

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА УРОЛОГІЇ, ПРОМЕНЕВОЇ ДІАГНОСТИКИ І ТЕРАПІЇ

**КОМПЛЕКСНЕ ПРОМЕНЕВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ**  
**ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ**  
НАОЧНИЙ ПОСІБНИК ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ  
(З РАДІОЛОГІЇ)  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІІІ КУРСУ МЕДИЧНИХ  
ФАКУЛЬТЕТІВ

м. Запоріжжя  
2015

УДК 615.7-073.7(075.8)  
ББК 53.6 173  
Т 83

***Рецензенти:***

**Перцов В.І.**- доктор медичних наук, професор; завідувач кафедри медицини катастроф, військової медицини, анестезіології та реаніматології ЗДМУ;

**Сирбу І.Ф.**- доктор медичних наук, професор кафедри загальної хірургії ЗДМУ.

Затверджено Центральною методичною Радою  
Запорізького державного медичного університету  
(Протокол № 06 від 20 травня 2015р)

Рекомендовано до використання в навчальному процесі

**Комплексне променеве дослідження опорно-рухового апарату:**  
наочний посібник для студентів 3 курсу мед. факультетів / уклад. : Н. В.  
Туманська, К. С. Барська. – Запоріжжя : Видавництво ЗДМУ, 2015. - 74 с.

У наочному посібнику представлені основні методи променевого дослідження опорно-рухового апарату, їх переваги та недоліки. Включені принципи формування діагностичних зображень при основних методах променевого дослідження, показання та протипоказання до використання променевих методів дослідження. Викладені основи нормальної променевої анатомії опорно-рухового апарату, променеві ознаки захворювань опорно-рухового апарату. В кінці посібника пропонуються тестові завдання та питання для самоконтролю. Наочний посібник призначений для студентів медичних ВНЗів.

## Зміст

Передмова .....	5
<b>Глава 1. Загальні відомості</b>	<b>7</b>
Біологічна дія іонізуючого випромінювання .....	7
Історія відкриття рентгенівських променів .....	10
Формування рентгенологічного зображення .....	11
Методи рентгенологічного дослідження .....	12
<b>Глава 2. Анатомія опорно-рухового апарату</b> .....	<b>13</b>
Функція та склад опорно-рухового апарату .....	13
Особливості остеогенезу .....	13
Будова довгих кісток.....	15
Види з'єднань кісток.....	16
<b>Глава 3. Методи дослідження опорно-рухового апарату</b> .....	<b>19</b>
Рентгенографія .....	19
Комп'ютерна томографія .....	24
Магнітно-резонансна томографія.....	29
Ультразвукова діагностика .....	34
Радіонуклідна діагностика .....	38
<b>Глава 4. Особливості променевої анатомії опорно-рухового апарату</b> .....	<b>42</b>
Схема опису рентгенограми кісток та суглобів.....	42
Алгоритм променевого дослідження опорно-рухової системи.....	43
<b>Глава 5. Променева семіотика патології опорно-рухової системи</b> .....	<b>44</b>
Основні патологічні синдроми .....	45
Остеомієліт .....	47
Туберкульоз кісток та суглобів.....	50
Фібозна остеодистрофія .....	51
Пухлини опорно-рухової системи.....	52

Травматичні пошкодження кісток і суглобів .....	61
Тестові завдання .....	66
Відповіді на тестові завдання.....	70
Питання для самоконтролю .....	70
Список літератури .....	72

## Передмова

Променева діагностика вивчає використання іонізуючих випромінювань, ультразвуку та магнітних полів для діагностики захворювань органів і систем, зокрема опорно-рухового апарату. Опорно-рухова система - одна з найскладніших систем людського організму. Її ушкодження (наприклад, перелом будь-якої кістки) призводить до тривалої втрати працездатності людиною. Здавалося б, що може бути простіше, ніж постановка діагнозу ушкодження кісткового скелета по рентгенограмі? Але так може вважати лише дилетант, далекий від розуміння того, як ставлять діагноз пошкодження сегмента опорно-рухової системи. Щоб висновок лікаря було безпомилковим, він повинен добре знати рентгеноанатомію і фізіологію скелета, його вікові особливості, починаючи з формування скелета дитини і закінчуючи віковими змінами. Лікар, читаючи рентгенівський знімок, повинен представляти стандартні способи укладання пацієнта під час дослідження і можливі спотворення зображення при їх погрішності. Крім того, не слід забувати про так звані рентгенологічні знахідки: особливості розвитку скелета, непостійні кістки, аномалії, дисплазії, або просто хронічні уповільнені захворювання.

Вміння діагностувати травматичні пошкодження кісток та суглобів входить до кваліфікаційної характеристики лікарів різного профілю. Крім того, лікар залюбим фахом повинен вміти орієнтуватися в променевій картині найбільш поширених захворювань скелету.

У зв'язку з вищезазначеним, лікар будь-якої спеціалізації повинен знати нормальну променеву анатомію опорно-рухового апарату, вирізняти загальні променеві ознаки захворювань опорно-рухового апарату

Вивчення даної теми базується на знаннях студентів, здобутих на кафедрах анатомії, фізіології, гістології та ембріології, а також – патофізіології та морфологічного субстрату різних патологічних процесів в кістках та суглобах. Для вивчення рентгенівської картини захворювань кісток та суглобів студент повинен засвоїти рентгеносеміотику кісток та суглобів в нормі та рентгенівську семіотику захворювань опорно-рухового апарату. Вивчення рентгеносеміотики

координується з викладанням симптоматики на курсах факультетської хірургії, терапії та педіатрії. Викладач підкреслює, що рентгенологічний метод є ведучим в діагностиці захворювань кісток та суглобів.

Враховуючи те, що студенти ще мало знайомі із захворюваннями кісток та суглобів, викладач з початку практичного заняття звертає увагу на нормальну анатомію та патологію, фізіологію та патологічну фізіологію, хімію, фізику. Отримані в процесі заняття знання студентів будуть сприяти кращому засвоєнню клініко-рентгенологічної картини захворювань кісток та суглобів. В теперішній час променеві методи дослідження опорно-рухової системи в багатьох випадках вирішують багато клінічних завдань, а тому їх важко назвати допоміжними. Рентгенологічна наука не стоїть на місці: з'явилася велика кількість нових досліджень, тому діапазон лікарських знань повинен постійно розширюватися. В останню чверть століття набули широкого поширення нові методи діагностичної візуалізації, такі, як УЗД (ультрасонографія), сцинтиграфія, комп'ютерна томографія (КТ) та магнітно-резонансна томографія (МРТ). При дослідженні м'яких тканин, наприклад, роль традиційної рентгенодіагностики невелика. Тут на перший план виходить ультразвукова сонографія, комп'ютерна та магнітно-резонансна томографії, радіонуклідна сцинтиграфія.

У матеріал наочного посібнику включені тестові завдання та контрольні питання для перевірки знань студентів з променевої анатомії опорно-рухового апарату. Даний посібник розрахован на студентів медичних ВНЗів, що навчаються на факультетах, в програму яких включена дисципліна «Радіологія»

## ГЛАВА 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

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. ультразвукова діагностика
4. магнітно-резонансна томографія
5. радіонуклідна діагностика
6. інтервенційна радіологія

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

### **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: однониткові 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.

### **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. 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. Вчений почав відсувати платиносинеродистий барій від працюючої катодної трубки, але світіння екрана зберігалося. Рентген прийшов до висновку, що в трубці виникають якісь невідомі наці 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. 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

X-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. X-промені названі рентгенівськими. Так народилася нова медична спеціальність - променева діагностика.

### **Формування рентгенівського 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.

Аналогові рентгеновські зображення отримують за допомогою методів класичної рентгенодіагностики (рентгенографії, рентгеноскопії, флюорографії) на флуоресціюючих екранах або на спеціальній рентгенографічній плівці - рентгенограмі.

Цифрове зображення отримують за допомогою комп'ютера. Ці зображення одержані при комп'ютерній та магнітно-резонансній томографії, ультразвуковому скануванні, цифровій рентгенографії.

### **Методи рентгенологічного дослідження**

#### ***Загальні:***

рентгенографія

рентгеноскопія

флюорографія

лінійна томографія

#### ***Спеціальні:***

мамографія

ортопантомографія

методики із застосуванням

штучного контрастування

## **Глава 2 Анатомія опорно-рухового апарату**

Опорно-рухова система (синоніми: опорно-руховий апарат, кістково-м'язова система, скелетно-м'язова система) - комплекс структур, що утворюють каркас, надають форму організму, опору, забезпечують захист внутрішніх органів і можливість пересування в просторі. Таким чином основними функціями рухової системи є наступні:

- опорна - фіксація м'язів і внутрішніх органів;
- захисна - захист життєво важливих органів;
- рухова - забезпечення простих рухів, рухових дій і діяльності;
- ресорна - пом'якшення поштовхів і струсів;
- участь у теплообміні і терморегуляції організму
- участь у забезпеченні життєво важливих процесів - мінеральний обмін, кровообіг, кровотворення і інші.

До складу опорно-рухового апарату належать: 1) кістки, що утворюють скелет; 2) зчленування кісток, які в свою чергу поділяють на рухомі, малорухливі та нерухомі; 3) м'язи, зв'язки та фасції.

За формою та будовою розрізняють наступні кістки:

довгі, короткі, пласкі, повітроносні та змішані.

