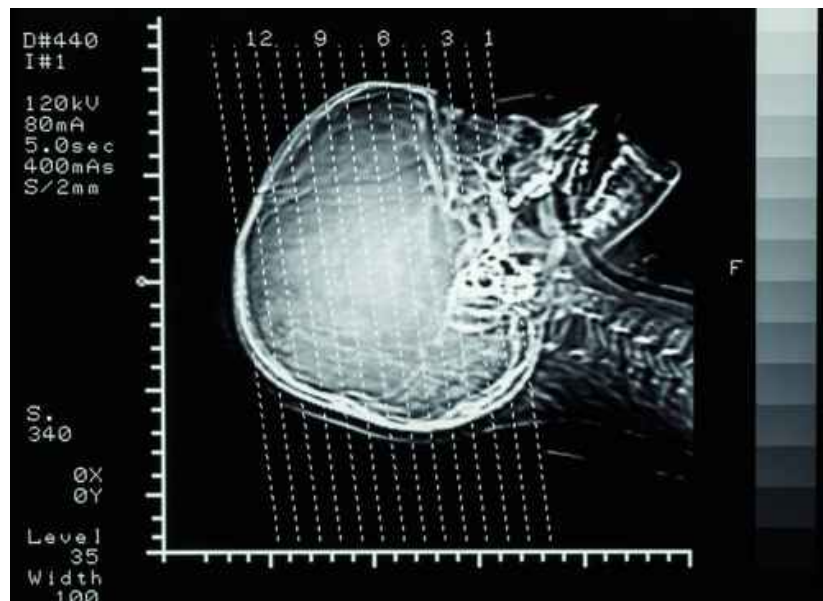
Мал.46. Аксіальне пошарове зображення органів грудної порожнини.

- Дозволяє судити не тільки про стан органу, що досліджується, але і про взаємовідношення патологічного процесу з органами та тканинами, які розташовані поруч, наприклад, інвазії пухлин в сусідні органи, наявність інших патологічних змін (мал.47).



Мал.47. Комп'ютерна томограма (пухлина лівої нирки з інвазією).

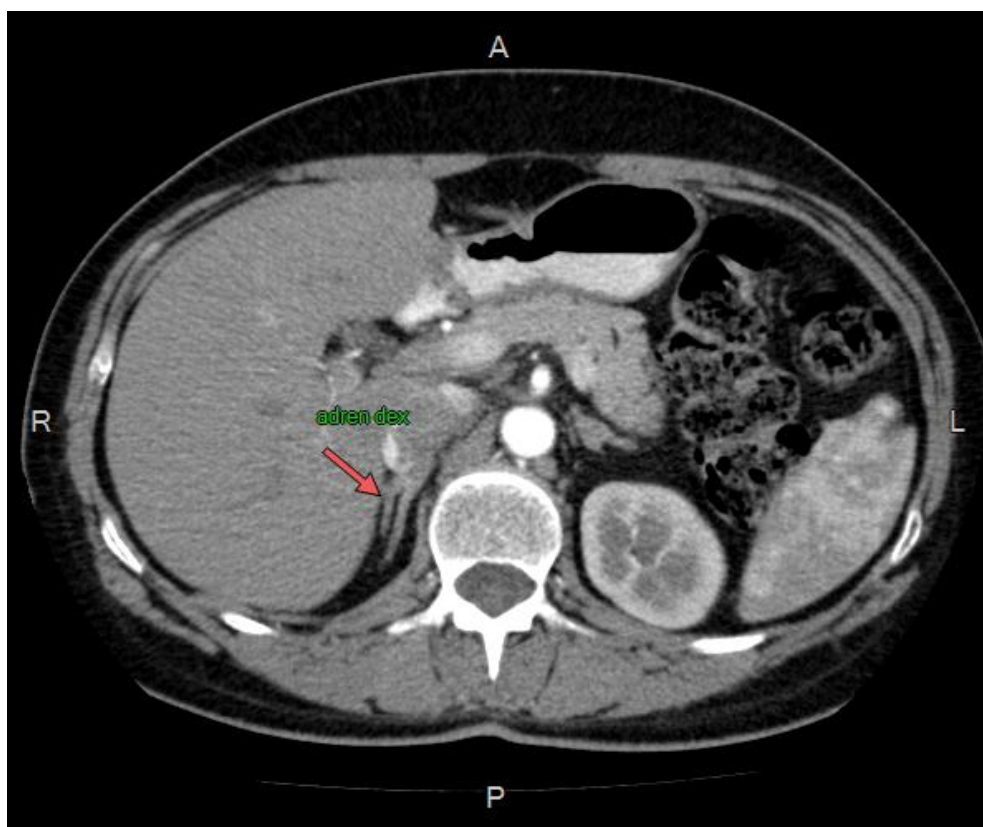
- Дозволяє отримувати топограми, тобто поздовжнє зображення досліджуваної області подібне рентгенівському знімку шляхом переміщення хворого повздовж нерухомої трубки (мал.48).