У довгих кістках виділяють кілька анатомічних частин, а саме:

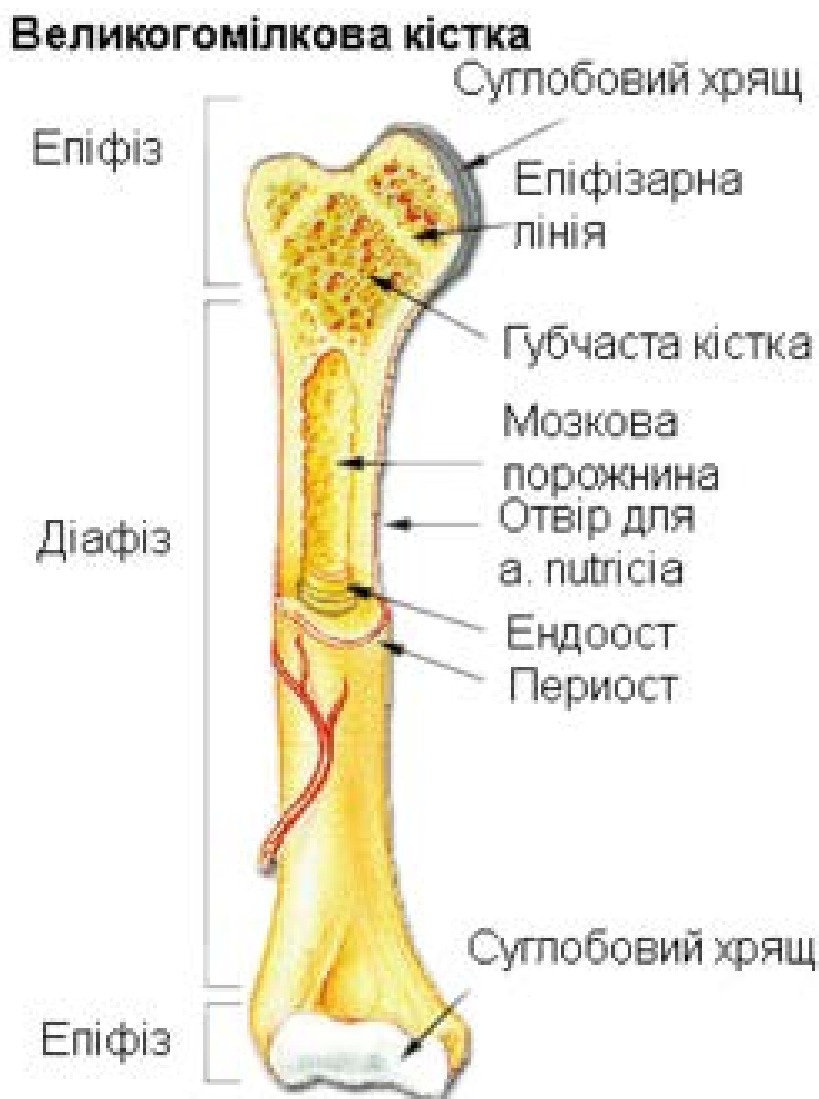
- Епіфіз –анатомічно відокремлений кінець довгої кістки, який бере участь у створенні суглоба
- Діафіз- це так зване тіло кістки, що має кістково-мозкову порожнину, заповнену кістковим мозком
- Метафіз – розширена частина діафіза, яка анатомічно не відокремлена від нього, але має губчасту будову
- Апофіз – кісткові виступи , що розташовані на метафазах, мають власну точку скостеніння та до яких прикріплюються сухожилки м'язів.

### ***Особливості остеогенезу***

У дітей вирізняють також епіметафізарний хрящ або фізіс- це прошарок хрящової тканини між епіфізом і метафізом , який на рентгенограмах має вигляд смужки просвітління(зона росту)

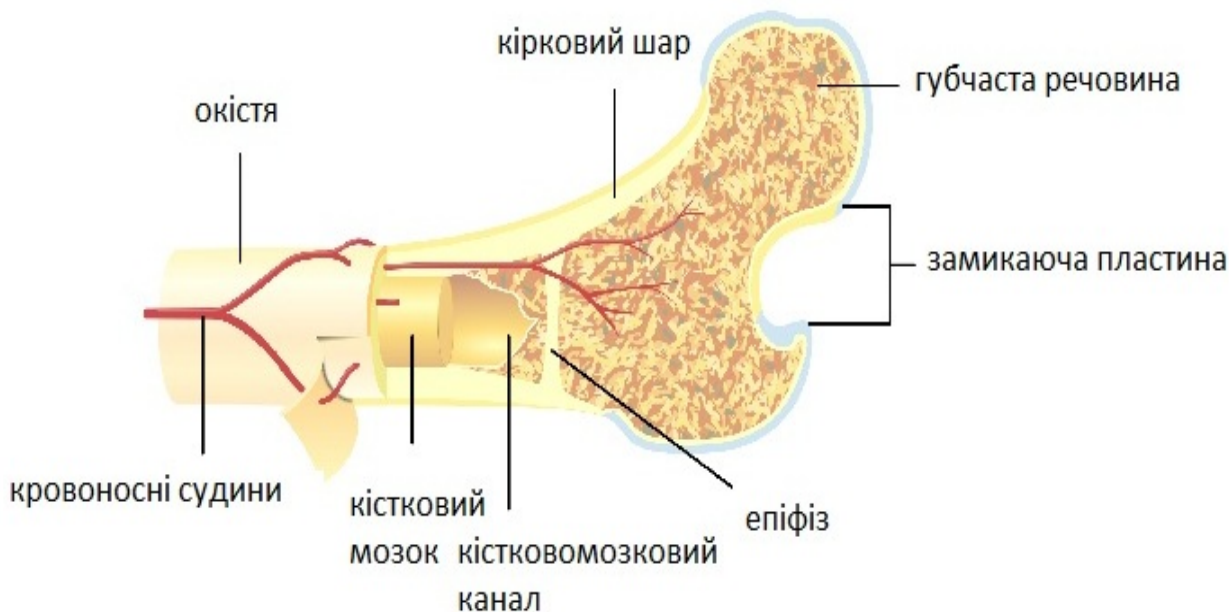
Скелет формується у декілька стадій починаючи з внутрішньоутробного періоду і до середини третього десятиріччя життя. Його закладка починається на другому місяці ембріогенезу та відбувається на основі мезенхіми. Розвиток скелета починається з утворення мембранозної закладки. На її основі формуються первинні та вторинні кістки.

Початкове формування в хрящових закладках кісткової речовини має назву появи точок скостеніння. За часом та особливостями утворення вони поділяються на первинні та вторинні. Первинні точки скостеніння виникають внутрішньоутробно, а вторинні – після народження. Вторинні постійні точки скостеніння – як основні, так і додаткові, з'являються у певні строки за так званим кістковим календарем. У кожному суглобовому кінці довгої кістки, в її апофізах, коротких кістках, кисті та ступні є постійна кількість точок скостеніння, які з'являються та синостозуються у певний термін. За наявністю точок можна визначити кістковий вік та його відповідність паспортному . Термін появи точок скостеніння залежить не тільки від віку людини, але й від статі, конституціональних особливостей, етнічної приналежності. Відхилення щодо появи точок скостеніння від звичайних термінів свідчить про генетичні, ендокринні та інші порушення розвитку скелета.



У кожній кістці виділяють щільну (компактну) і губчасту речовину. Розподіл компактної і губчастої речовини залежить від місця в організмі і функції кісток. Компактна речовина знаходиться в тих кістках і в тих частинах, які виконують функції опори і руху, наприклад в діафізах трубчастих кісток. Губчата речовина знаходиться в коротких (губчастих) і плоских кістках. Кісткові пластинки утворюють в них різної товщини перекладки (балки), перетинаються між собою в різних напрямках. Порожнини між поперечинами (осередки) заповнені червоним кістковим мозком. В трубчастих кістках кістковий мозок перебуває в каналі кістки, званому кістковомозковою порожниною. У дорослої людини розрізняють червоний і жовтий кістковий мозок. Червоний кістковий мозок заповнює губчасту речовину плоских кісток і епіфізів трубчастих кісток. Жовтий кістковий мозок (ожирілий)

знаходиться в діяфізах трубчастих костей. Вся кістка, за винятком суглобових поверхонь, покрита надкістницею.



### ***Види з'єднання кісток:***

а) нерухомі; б) малорухливі; в) рухливі з'єднання кісток, або суглоби.

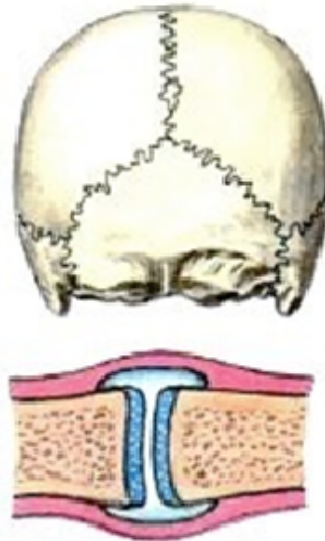
По вісям руху суглоби поділяють на одно-, дво- та тривісні. До тривісних відносять суглоби, які володіють найбільшою свободою руху, наприклад – плечовий, а також пласкі (крижово-куприковий), в якому суглобові поверхні є відрізком шару більшого діаметру. Пласкі суглоби скріплені міцними зв'язками та є малорухливими. До одновісних суглобів відносять суглоби с вертикальною або горизонтальною лініями руху.

Суглоби, які утворені двома кістками мають назву простого (плечовий), трьома та більшою кількістю – складним.



## Види з'єднань кісток

Кістковий шов-  
нерухоме з'єднання



Тіла хребців-  
малорухливе з'єднання



Суглоб-рухливе з'єднання

Нерухоме з'єднання утворюється в результаті зрощення кісток. Існує 3 типи нерухомих з'єднань, а саме - синдесмози(сполучнотканинні з'єднання), синхондрози(хрящові), синостози (кісткові). При цьому рухи можуть бути вкрай обмеженими або зовсім відсутні. Наприклад, нерухомість кісток мозкового черепа забезпечується тим, що численні виступи однієї кістки входять у відповідне поглиблення іншої. Подібне сполучення кісток називається швом(синдесмоз).

Наявність пружних хрящових прокладок між кістками забезпечує невелику рухливість. Наприклад, такі прокладки є між окремими хребцями. Під час скорочення м'язів прокладки стискаються, а хребці зближуються. При активних рухах (ходьбі, бігу, стрибках) хрящ діє як амортизатор, тим самим пом'якшуючи різкі поштовхи і оберігаючи тіло від струсу.

Частіше зустрічаються рухливі з'єднання кісток, що забезпечується суглобами. Кінці кісток, що утворюють суглоб, покриті гіаліновим хрящем. Цей хрящ дуже еластичний, має гладку блискучу поверхню, тому значно

зменшується тертя між кістками, що істотно полегшує їх рух. З дуже щільної сполучної тканини утворюється суглобова сумка (капсула), яка оточує область зчленування кісток. Міцний зовнішній (фіброзний) шар капсули міцно сполучає між собою зчленовані кістки. Всередині капсула вистелена синовіальною оболонкою. У порожнині суглоба знаходиться синовіальна рідина, яка діє як змащення і теж сприяє зменшенню тертя. Зовні суглоб укріплений зв'язками. Ряд суглобів зміцнюється зв'язками і всередині.

Скелетні м'язи є активним елементом опорно-рухової системи. Вони утворені смугастими волокнами, які оточені оболонкою (сарколема), волокна з'єднуються у групи, які в свою чергу створюють м'яз. М'яз в цілому оточений зовнішнім перемізієм, а зовні ще вкритий щільним сполучнотканинним футляром – фасцією. На кінці м'язів фасції утворюють сухожилки, за допомогою яких м'язи прикріплюються до кісток.

### Глава 3 Методи дослідження опорно-рухового апарата

Звичайна рентгенографія до сьогодні є методом первинного дослідження опорно-рухового апарату. Рентгенологічні методи мають середню чутливість, але високу специфічність. К рентгенологічним методам дослідження слід віднести:

- багатопроєкційну рентгенографію;
- функціональну рентгенографію;
- лінійну томографію, панорамну томографію.

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

- зображення органів і тканин, виконане в чорно-білих тонах. У практичній роботі отримують зображення на рентгенівській плівці. Це зображення є негативним і називається традиційною, класичною рентгенограмою. 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. Органи та тканини, що мають високу рентгенівську щільність (кістки, контрастна речовина - сульфат барію), на негативних зображеннях - білого кольору, а на позитивних - чорного. На рентгенограмах формується площинне сумацийне негативне зображення у чорно-білих тонах. При аналізі рентгенограм необхідно враховувати наявність сумацийного ефекту. Сумацийний ефект в променевій 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.

Щоб уникнути ускладнень, викликаних ефектом нашаровування, рентгенограми роблять в двох взаємно перпендикулярних проекціях або вдаються до використання томографічних методик - лінійної або комп'ютерної томографії

*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 променевого навантаження на пацієнта.

*Недоліки рентгенографії:*

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

**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.

Окремо слід зазначити використання контрастних рентгенологічних методів, а саме: ангиографії, синусографії, фістулографії, артрографії.

При дослідженні опорно-рухового апарату також застосовують наступні методи променевої діагностики:

- + комп'ютерна томографія
- + магнітно-резонансна томографія
- + УЗД
- + радіонуклідне дослідження скелета
- + радіоімунологічне дослідження скелета

Положення, форма і розмір усіх кісток чітко відбиваються на рентгенограмах. Оскільки рентгенівське випромінювання поглинається головним чином мінеральними солями, на знімках видно переважно щільні частини кістки, тобто кісткові балки і трабекули.

М'які тканини - окістя, ендост, кістковий мозок, судини і нерви, хрящ, синовиальна рідина - у фізіологічних умовах не дають структурного рентгенівського зображення, так само як і фасції, що оточують кістку і м'язи. Частково усі ці утворення виділяються на сонограмах, комп'ютерних і особливо магнітно-резонансних томограмах.

Звичайна рутинна **рентгенографія кісток та суглобів** зазвичай проводиться у двох взаємно-перпендикулярних площинах



### **Рентгенографія шийного відділу хребта(бічна та пряма проекції)**

За допомогою **функціональної рентгенографії** вивчають такі анатомічні утвори , як хребет або суглоби. Наприклад при дослідженні шийного або поперекового відділів хребта виконують знімки у положенні максимального згинання та розгинання

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

**Артрографію** виконують за допомогою низькоатомних контрастних речовин-газів.

При **фістулографії** використовують навпаки високоатомні контрастні речовини. Фістулографію використовують при підозрі на норицю або секвестр.



### **Фістулографія м'яких тканин стегна.**

**Комп'ютерна томографія** останнім часом набула значних переваг при дослідженні кісток. Також КТ створює додаткові можливості для отримання зображень м'яких тканин та суглобів, особливо при їх контрастуванні. Комп'ютерну томографію застосовують після рутинного рентгенологічного обстеження у разі виникнення сумнівів щодо наявності патологічного процесу або деталізації морфологічних змін.

*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. 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.

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.

Особливістю метода комп'ютерної томографії є отримання зображення в аксіальній площині з можливістю реконструкції зображення в різних проекціях.

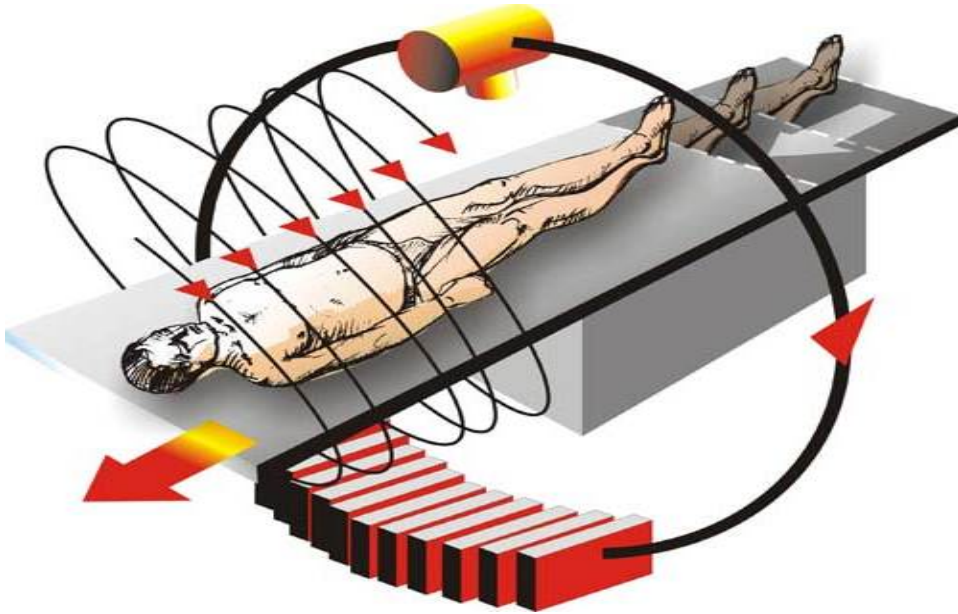
*Фізичні основи рентгенівської КТ.* У комп'ютерній томографії використовують рентгенівські промені, тому в основі рентгенівської КТ лежить здатність різних органів та тканин людини нерівномірно послаблювати рентгенівське випромінювання. Отже, фізичні основи КТ та рентгенологічних методик ідентичні, а відрізняються ці методи за принципом отримання та обробки діагностичної інформації.

Основою комп'ютерного томографа є рентгенівська трубка, але вона випускає в'ялоподібний пучок рентгенівського випромінювання, спрямований перпендикулярно довгій осі тіла досліджуваної людини. Рентгенівська трубка обертається навколо пацієнта і повертається до тіла хворого під різними кутами, у загальній складності проходячи 360°. 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.

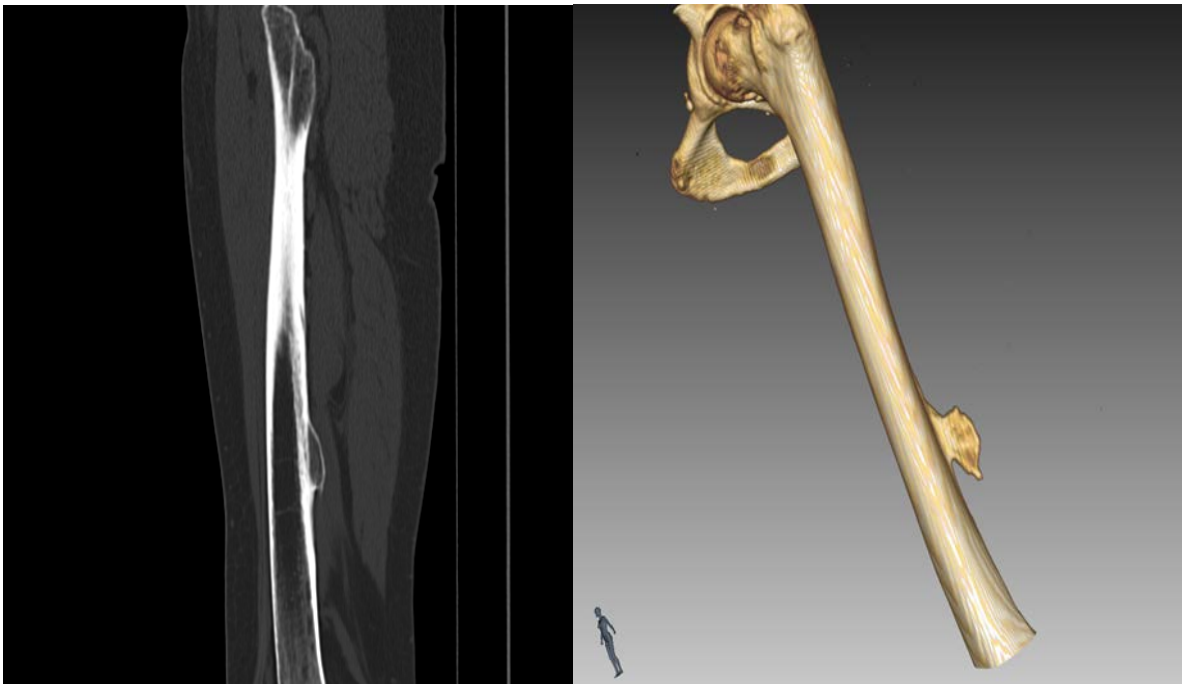
Комп'ютерна томограма є в кінцевому підсумку серією аксіальних томографічних зрізів досліджуваного органу та області тіла по типу «пироговських», які і підлягають діагностичного аналізу. Отримана в результаті КТ картина абсолютно об'єктивна, її можливо оцінювати і вивчати на моніторі приладу, фіксувати 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



**Схема принципу роботи спірального комп'ютерного томографа**



**КТ-зображення стегнової кістки з 3D-моделюванням**

Променеве навантаження на пацієнта за час дослідження збільшується в декілька разів в порівнянні з традиційними рентгенологічними методами, а тому у кожного пацієнта повинні бути чіткі показання.

### **Переваги рентгенівської КТ порівняно з рентгенографією**

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

- Відсутність сумаційного 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  $360^\circ$ .

- Висока роздільна здатність - можливість розрізнити більшу кількість деталей в зображенні досліджуваного об'єкта в порівнянні з рентгенографією. Завдяки високій роздільній здатності і відсутності сумаційного ефекту можна візуалізувати структури, які проекційно нашаровуються на зображення інших органів і практично не дають зображення на рутинних рентгенограмах (головний мозок, підшлункова залоза, лімфатичні вузли). 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.

- Можливість кількісно визначати рентгенівську щільність досліджуваного об'єкта: це дозволяє доповнювати візуальну оцінку комп'ютерно-томографічної картини аналізом щільності візуалізованих структур. 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.

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 визначити точну топографію і взаєморозташування органів і патологічних структур.
- Комфортність процесу дослідження.
- 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).