Мал.48. Топограма.

Топограми використовують для встановлення довжини патологічного вогнища і визначення кількості зрізів.

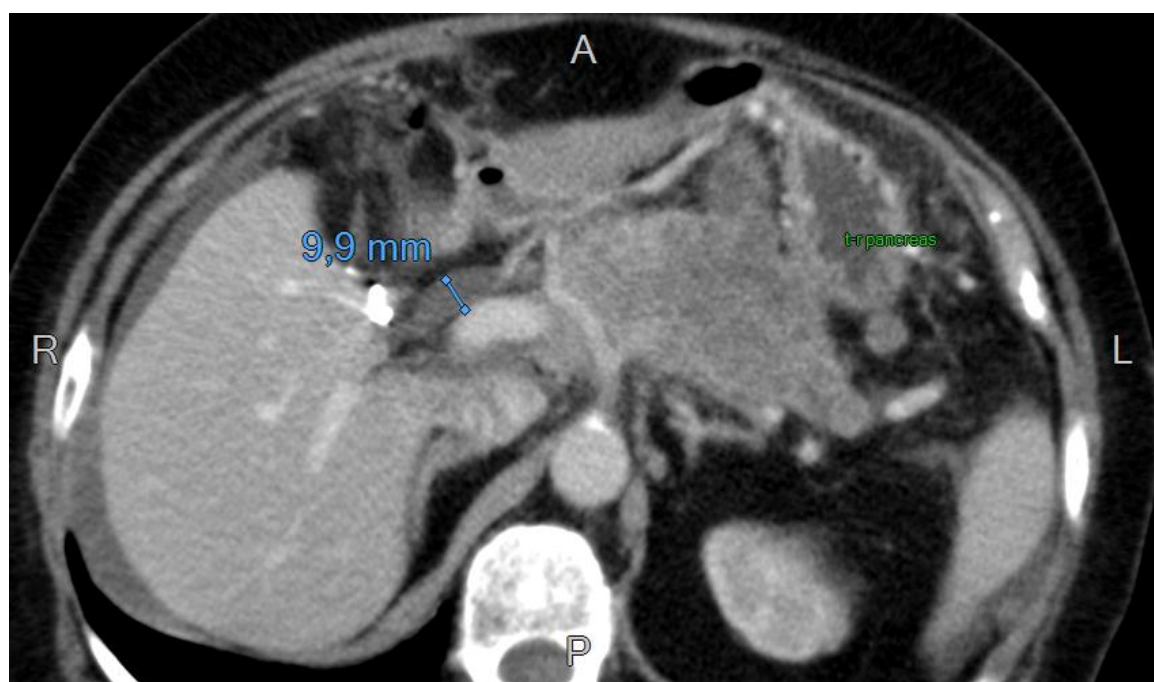
•Висока роздільна здатність - можливість розрізняти більшу кількість деталей в зображенні досліджуваного об'єкта в порівнянні з рентгенографією. КТ характеризується високою чутливістю, що дозволяє віддиференціювати окремі органи і тканини один від одного по щільності у межах 1-2%, а на томографах 3-4 генерації - до 0,5%. Завдяки високій роздільній здатності і відсутності сумасійного ефекту можна візуалізувати структури, які проєкційно нашаровуються на зображення інших органів і практично не дають зображення на рутинних рентгенограмах (головний мозок, підшлункова залоза, лімфатичні вузли) (мал.49,50,51). Для підвищення роздільної здатності КТ можуть застосовуватися методики контрастного підсилення зображення з використанням водорозчинних неіонних рентгеноконтрастних препаратів (ультравіст, омніпак, візіпак тощо), які вводять per os або парентерально.



Мал.49. Комп'ютерна томограма правого наднирника.