**Магнітно-резонансна томографія (МРТ)** має низку переваг при вивченні м'яких тканин та кісткового мозку. Та цей метод не дає можливості детально вивчити кісткову структуру. МРТ-сканування можна проводити у будь-якому напрямку стосовно певної анатомічної ділянки. Найчастіше використовують три основних взаємно перпендикулярних площини - аксіальну, сагітальну та коронарну. Вісь досліджуваної ділянки слід розташувати по центру магніта. У разі застосування МРТ існує можливість вибору умов, за яких можна домогтися оптимальних співвідношень сигналу\шуму, роздільної здатності та тканинного контрасту. Правильний

вибір технічних умов забезпечує достатнє оглядове поле, оптимальні інтенсивність сигналу та роздільну здатність.

Магнітно-резонансна томографія є ефективним методом вивчення патологічних змін у м'яких тканинах, травматичних пошкоджень хрящової тканини, патологічних скупчень в суглобових порожнинах, а також в оцінці утворень, які не візуалізуються за допомогою рентгенівських методів. МРТ допомагає відрізнити гостру запальну стадію від фіброзного процесу при запальних захворюваннях. МРТ показана для визначення стадії пухлин, виявлення регіонарних і віддалених метастазів при злоякісних пухлинах, а також для визначення рецидивів.

*Історія створення МРТ* почалася з відкриття явища ядерного магнітного резонансу (ЯМР) для рідин та твердих тіл у 1946 р. дослідниками Стендфордського та Гарвардського університетів, які показали, що деякі ядра, що знаходяться в магнітному полі, індукують електромагнітний сигнал під впливом радіочастотних імпульсів. Згодом Фелікс Блох, який входив до числа першовідкривачів ЯМР, висловив даний феномен у вигляді математичного рівняння, що отримало його ім'я. За відкриття ЯМР американські вчені Фелікс Блох і Едвард Пурсель отримали в 1952 р. Нобелівську премію з фізики.

Спочатку явище ЯМР знайшло практичне застосування в методі ЯМР-спектроскопії, який використовували для спектрального аналізу біологічних структур. Цей метод дозволяв точно визначати хімічний склад аналізованого зразка. Потім, у 1973 р., американський вчений Пол Лотербур, використовуючи явище ЯМР, вперше отримав зображення двох капілярних трубочок, заповнених рідиною, чим заклав основу магнітно-резонансної томографії. На отримання цього зображення витрачено 4 год 45 хв.. Близько 8 років знадобилося для появи в клініці перших МР-томографів для дослідження всього тіла людини. Перші МР-томограми внутрішніх органів живої людини були продемонстровані у 1982 р. на Міжнародному конгресі радіологів у Парижі. Отримання МР-зображень на перших томографах

вимагало дуже тривалого часу. Британський вчений доктор Пітер Менсфілд розробив спеціальні математичні алгоритми обробки одержуваних від досліджуваного об'єкта магнітно-резонансних сигналів, що дозволило значно скоротити час дослідження. У 2003 р. за винахід методу МРТ британцеві серу Пітеру Менсфілду і американцеві Полу Лотербуру була присуджена Нобелівська премія в галузі медицини.

*Фізичні основи МРТ і формування МР-зображення.* В основі МРТ лежить явище ядерно-магнітного резонансу. ЯМР - фізичне явище, що полягає в здатності ядер деяких хімічних елементів, поміщених в постійне магнітне поле, поглинати енергію електромагнітних хвиль на певній частоті, яка називається резонансною.

**Основними компонентами магнітно-резонансного томографа є:**

- магніт у формі кільця, що створює постійне магнітне поле високої напруженості. Цей магніт розміщується в рамі, в котру, як у тунель, розташовується пацієнт під час дослідження;
- радіочастотна котушка, яка генерує і приймає радіочастотні імпульси;
- блок обробки інформації (комп'ютер).

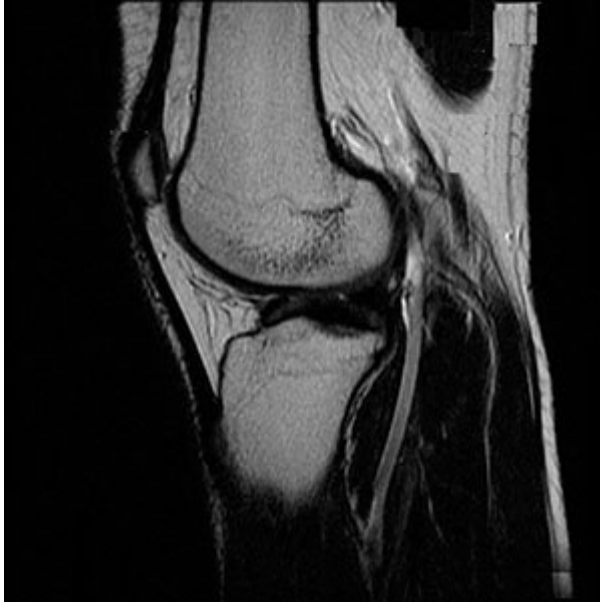
Організм людини на 4/5 складається з води та приблизно 90% речовини становить водень. В центрі атома водню - протон, а на периферії - електрон. Електрон постійно обертається навколо протона, але одночасно з цим протон обертається навколо власної осі, як дзига, утворюючи конус. Частота обертання протона прямо пропорційна напруженості магнітного поля та називається частотою Лармора. Рух зарядженої частинки формує магнітне поле, вектор якого збігається з напрямком конуса обертання, тобто кожен протон можна представити у вигляді маленького магніта, який має своє власне магнітне поле і полюси - північний та південний. Поза сильним магнітним полем ці маленькі магніти орієнтовані хаотично. Коли тіло пацієнта розміщують всередині магнітного поля МР-томографа, намагніченість всіх протонів орієнтується паралельно напрямку зовнішнього

магнітного поля. При цьому велика частина векторів намагніченості протонів орієнтована в тому ж напрямку, що й зовнішнє магнітне поле (тобто в бік «півночі»), а менша частина - в протилежному (в бік «півдня»), тому в організмі пацієнта створюється сумарний магнітний момент, що збігається з напрямком зовнішнього магнітного поля. Його величина залежить, в першу чергу, від щільності протонів (proton density або PD) в різних органах і тканинах. Однак зображення досліджуваного органу визначається не тільки PD в ньому, а й тим, в яких хімічних сполуках знаходиться водень, тому, наприклад, вода та жирова тканина, що містять велику кількість хімічно пов'язаного водню, генерують неоднакові МР-сигнали після зникнення ЯМР. МР-сигнал являє собою радіохвилю, що генерується протонами після зникнення явища ЯМР протягом певного періоду - часу релаксації. Ця радіохвиля вловлюється радіочастотною котушкою, в якій внаслідок цього індуксується електричний струм, амплітуда якого прямо пропорційна інтенсивності МР-сигналу. Але МР-сигнали, що випускаються протонами різних тканин (наприклад, рідинними утвореннями та жировою тканиною), відрізняються один від одного ще й своєю тривалістю. Це відбувається тому, що в процесі релаксації хімічно сильно пов'язані протони (як у жировій тканині) віддають енергію, що випромінюється радіохвилями, набагато швидше, ніж менш пов'язані (як у воді). Отже, час релаксації води набагато більше, ніж у жиру. Явище релаксації включає в себе два процеси, що протікають паралельно: повернення вектора намагніченості, створеного обертанням протонів, у вихідний (до виникнення ЯМР) стан; дефазування. Відповідно до цього, перший процес отримав назву T1-релаксації, другий – T2-релаксації. Час T1-релаксації - це час, необхідний для досягнення 63% від величини вектора намагніченості протонів, що існує до виникнення явища ЯМР. Час T2-релаксації - це час, необхідний для досягнення стану, коли в процесі дефазування зберігається тільки 37% синхронізованих по фазі протонів від початкового значення.

Відповідно, на інтенсивність МР-сигналу впливає і PD, і час T1 та



T2-релаксації різних органів та тканин. МР-сигнал, отриманий через певний час після зникнення ЯМР від органів та тканин, які мають різні часи релаксації T1 та T2, буде відрізнятися за інтенсивністю.



**МРТ-дослідження колінного суглоба**

*Переваги МРТ:*

1. Відсутність променевого навантаження, що дозволяє використовувати його в різних вікових групах і в різні періоди життя людини, а також проводити багаторазові повторні дослідження при необхідності об'єктивного контролю проходження патологічного процесу й ефективності лікування.
2. Отримання висококонтрастного зображення м'якотканинних органів і структур в будь-якій площині.
3. Можливість виконання безконтрастної ангіографії, урографії, холангіопанкреатикографії, мієлографії.
4. Неінвазивне визначення вмісту різних метаболітів *in vivo* за допомогою водневої та фосфорної МР-спектроскопії.
5. Можливість виконання функціональних досліджень головного мозку для візуалізації чутливих і рухових центрів після їх відповідної стимуляції.

*Протипоказання до МРТ:*

Абсолютні: наявність в тілі пацієнта металевих і феромагнітних структур (металеві чужорідні тіла, кардіостимулятори, імплантовані автоматичні дозатори лікарських засобів, наприклад - інсулінові помпи, штучні клапани серця, сталеві імпланти, штучні суглоби, апарати металоостеосинтезу, слухові апарати).

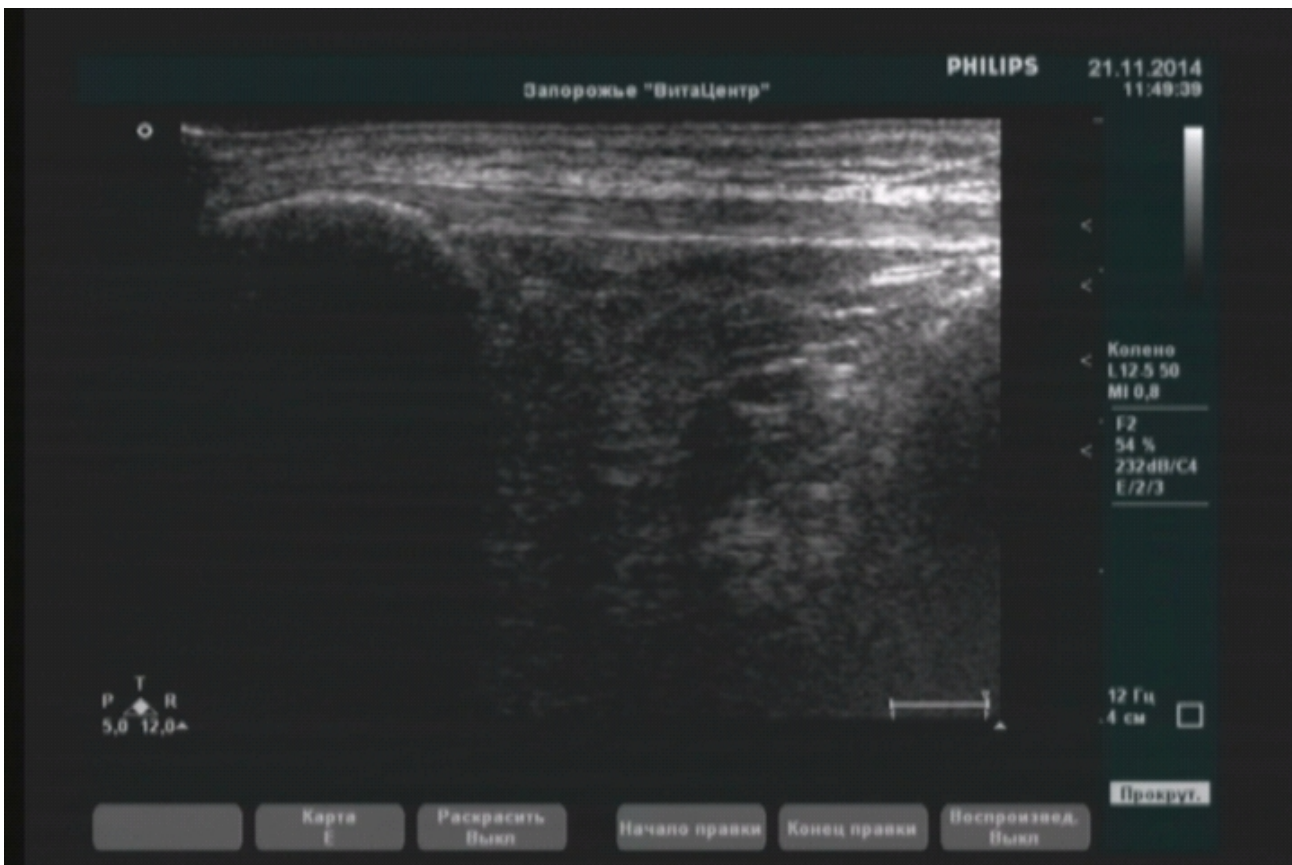
Відносні: перший триместр вагітності, клаустрофобія, неусунений судомний синдром, рухова активність пацієнта.

*Недоліки МРТ:*

1. Висока чутливість до рухових артефактів.
2. Обмеження виконання дослідження у пацієнтів, що потребують апаратної підтримки життєво важливих функцій організму (кардіостимулятори, ШВЛ, імплантовані інсулінові помпи та ін.).
3. Погана візуалізація кісткових структур через низький вміст води.

**Ультразвукову діагностику (УЗД)** застосовують для вивчення патологічних процесів в м'яких тканинах. Також за допомогою цього методу виявляють наявність ексудату або крові у порожнині великих суглобів, ушкоджень суглобових хрящів, а також визначення нерентгенконтрастних сторонніх тіл. Цей метод також доцільно використовувати у дітей, наприклад при дисплазії кульшового суглобу. УЗД не має протипоказань.

Під контролем УЗ також виконують пункційну біопсію. Надзвичайно ефективний метод дослідження м'язів і зв'язкового апарата кінцівок. Розриви сухожиль, поразки їх манжет, випіт в суглобі, проліферативні зміни синовиальної оболонки і синовиальні кісти, абсцеси і гематоми в м'яких тканинах - це далеко не повний перелік патологічних змін, що виявляються за допомогою ультразвукового дослідження.





**УЗД суглобів виконуть лінійним перетворювачем з частотою 5-7,5МГц.**

*Формування ультрасонографічного зображення.* Звук являє собою хвилеподібно поширювальний коливальний рух частинок пружного середовища. Ультразвуком називаються звукові коливання, що лежать вище порога сприйняття органом слуху людини, що мають частоту більше 20 кГц. Ультразвукові хвилі, проходячи через тканини людини, відбиваються в різній мірі від середовищ різної щільності та, повертаючись, формують зображення. Поширення та відображення ультразвуку - два основних принципи, на яких ґрунтується дія всієї діагностичної УЗ-апаратури. Для отримання ультразвукових коливань в медапаратах використовується явище зворотного п'єзоефекту - коливання пластинки з п'єзоматеріала під впливом електричного струму. Основний елемент датчика являє собою тонку пластинку з п'єзоматеріала. При підведенні до граней такої пластинки різниці потенціалів відбувається її деформація - розширення або стиснення в залежності від полярності електричного заряду (зворотний п'єзоефект). Протягом часу, коли на пластину подається напруга, п'єзоелемент є антеною

передавачем: випромінює УЗ-коливання в середину тканин. Ультразвукові хвилі випромінюються датчиком, спочатку йдуть паралельно, а потім починають розходитися. Характер проходження ультразвуку через середовище залежить від його ультразвукового опору - імпедансу. Імпеданс тканини залежить від її щільності та швидкості поширення ультразвуку. Коли ультразвук проходить через гомогенне середовище, його напрямок являє собою пряму лінію. Досягнувши кордону розділу середовищ з різним імпедансом, частина хвиль відбивається, а інша частина продовжує свій шлях через середовище. Коефіцієнт відображення залежить від різниці опору на межі розділу середовища, при цьому, чим більше різниця, тим сильніше ступінь відображення. Таким чином, відображення на межі розділу «м'яка тканина – повітря» виражено в значно більшому ступені, ніж на межі розділу «м'яка тканина – рідина». Крім того, ступінь відображення залежить від кута падіння променя на поверхню розділу середовищ: чим більше кут наближається до прямого, тим сильніше ступінь відображення.

Не менше значення для роботи апаратури має принцип прямого п'єзоефекту. Частина енергії УЗ-хвилі відбивається, проходячи через кордони тканин, що мають різні акустичні властивості та повертається до п'єзоелементу, який в цей час знаходиться в стані спокою. Відображена УЗ-хвиля викликає компресію п'єзопластини та появу на її гранях різниці електричних потенціалів - за принципом прямого п'єзоефекту. П'єзоелемент датчика в цей час працює як приймальна антена, а електричний заряд, що з'явився на пластині, і є основною одиницею побудови зображення на екрані.

В-режим (від «brightness» - яскравість) - є найбільш інформативним і вживаним в усіх галузях медицини. Даний режим дозволяє отримувати двомірне зображення, яке являє собою томографічний зріз тіла пацієнта (ехотомографія). Датчик - це ряд послідовно розташованих п'єзоелементів. Кожен з них відтворює зображення у вигляді крапок, розташування яких на екрані відповідає відстані до зони відображення, а яскравість - амплітуді віддзеркаленого сигналу. Чим більше окремих елементів буде містити датчик

і чим менший розмір буде мати кожен елемент, тим якісніше буде зображення на екрані (мал. 16). За допомогою цього режиму виконується дослідження топографії, розмірів, структури, рухливості органу, зв'язок його із сусідніми структурами.

*Переваги ультразвукового методу дослідження:*

- відсутність негативного променевого впливу, що дозволяє використовувати його в різних вікових групах і в різні періоди життя людини (дослідження плоду, пацієнтки в період вагітності, лактації), а також проводити багаторазові повторні дослідження при необхідності об'єктивного контролю перебігу патологічного процесу та ефективності лікування;
- висока пропускна здатність, може широко застосовуватися при масових профоглядах;
- сонографічне дослідження дозволяє виконати під візуальним контролем прицільну біопсію патологічного вогнища або провести випорожнення порожнини кістки або гематоми, дренажування порожнини абсцесу;
- мобільність - при використанні переносних ультразвукових сканерів можливість проведення дослідження нетранспортабельним хворим у палатах різних відділень (у тому числі і реанімаційному), в операційній, на дому.

*Недоліки ультразвукового методу дослідження:*

- погана візуалізація при надмірній вазі пацієнта та метеоризмі;
- неможливість огляду всіх органів (низьку звукопровідність має кісткова тканина, органи, що містять повітря: легені);
- неможливість визначення функцій більшості органів (крім серця).

Особливо треба зупинитися на **радіонуклідній** візуалізації скелета. Її виконують шляхом внутрішньовенного введення мічених технецієм фосфатних з'єднань. Інтенсивність і швидкість включення РФП в кісткову тканину залежать від двох основних чинників - величини кровотоку і інтенсивності обмінних процесів в кістці. Як збільшення, так і зниження

кровообігу і метаболізму неминуче відбиваються на рівні включення РФП в кісткову тканину, тому знаходять своє відображення на сцинтиграмах. Показаннями до радіонуклідних досліджень є візуалізація злоякісних пухлин, метастазів, визначення активності запальних процесів при остеомієлітах.

Радіонуклідна (радіоізотопна) діагностика - розділ медичної радіології, що включає методи медичної візуалізації, в основі яких лежить застосування радіоактивних речовин для отримання діагностичної інформації.

### **Види випромінювань**

корпускулярні:

хвильовий:

АЛЬФА БЕТА

ГАММА

Альфа-випромінювання - потік позитивно заряджених частинок - ядер гелію, що містять два протони та два нейтрони. Має найбільшу іонізуючу і малу проникаючу здатністю. Для захисту від зовнішнього впливу досить захиститися будь-яким тонким шаром (наприклад, листком щільного паперу). Крім того, від зовнішнього альфа-випромінювання людину захищає природний непроникний бар'єр - роговий шар шкіри, що складається з відмерлих клітин епідермісу.

Бета-випромінювання - потік негативно заряджених частинок - електронів або позитивно заряджених - позитронів. Має більшу проникаючу здатність у порівнянні з альфа-променями: пробіг у повітрі складає метри, в біологічній тканині - сантиметри, тому і для захисту від них потрібні більш щільні і товсті екрани (кілька міліметрів алюмінію або кілька метрів повітря).

Гамма-випромінювання - жорсткі електромагнітні коливання, які утворюються при розпаді ядер багатьох радіоактивних елементів. Має меншу енергію і найбільшу проникаючу здатністю, тому в сучасній радіонуклідній діагностиці застосовуються препарати, що випромінюють гамма-кванти. Довжина пробігу в повітрі досягає сотень метрів, тому для екранування від них необхідні спеціальні пристрої з матеріалів, здатних добре затримувати ці промені (свинець, бетон, вода). Іонізуючий ефект дії гамма-випромінювання



обумовлений в основному як безпосереднім витрачанням власної енергії, так і іонізуючою дією електронів, що вибиваються з опроміненої речовини.