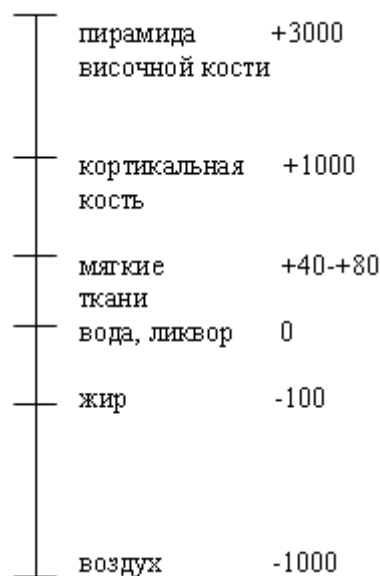
Мал.50. Комп'ютерна томограма – пухлина підшлункової залози.



Мал.51. Комп'ютерна томограма- дилатація холедоху при пухлині підшлункової залози.



•Можливість кількісно визначати рентгенівську щільність досліджуваного об'єкта: це дозволяє доповнювати візуальну оцінку комп'ютерно-томографічної картини аналізом щільності візуалізованих структур (мал. 52). Технологія обробки сигналів від детекторів комп'ютерного томографа дозволяє точно виміряти послаблення рентгенівського випромінювання різними ділянками тканини в числовому значенні за умовною лінійною шкалою від -1000 до +3000. Це послаблення вимірюється в одиницях Хаунсфілда. За значення «0» за шкалою Хаунсфілда (од.Н) приймається послаблення рентгенівського випромінювання водою, а за -1000 - повітрям.

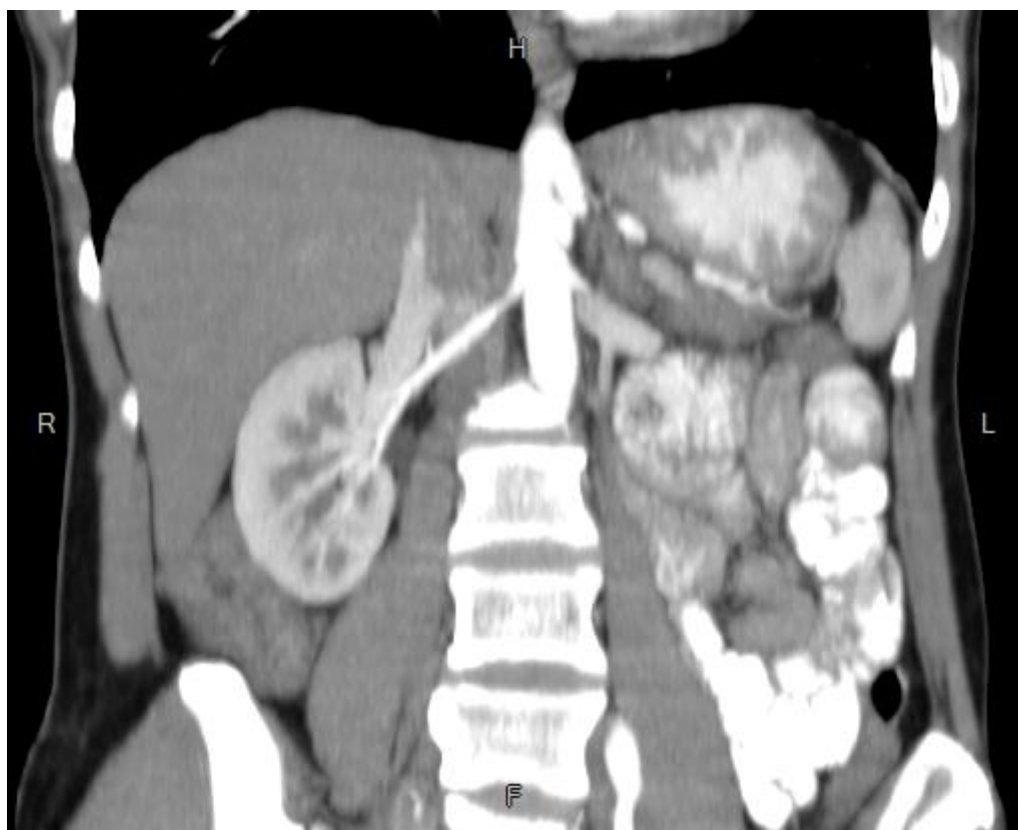


Мал.52. Шкала Хаунсфілда.

Оцінка кількісних значень, виражених в одиницях Хаунсфілда, дозволяє в ряді клінічних ситуацій визначати природу виявлених змін і проводити диференційну діагностику між різними видами патологій, тому що дає можливість розрізнити, наприклад, м'які тканини, рідинні структури, жирову тканину тощо.