Сцинтиграфія - спосіб радіонуклідної діагностики, що забезпечує отримання зображення органів і тканин за допомогою реєстрації випромінювання на гамма-камері, що випускається інкорпорованим радіонуклідом. Дас інформацію про топографо-анатомічні характеристики і характер розподілу в досліджуваному біологічному об'єкті РФП.

Планарна сцинтиграфія - зображення органів і тканин отримують в певній площині. Головний недолік планарної сцинтиграфії - сумаційний ефект.

Однофотонна емісійна комп'ютерна томографія (ОЕКТ). Ця методика дозволяє отримувати зображення аксіальних зрізів досліджуваного органу завдяки обертанню детектора гамма-камери навколо досліджуваного об'єкта. Таким чином усувається сумаційний ефект. При необхідності аксіальні зрізи реконструюються в зображення в інших площинах. Ще однією перевагою ОЕКТ, в порівнянні з планарною сцинтиграфією, є велика роздільна здатність, тобто, є можливість більш детального вивчення особливостей досліджуваного органу.

Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ) - методика, що передбачає введення в організм людини РФП, які випускають випромінювання, або позитрони. Кожен РФП-позитрон, що випускається, в організмі людини починає взаємодіяти з найближчим електроном. Позитрони та електрони мають однакову масу, але протилежні електричні заряди, тому виникає їх взаємознищення - анігіляція. При анігіляції відбувається виділення анігіляційних гамма-квантів, що розповсюджуються в протилежних напрямках і уловлюються спеціальними детекторами.

ПЕТ дозволяє проводити точну кількісну оцінку концентрації радіонуклідів у досліджуваному органі і може використовуватися для тонкого вивчення метаболічних процесів, що протікають в ньому. Наприклад, ПЕТ актуальна в діагностиці злоякісних пухлин: в пухлинних клітинах з високим рівнем вуглеводного обміну, які активно метаболізуються, дуже інтенсивно



акумулюється  $^{18}\text{F}$ -дезоксиглюкоза (метаболічний аналог звичайної глюкози). Активно застосовується ПЕТ і в кардіології:  $^{18}\text{F}$ -дезоксиглюкоза добре включається у вуглеводний обмін міокарда та дозволяє визначити ступінь його життєздатності.

В даний час основними напрямками застосування радіонуклідного дослідження є:

1. Діагностика злоякісних пухлин і пошук метастазів (особливо, дрібних, на початкових стадіях їх розвитку).
2. Дослідження функціонального стану різних органів.
3. Пошук вогнищ інфекції при лихоманці невизнаного генезу (перевага - можливість дослідження всього тіла).
4. Діагностика порушень регіонарного кровотоку: виявлення прихованої ішемії, оцінка площі ураження міокарда, оцінка життєздатності міокарда, діагностика початкових стадій інсульту (перші години), транзиторних ішемічних атак.

Переваги радіонуклідної діагностики. В основі рентгенологічного методу, КТ, УЗД, МРТ лежить візуалізація морфологічних характеристик досліджуваного органу або системи.

Головна перевага радіонуклідних методів у порівнянні з іншими засобами променевої діагностики - можливість отримувати діагностичну інформацію про функціональний стан досліджуваного органу чи біологічної системи. Ще одна важлива перевага - можливість одномоментного дослідження всього тіла (наприклад, візуалізація всіх метастазів певної пухлини в усіх органах та системах).

## Глава 4 Особливості променевої анатомії опорно-рухового апарату

Шкіра має вигляд смуги, що менш прозора за підшкірну основу при звичайній рентгенографії, має середню оптичну щільність при КТ-дослідженні, та середню інтенсивність сигналу при МРТ. Підшкірно-жировий прошарок прозорий при рентгенологічному дослідженні, має низьку оптичну щільність за шкалою Хаунсфілда при комп'ютерній томографії та високу інтенсивність сигналу на МРТ. Фасції мають вигляд лінійного утвору, що оточують м'яз. Вони дають більшу оптичну щільність при КТ-дослідженні та більшу інтенсивність сигналу на МРТ ніж суміжний м'яз.

При УЗ-дослідженні шкіра з підшкірною основою мають більшу ехогенність, ніж розташований під ними м'яз. М'язи мають середню ехогенність і розмежовані більш ехогенними фасціальними перетинками. Кістки мають високу інтенсивність на рентгенограмах, високу оптичну щільність при КТ-дослідженні, гіперехогенні на УЗ-сканах та не мають або мають слабкий сигнал на МР-зображеннях. Судини при КТ та РГ-дослідженнях візуалізуються або при наявності звапнень у стінках судин або при їх контрастуванні. В УЗ-зображенні судини, зокрема артерії, мають вигляд гіпоехогенних структур, які пульсують.

### *Схема опису рентгенограми кісток та суглобів:*

- 1 методика і ділянка дослідження
- 2 проекції досліджувальної ділянки
- 3 оцінка якості знімка
- 4 положення, розміри і форма кісток
- 5 контури кіркового шару, його товщина
- 6 кісткова структура
- 7 реакція окістя
- 8 стан кістковомозкового каналу

9 ядра скостеніння і зони росту у дітей

10 співвідношення суглобових поверхонь, стан субхондральних шарів.

11 форма і розміри суглобових щілин

12 стан м'яких тканин

12 клініко-рентгенологічний висновок

*Алгоритм променевого дослідження опорно-рухової системи*

ВИД ПАТОЛОГІЇ	ПЕРВИННІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	ДОДАТКОВІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ
Захворювання кісток	Рентгенографія Остеосцинтиграфія	КТ Лінійна томографія Денситометрія МРТ
Кістковомозкові ураження	Остеосцинтиграфія МРТ	Рентгенографія КТ
Захворювання суглобів	Остеосцинтиграфія УЗД Рентгенографія	Артрографія КТ-артрографія СКТ-артрографія МРТ МР-артрографія
Захворювання м'яких тканин	УЗД	МРТ КТ Рентгенографія
Визначення стадії пухлинного процесу	Остеосцинтиграфія	МРТ КТ

## Глава 5 Променева семіотика патології опорно-рухової системи

Характеризується змінами структури, контурів, форми і розмірів кісток, окістя, суглобів і м'яких тканин.

К променевим симптомам кісткової патології слід віднести:

1) симптоми кісткової патології які супроводжуються зменшенням кісткової речовини в одиниці об'єму- остеопороз, атрофію, деструкцію, секвестрацію, здуття;

2) симптоми які супроводжуються збільшенням кісткової речовини в одиниці об'єму- остеосклероз, гіперостоз, параостоз, періостит, пухлинне кістковоутворення.

В сучасній рентгенодіагностиці впроваджено принцип синдромної діагностики.

**Синдром** - це група захворювань, об'єднаних загальними симптомами.

Для визначення провідного рентгенологічного синдрому необхідно послідовно виконати наступні дії:

- відрізнити норму від патології;
- визначити рентгенологічні симптоми патології;
- визначити рентгенологічні ознаки синдрому;
- провести внутрішньосиндромну діагностику.

Основні відхилення від норми, які спостерігаються при рентгенологічному дослідженні :

- зміни положення, форми і розмірів кісток;
- зміни поверхні кісток(їх контурів на рентгенограмах);
- зміни кісткової структури : а) порушення цілості кісткових балок; б) перебудова структури кістки; в) остеоліз і остеонекроз; г) деструкція і секвестрація кісткової тканини;
- зміни рентгенівської суглобової щілини.

Треба окремо відзначити симптоми патології суглобів, а саме:

1.Розширення суглобової щілини є ознакою накопичення рідини в суглобі;

- 2.Звуження суглобової щілини- руйнування суглобових хрящів;
- 3.Ущільнення суглобової сумки- набряк, запальні процеси, склерозування;
- 4.Деструкція суглобових поверхонь – характеризує прогресування захворювання;
- 5.Крайові кісткові розростання.

К ознакам **синдрому запального захворювання кісток** відносять деструкцію кісткової тканини, кісткові секвестри, періостити (лінійний, шаруватий, торчковий, гребінчастий, мереживний), остеопороз, остеосклероз.

К ознакам **синдрому запального захворювання суглобів** відносять звуження суглобової щілини, руйнування замикаючої кісткової пластинки, деструкція суглобових кінців кісток, періостити прилеглих метафізів, зміни прилеглих м'яких тканин.

Окремо треба звернути увагу студентів на **ознаки синдрому пухлини кісток**, а саме:

+ *доброякісні пухлини*- форма відносно правильна, контури чіткі, навколишня кісткова тканина не зруйнована і часто утворює обмежувальну склеротичну смужку, правильно розподілені вогнища звапнення, здуття, або звичайна губчаста чи компактна кісткова структура;

+ *злякісні пухлини*- деструкція, бластоматозний ріст, козирковий або голчастий періостоз, відсутність секвестрів, м'якотканний компонент.

**Ознаки синдрому дегенеративно-дистрофічного захворювання суглобів.**

К ним відносять звуження рентгенівської суглобової щілини, нерівномірне стовщення чи стоншення замикаючої кісткової пластинки суглобових кінців кісток, остеосклероз субхондральних шарів кісткової тканини, кісткові розростання по краям суглобових поверхонь, кістоподібні утвори навколо суглобових поверхонь кісток.

Окремо слід відзначити дегенеративно-дистрофічні ураження хребта.

До цих уражень в першу чергу слід віднести так званий остеохондроз – дегенеративне ураження пульпозного ядра між хребцевого диска. Поступово до патологічного процесу залучаються всі елементи диска, а саме волокнисте кільце і гіалінові пластинки, тіла суміжних хребців, зв'язковий апарат та між хребцеві суглоби. Патологічний процес розвивається у найбільш навантажених відділах хребта. В теперішній час у зв'язку з адинамічним способом життя, вимушеним положенням скелету під час робочого процесу дегенеративні ураження хребта значно помолодшали.

Деформуючий спондиліоз розвивається в результаті локальної дегенерації зовнішніх волокон фіброзного кільця, частина диска випинає та «травмує» поздовжні зв'язки. Рентгенологічно відмічається звапнення місць прикріплення зв'язок до тіл хребців-остефіти



### **Деформуючий гонартроз**

Ознаки синдрому травматичного пошкодження кісток і суглобів – лінія перелому, зміщення кісткових фрагментів, деформація кіркового шару кістки

та зони росту, дезорієнтація кісткової структури.



### **Перелом ліктьової кістки зі зміщенням уламків**

К запальним захворюванням неспецифічного генезу відносять **остеомієліт-інфекційний** запальний процес кісткового мозку, що уражує всі елементи кістки та нерідко характеризується генералізацією.