•Можливість здійснення реконструкції первинних зображень - отримання зрізів у фронтальній, сагітальній та інших необхідних

площинах, а також формування тривимірних (об'ємних) зображень - дозволяє визначати точну топографію і взаєморозташування органів і патологічних структур (мал.53,54,55).



Мал.53. Комп'ютерна томограма – фронтальна реконструкція.



Мал.54. Комп'ютерна томограма – сагітальна реконструкція.



Мал.55. Комп'ютерна томограма – тривимірна реконструкція.

•Можливість проведення контрастного пофазного посилення зображень та неінвазивної ангіографії. Рентгеноконтрастні (водорозчинні) речовини вводять парентерально за допомогою звичайного шприца або застосовують болюсне введення. При болюсному способі введення контрастного препарату для забезпечення ефективного пофазного контрастування досліджуваного об'єкта застосовуються автоматичні шприци - інжектори, що забезпечують швидке введення відносно великого об'єму рентгеноконтрастної речовини (близько 100 мл) зі строго заданою швидкістю (3-4 мл/с).

#### 2.4 Штучне контрастування в комп'ютерній томографії

**КТ-ангіографія** - дослідження магістральних судин з попереднім внутрішньовенним контрастуванням, яке проводиться за допомогою катетеризації ліктвової вени та болюсного введення контрастної речовини зі швидкістю 3-4 мл/с за допомогою автоматичного шприца (мал. 56,57,58).



Мал.56 . КТ-ангіограма черевної аорти та її гілок (фронтальна реконструкція).



Мал. 57. КТ-ангіограма ниркових артерій (фронтальна реконструкція).

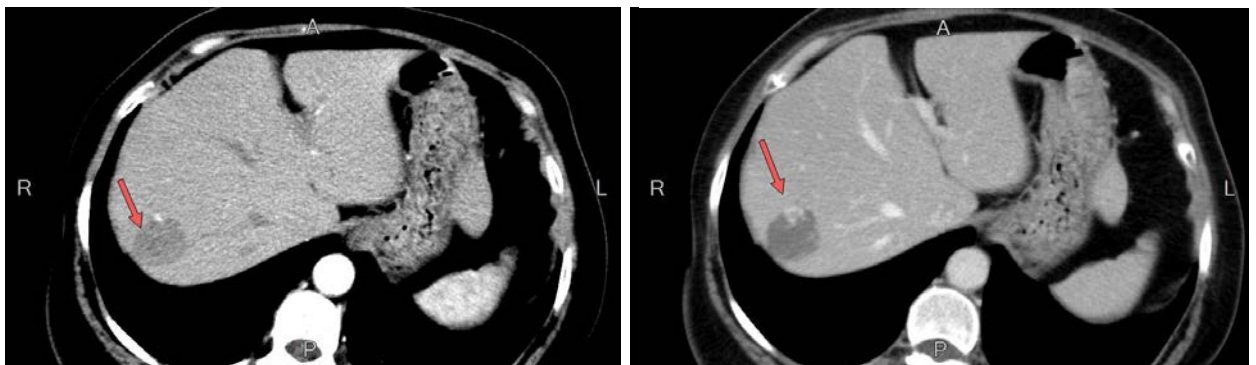


Мал. 58. КТ-ангіограми нижніх кінцівок у хворого з атеросклеротичним ураженням артерій.

**Пофазне контрастування** - пофазне вивчення досліджуваного органу після попереднього болюсного введення в судинне русло пацієнта рентгеноконтрастної речовини. Внутрішньовенне болюсне (швидке й у великих кількостях) введення рентгеноконтрастного препарату необхідно для створення його високої концентрації на певній ділянці судинного русла.

Дослідження проводиться у три фази - артеріальну (максимальне контрастування артерій), паренхіматозну (контрастування паренхіми органів) та венозну (максимальне контрастування вен) залежно від часу проходження контрастом відповідної ланки судинної мережі (мал. 59). У кожному клінічному випадку необхідність отримання зображення в певну фазу визначається лікарем рентгенологом в залежності від поставлених перед ним завдань.

Ефект контрастного посилення ґрунтується на різному кровопостачанні нормальної і патологічно зміненої тканини, що обумовлює різний ступінь їх контрастування. Оскільки різні патологічні утворення по-різному контрастуються в залежності від фази дослідження, можна судити про їх природу. Пофазне контрастування необхідно для диференціальної діагностики злоякісних та доброякісних новоутворень.



Мал. 59. Комп'ютерні томограми з контрастуванням: гемангіома печінки в артеріальну фазу (візуалізація артерії) і паренхіматозну фазу (накопичення контрастної речовини) у гемангіомі .

### ***Цілі пофазного контрастування:***

1. покращує візуалізацію патологічного утворення;
2. для диференційної діагностики різних патологічних процесів;
3. для оцінки взаємин патологічного вогнища та прилеглих судин;
4. для уточнення поширення процесу.

## **2.5 Основні терміни, які використовуються при КТ**

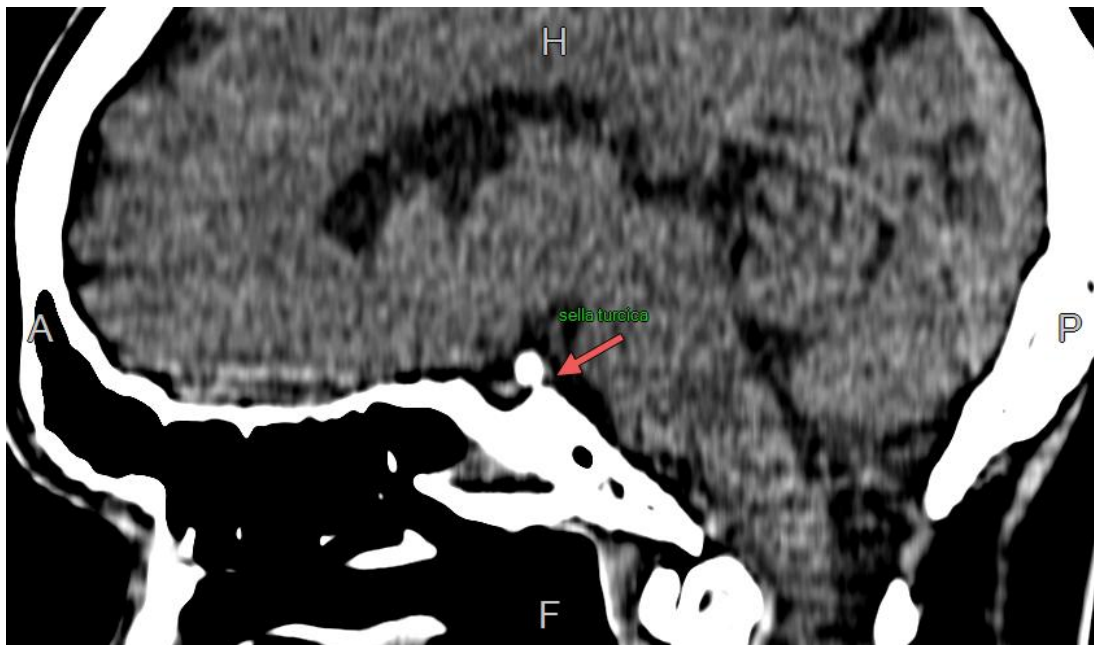
Для характеристики комп'ютерно-томографічних зображень в залежності від величини рентгенівської щільності морфологічного субстрату, що виявляється, використовуються такі терміни:

- «ізоденсне» - зображення однакової щільності з оточуючими тканинами (утворення однакової щільності з паренхіматозними органами, внутрішньомозковий крововилив в підгострий період), на томограмі - різні відтінки сірого (мал.60).