Найбільш поширена наступна **класифікація остеомієліту**

#### ***За етіологічним чинником***

- Неспецифічний (збудник гнійна мікрофлора)
- Специфічний (мікрофлора туберкульозу, сифілісу)

#### ***За шляхом проникнення***

- Гематогенний (ендогенна мікрофлора з інших осередків запалення)
- Посттравматичний (екзогенне ураження через відкриті ділянки)

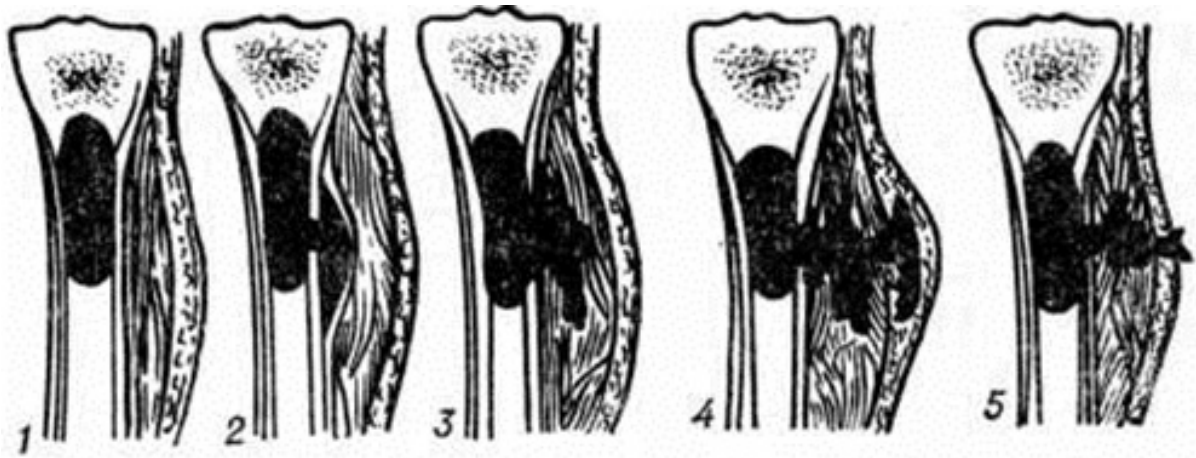
#### ***За клінічним перебігом***

- Гострий. Виділяють наступні форми: гострий гематогенний, гострі стадії травматичного, ятрогенний, вогнепальний, після радіаційний
- Хронічний. Виділяють : первинно-хронічний (склерозуючий остеомієліт Гарре), вторинно-хронічний (як наслідок гострого запалення)

*При гострому гематогенному остеомієліті виділяють 4 фази:*

- 1 фаза гострого запалення кісткового мозку(флегмона)
- 2 фаза прориву процесу під окістя і утворення підокісного абсцесу
- 3 фаза некрозу кістки
- 4 фаза секвестрації і репарації

Рентгенологічні ознаки визначаються на 12-16 день захворювання: вогнище деструкції в метадіафізі оточене ділянками реактивного склерозу , в центрі деструкції ледь помітний секвестр та реакція періосту у вигляді лінійного періоститу.



*Схема формування нориці при хронізації гематогенного остеомієліту:*

- 1 флегмона
- 2 підокісний абсцес
- 3 міжм`язова флегмона
- 4,5 формування нориці





**Періостальні нашарування при хронічному остемієліті стегна**



**Первиннохронічний остемієліт Броді.**

Вогнище деструкції в епіметафізі великогомілкової кістки, оточене широкою зоною дифузного остеосклерозу. Клінічно - помірні болі, що перемежаються.

К запальним захворюванням специфічного генезу відносять **туберкульоз кісток та суглобів.**

Частота виникнення туберкульозу кісток і суглобів зменшується у наведеному нижче порядку: спондиліт, артрити нижньої кінцівки, артрити верхньої кінцівки. На останньому місці діафізарний туберкульоз. Клінічно туберкульозний процес починається поступово і має хронічний перебіг.

**Класифікація кістково-суглобового туберкульозу:**

- Вогнищевий (осередковий) туберкульозний остит
- Синовіальний туберкульоз
- Деструктивний (обмежений або поширений); 3 фази розвитку(початкова, розпалу, стихання);
- Застарілий рецидивуючий туберкульоз



**Туберкульозне ураження кульшового суглобу**

Ранні трофічні зміни кісткової тканини - остеопороз, атрофія кістки;

зміни величини суглобової щілини, міжхребетних просторів : розширення на ранній стадії процесу, звуження аж до зникнення при подальшому його розвитку, осередковий характер первинної кісткової деструкції : деструктивне вогнище овальної або округлої форми

Променеві ознаки та методи дослідження зумовлені формою та фазами розвитку запального процесу, а також локалізацією патологічного ураження.

В теперішній час частіше застосовують КТ- МРТ-методи візуалізації.

Туберкульозний остит проявляється осередками деструкції, які локалізуються в губчастій речовині. Форма його округла або овальна, рідше полігональна. Контури нечіткі, в центрі візуалізується губчастий секвестр у вигляді «шматочка цукру, що тане»

### **Фібозна остеодистрофія**

Це ендокринне захворювання, при якому відзначається підвищена функціональна активність прищитовидних залоз. Гормон прищитовидних залоз діє на уся кісткову систему, і відбувається інтенсивна перебудова структури кісток. Знову освічені кісткові структури не встигають дозрівати. У кістках багато незрілих слабо звапнених структур, що при рентгенологічному дослідженні виражається остеопорозом



## Пухлини опорно-рухової системи

Тканина, з якої походить пухлина	ПУХЛИНА	
	доброякісна	зляюкісна
Хордальна Хрящова	Хордома Хондробластома Хондрома Хондроміксоїдна фіброма	Зляюкісна хордома Хондросаркома
Кісткова	Остеобластокласкома Остеоїдна остеома Остеома /компактна і губчата/	Остеогенна саркома Параосальна саркома Остеобластокластома Зляюкісна (перв. і вторинна)
Інші різновиди сполучної тканини	Міксома Ліпома Фіброма	Міксосаркома Ліпо-саркома Фібросаркома
Судини	Ангіома /венозна і капілярна/	Ангіосаркома Гематоендотеліома Інші ангіопластичні саркоми
Ретикулярна тканина кісткового мозку та її похідні		Ретикулосаркома Ретикулоплазмоцитома
Нервова	Неврофіброма Невроленома	Зляюкісна неврофіброма невриленома
Не з'ясовано		Пухлина Юїнга

### Остеоїд-остеома

Частота - 10% від усіх доброякісних пухлин кісток. У чоловіків зустрічається в 4-5 разів частіше, ніж у жінок, переважно у віці від 10 до 25 років. Клініка – сильний біль у ділянці ураження кістки, особливо вночі, зменшується після прийому аспірину. Рентгенологічно - виявляється нечітко окреслений круглий дефект кістки 0,5-2 см в діаметрі, т.з. "гніздо пухлини".

Кістка навкруг "гнізда" потовщена, склерозована. При субперіостальній локалізації кістка асиметрично потовщена.

Лікування - хірургічне - радикальне видалення "гнізда" пухлини з



склерозованою кісткою, що прилягає до неї. У випадках нерадикального видалення спостерігається рецидив пухлини, але малігнізація не настає.

### **Остеоїд-остеома**

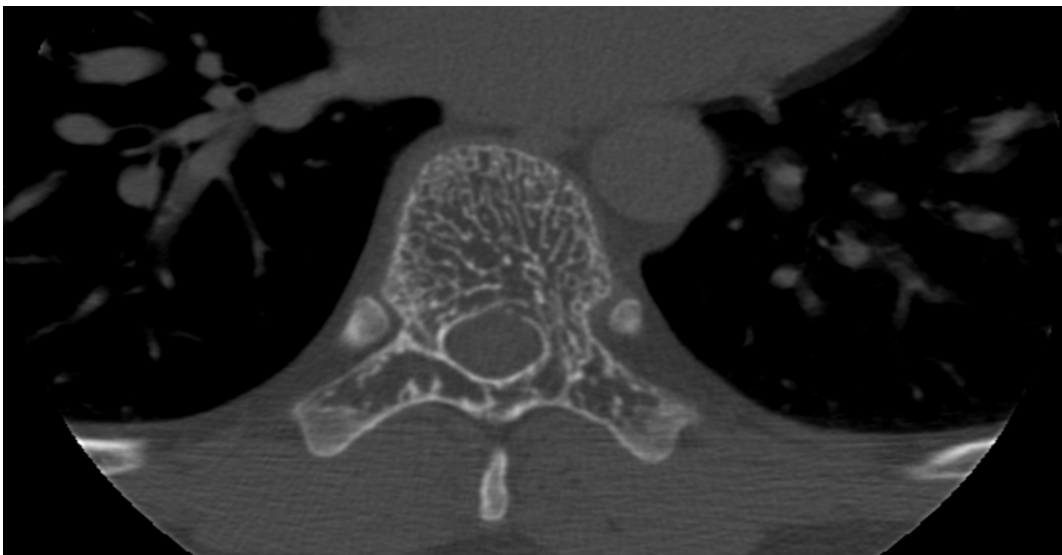
До доброякісних пухлин відносять також гломусну пухлину (ангіонейроміома або **пухлина Барре-Массона**). Гломусні пухлини зустрічаються переважно у осіб молодого і середнього віку. У типових випадках пухлина локалізується в області нігтьової фаланги великого або вказівного пальця кісті. Характерною особливістю пухлини є мимовільні болі, причому болі інтенсивні, пекучі, такі, що іноді іррадіюють в різні області.





Рентгенологічно виявляється крайовий дефект фаланги пальця, розташований на її нігтьовій поверхні або збоку. Дефект має серповидну форму і різкі контури.

Рентгенологічна картина **гемангіоми** своєрідна, а при ураженні хребця вона нерідко і патогномонічна. Замість нормальної структури виступають ті, що вертикально йдуть, а часом і одиничні горизонтальні, поперечні, грубі колонки і трабекули, дуже товсті особливо біля країв. Нерідко видно окремі округлі або овальні кільцеподібні просвітлення, відокремлені щільною кістковою межею .





### **Гемангіома хребця**

#### **Остеогенна саркома.**

Частота 80% усіх злоякісних пухлин кісток. Хворіють частіше чоловіки у віці від 10 до 30 років. Локалізація - переважно довгі кістки, зокрема кістки в області колінного суглоба /80%/.

Клінічна картина. 2 варіанти: швидкопрогресуюча, з сильними болями, ранніми метастазами в легені. Хворі вмирають через кілька місяців від початку захворювання. Друга форма повільно прогресуюча з клінікою, що відносно повільно розвивається.