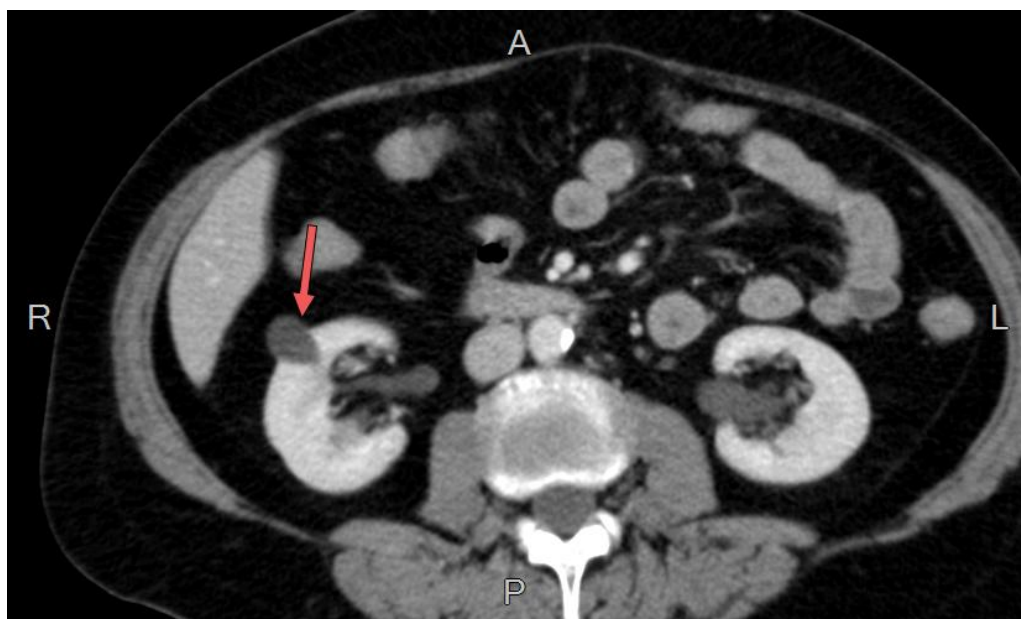
Мал.60. Утвір в паренхімі печінки

- «гіперденсне» - високощільні структури: кров (крововилив в гострий період), кістка, рентгеноконтрастна речовина, на томограмі мають білий колір (мал.61).



Мал.61 dorsum sellae

- «гіподенсне» - низькощільні структури - ліквор, гази, кістозний рідинний вміст, рідина як прояв набряку, мають чорний колір на томограмі (мал.62).



Мал.62. Субкапсульна кіста правої нирки



## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Основні властивості рентгенівського випромінювання.
2. Принципи формування рентгенівського зображення.
3. Природне та штучне контрастування.
4. Види рентгеноконтрастних речовин.
5. Фізичні основи компютерної томографії.
6. Принципи отримання зображення при КТ.
7. Особливості спіральної КТ.
8. Штучне контрастування при КТ.
9. Терміни, які використовуються в рентгенодіагностиці.
10. Терміни, які використовуються в комп'ютерній томографії.

## ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Засідання медико-фізичного товариства, на якому В.К. Рентген доповів про своє відкриття нових променів, відбулося:
  - А) 8 листопада 1805
  - Б) 25 листопада 1995
  - В) 28 грудня 1895
2. Відкриття рентгенівських променів було здійснено:
  - А) у Берліні
  - Б) у Відні
  - В) у Вюрцбурзі
3. Яких властивостей не має рентгенівське випромінювання:
  - А) проникає через тіла та предмети
  - Б) викликає світіння ряду хімічних сполук

В) не викликає розпад нейтральних атомів на позитивно та негативно заряджені частинки

4. У зв'язку з чим рентгенівське випромінювання небайдуже для живих організмів:

А) у зв'язку з тим, що проникає через тіла та предмети, які не пропускають світло

Б) викликає розпад нейтральних атомів на позитивно та негативно заряджені частинки

5. Зображення при комп'ютерній томографії отримують:

А) у результаті неоднорідного послаблення рентгенівського випромінювання різними за щільністю тканинами

Б) у результаті неоднорідного відбивання рентгенівського випромінювання різними за щільністю тканинами

В) у результаті відбивання хвиль від середовищ з різними акустичними властивостями

6. Зображення при УЗД отримують:

А) у результаті відображення ультразвукових хвиль від середовищ з різними акустичними властивостями

Б) у результаті неоднорідного поглинання випромінювання різними за щільністю тканинами

В) у результаті неоднорідного відображення випромінювання різними за щільністю тканинами

7. Перевага сцинтиграфії в тому, що вона

А) дає діагностичну інформацію про функціональний стан органу

Б) краще за інші методи дозволяє візуалізувати анатомічну будову

В) не використовує іонізуючого випромінювання

8. Який з перерахованих методів не відноситься до радіонуклідної діагностики:

А) радіометрія

Б) іригографія

В) сцинтиграфія

9. Який вид випромінювання використовується у формуванні КТ-зображення:

А) ультразвукове

Б) рентгенівське

В) ніяке з перерахованих

10. Прицільний рентгенологічний знімок це -

А) знімок частини тіла або цілого органу

Б) знімок із зображенням частини органу в проекції, яка цікавить лікаря, оптимальній для дослідження тієї чи іншої деталі

В) знімок органів, розташованих в одній порожнині

11. Рентгенологічне дослідження слід проводити:

А) за суворими показаннями

Б) без показань

В) на вимогу пацієнта

12. При рівній інформативності потрібно віддавати перевагу дослідженням:

А) які супроводжуються меншим опроміненням

Б) які не пов'язані з опроміненням хворого

В) ступінь опромінення при дослідженнях не має значення

13. До числа неіонізуючих випромінювань не належить:

А) рентгенівське

Б) резонансне

В) ультразвукові хвилі

14. Не є електромагнітними:

А) інфрачервоні промені

Б) звукові хвилі

В) рентгенівські промені

15. Ультразвук являє собою рух часток пружного середовища, які поширюються хвилеподібно коливальним рухом з частотою:
- А) понад 20 кГц
  - Б) від 20 Гц до 20 кГц
  - В) менше 20 Гц
16. Проходячи через тканини організму людини, все іонізуюче випромінювання:
- А) відбиває свою енергію від атомів тканин
  - Б) передає свою енергію атомам тканин, викликаючи їх збудження й іонізацію
  - В) не викликає іонізації атомів середовища
17. Від яких з перелічених тканин найбільше відбивання ультразвуку?
- А) вода - кістки черепа
  - Б) кров - нирка
  - В) підшлункова залоза - жир
18. До методів променевої діагностики не належить:
- А) сонографія
  - Б) бронхоскопія
  - В) сцинтиграфія
19. Методика доплерографії використовується для
- А) визначення форми, контурів та структури паренхіматозних органів
  - Б) характеристики потоків крові в судинах
  - В) диференціальної діагностики захворювань порожнистих органів
20. Чим менше досліджуваний орган поглинає випромінювання,
- А) тим світліше буде його зображення
  - Б) тим інтенсивніша його тінь
  - В) ступінь поглинання не впливає на формування зображення
21. Від яких параметрів не залежить відбивання ультразвуку:
- А) від кута падіння ультразвукового променя

Б) від різниці акустичних щільностей середовища

В) від частоти ультразвуку

22. В доплерографії в якості рухливого об'єкта виступають:

А) рухомі еритроцити

Б) коливання стінки судини

В) скорочення серця

23. Більш чутливі до опромінення

А) малодиференційовані клітини

Б) високодиференційовані клітини

В) диференціація не має значення

24. В якій з перелічених тканин променеві ушкодження будуть

максимальні:

А) хрящова

Б) жирова

В) кровотворна

25. При рівній товщині шару якою тканиною найсильніше поглинається випромінювання:

А) паренхіматозними органами

Б) кістковою

В) газом

26. Оглядовий рентгенологічний знімок це

А) знімок частини тіла або цілого органу

Б) знімок з зображенням частини органу в проекції, яка цікавить лікаря, оптимальній для дослідження тієї чи іншої деталі

В) знімок частини органу

27. Найбільше променеве навантаження дає

А) магнітно-резонансна томографія

Б) ультразвукове дослідження

В) рентгенологічне дослідження

28. Рентгенографія - метод рентгенологічного дослідження, при якому зображення об'єкта одержують

А) на світлому екрані

Б) на рентгенівській плівці

29. При рентгеноскопії зображення об'єкта одержують

А) на світлому екрані

Б) на твердому носії

30. Які терміни використовують при МРТ:

А) ізоденсний, гіподенсний

Б) високоінтенсивний, слабоінтенсивний

В) ехонегативний, ехопозитивний

## Перелік скорочень

ВНЗ – вищий навчальний заклад

КТ – комп'ютерна томографія

КТ-анатомія – комп'ютерно-томографічна анатомія

КТ-ангіографія – комп'ютерно-томографічна ангіографія

КТ-аортографія – комп'ютерно-томографічна аортографія

од.Н – одиниці Хаунсфілда

ОЕКТ – однофотонна емісійна комп'ютерна томографія

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### Основна:

1. Линденбратен Л.Д., Королюк И.П. Медицинская радиология (основы лучевой диагностики и лучевой терапии): Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 2000.— 672 с.: ил.
2. Линденбратен Л.Д., Лясс Ф.М. Медицинская радиология. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 1986. — 368 с., ил.
3. Меллер Т. Норма при рентгенологических исследованиях. М.: изд. МЕДпресс-информ, 2009. — 288 с.
4. Меллер Т., Райв Э. Норма при КТ- и МРТ-исследованиях. М.: изд. МЕДпресс-информ, 2008. — 256 с.
5. Морозов С.П., Насникова И.Ю., Сеницын В.Е. Мультиспиральная компьютерная томография. М.: изд. ГЭОТАР-Медиа, 2009. — 112 с.
6. Радіонуклідна діагностика та променева терапія /за ред.А.П.Лазаря/. — Вінниця: Нова книга, 2006.—200 с.
7. Рентгенодіагностика /за ред.В.І.Мілька/.—Вінниця: Нова книга, 2005. —352с.
8. Руководство по ультразвуковой диагностике / Под ред. П.Е.С. Пальмера М: издательство «Медицина», 2000. — 335 с., ил.
9. Труфанов Г.Е. Рентгеновская компьютерная томография (Руководство для врачей) / Г.Е. Труфанов, С.Д. Рудь и др. — СПб.: Фолиант. — 2008. — 1195 с.

### Додаткова:

1. Воронцов А.В. Магнитно-резонансная томография гипоталамо-гипофизарной системы в диагностике эндокринных заболеваний. М.: изд. Альма-матер, 2009. — 127 с.



2. Дергачёв А.И., Котляров П.М. Абдоминальная эхография: справочник. — М.: ЭликсКом, 2005. — 352 с., ил.
3. Евдокимов А.Г., Тополянский В.Д. Болезни артерий и вен: Справочное руководство для практического врача. — 2-е изд. — М.: Советский спорт, 2001. — 256 с., ил.
4. Зубарев А.В., Гажонова В.Е. Диагностический ультразвук. Уронефрология. / Практическое руководство. М., Видар, 2002. — 248 с., ил.
5. Зубарев А.Р., Митькова М.Д., Корякин М.В. и др.. Ультразвуковая диагностика заболеваний наружных половых органов у мужчин. М., Видар, 1999. — 96 с.
6. Квятковский Е.А., Квятковская Т.А. Ультрасонография и доплерография в диагностике заболеваний почек. — Днепропетровск: Новая идеология, 2005. — 318 с., ил.
7. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология (издание второе, дополненное и переработанное). — Москва: изд. Реальное время, 2003. — 322 с., ил.
8. Медведев М.В., Зыкин Б.И., Хохолин В.Л., Стручкова Н.Ю. Дифференциальная ультразвуковая диагностика в гинекологии. — М.: Видар, 1997. — 192 с.
9. Пыков М.И., Соколов Ю.Ю., Никулина И.С. Рентгеноультразвуковая диагностика аномалий развития и заболеваний панкреатобилиарной системы у детей. М.: изд. Видар-М, 2009. — 136 с.
10. Рентгенодиагностика в педиатрии: Руководство для врачей в 2-х томах / Под ред. Баклановой В.Ф., Филиппкина М.А.— М.: Медицина, 1988.— Т. 1.— 448 с., Т. 2. — 368 с.
11. Рыбакова М.К., Алехин М.Н., Митьков В.В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Эхокардиография. М.: изд. Дом Видар — М, 2008. — 512 с., ил.

12. Терновой С.К., Паша С. П. Радионуклидная диагностика. /Карманный атлас по лучевой диагностике. М.: изд. ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 208 с.
13. Труфанов Г.Е. Лучевая диагностика заболеваний поджелудочной железы.СПб.: изд. ЭЛБИ, 2011. — 288 с.
14. Труфанов Г.Е. МРТ в маммологии. СПб.: изд. ЭЛБИ, 2009. —201 с.
15. Тюрин И.Е. Компьютерная томография органов грудной полости.— ЭЛБ-СПб., 2003.— 371 с.
16. Ультразвуковая доплеровская диагностика в клинике / Под ред. Никитина Ю.М., Труханова А.И. – Иваново: Издательство МИК, 2004. — 496 с., ил.
17. Хачкурузов С.Г. УЗИ в гинекологии. Симптоматика. Диагностические трудности и ошибки. СПб., Изд. «Элби», 1999. – 656 с. ил.: 1235.
18. Хофер Матиас, Н. Абанадор, Л. Кампер, Х. Раттунде, К. Центаи Рентгенологическое исследование грудной клетки. Практическое руководство/Атлас.: - М.: Мед.лит., 2008. – 224 с., ил.
19. Чуриков Д.А., Кириенко А.И. Ультразвуковая диагностика болезней вен. М.: изд. Литтерра, 2011. — 96 с.
20. Шуракова А.Б., Кармазановский Г.Г. Бесконтрастная магнитно-резонансная ангиография. М.: Видар, 2011. — 64 с.