Початок хвороби 45-50% пацієнтів пов'язують з травмою.

Клінічний перебіг: початок, розпал хвороби, завершення. Біль, пухлина, порушення функції кінцівки. Біль більше турбує вночі, дуже інтенсивний, не зменшується при іммобілізації, і введ. наркотиків.

Пухлина - щільна, спаяна з оточуючими тканинами, мало рухома м'які тканини напружені, шкіра блискуча, венозний малюнок.

Порушення функції - контрактура, кульгання, м'язева атрофія.

Загальні симптоми розвиваються на пізніх стадіях захворювання: нездуження, слабкість, похудіння, поганий сон.

Лабораторні дослідження: збільшення ШОЕ, лейкоцитоз, анемія, збільшення активності лужної фосфатази.

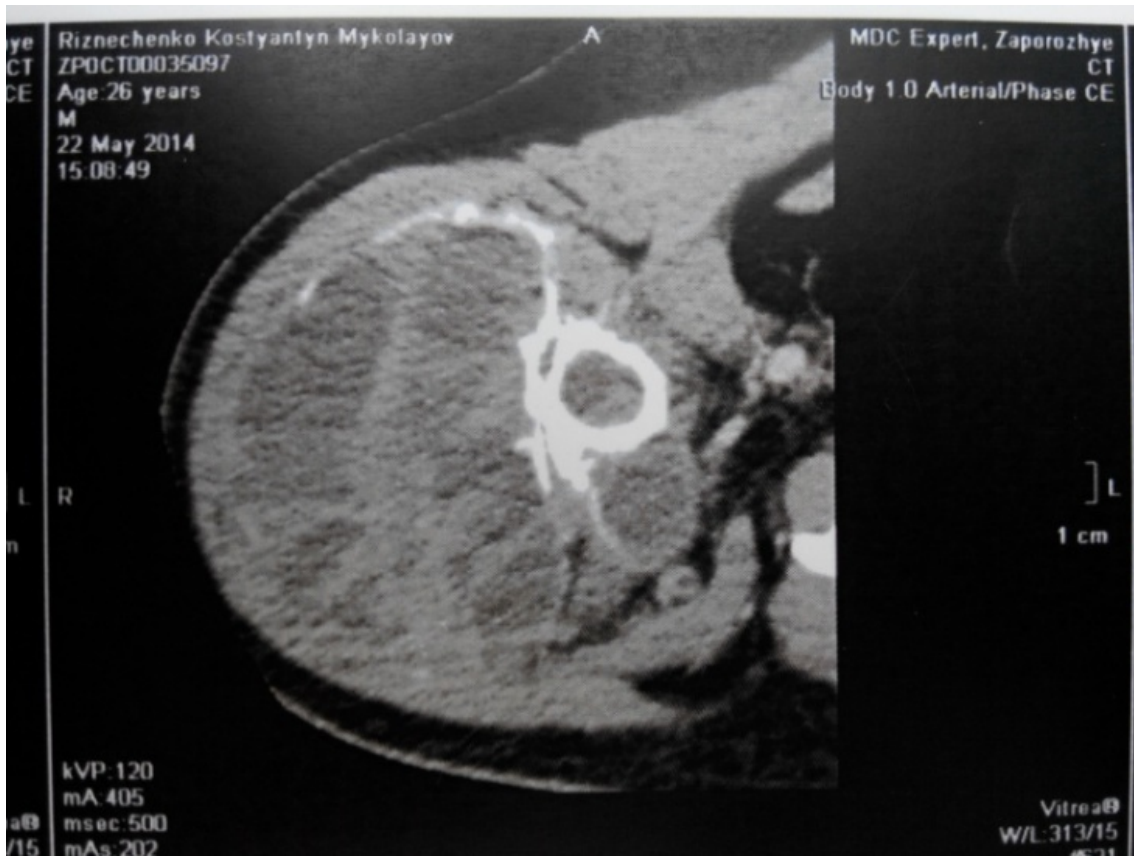
**Рентгенологічно розрізняють три різновидності пухлини: остеолітичну, остеобластичну і змішану.**

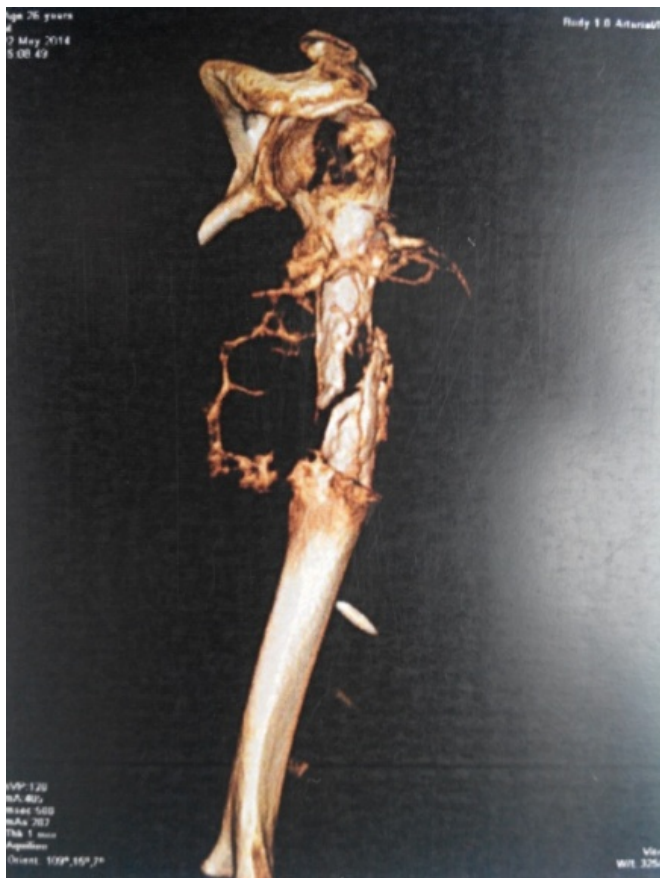
Кардинальні рентгенологічні симптоми - наявність "козирка" і голчатих розростань у вигляді віяла /спікул/, розширення зони епіметафізарного хряща.

Остеолітична форма проявляється у вигляді поодинокого осередку остеодеструкції неправильної форми з нечіткими контурами, розташований центрально або ексцентрично у метафізі довгої кістки. З ростом пухлини на фоні цього осередка появляється дрібновогнищевий малюнок, що нагадує тканину, посічену міллю, що свідчить про залучення в процес кортикального шару.

При остеобластичній формі остеогенної саркоми не спостерігається руйнування кістки, а на перший план виступають остеопластичні процеси, що проявляються у вигляді осередків ущільнення губчатої кістки до I-I,5 см в діаметрі без чітких меж, розташованих ексцентрично.



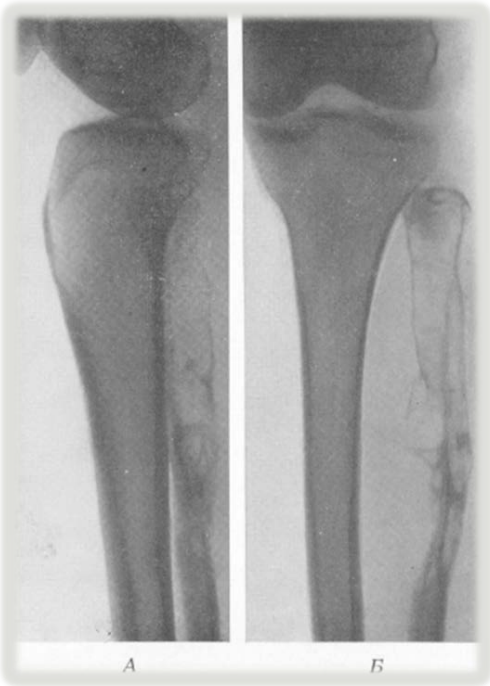




**OsteoSA плеча**

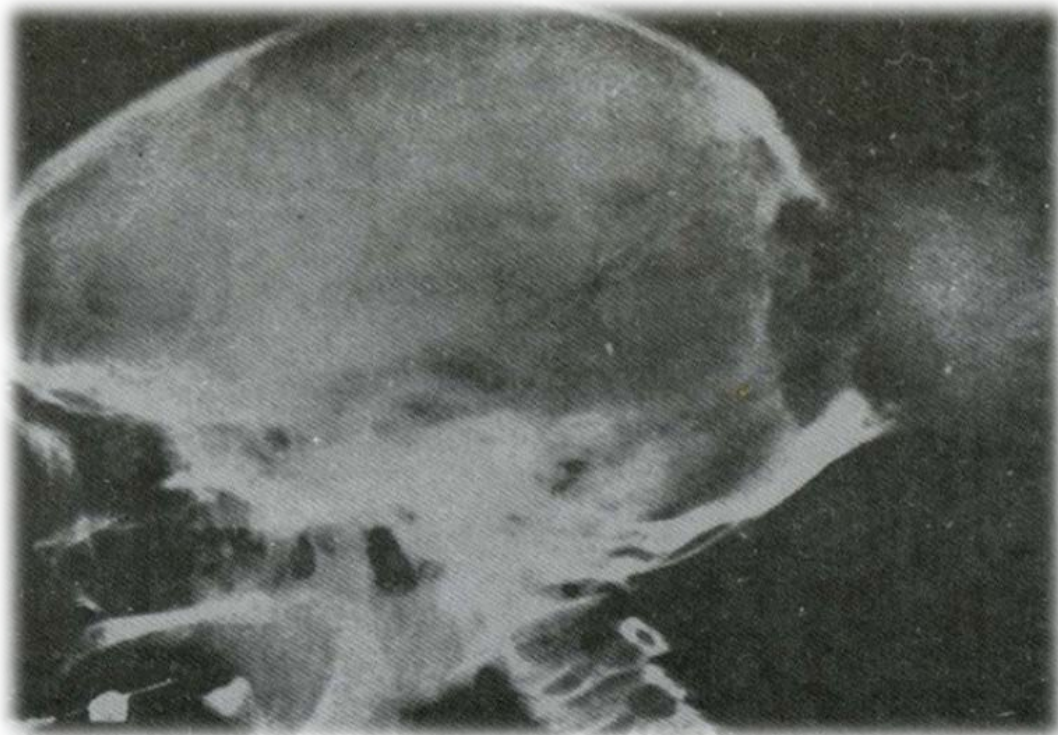


**ОстеoSA стегна**



**ОстеoSA малогомілкової кістки**

**Ангіосаркома**ми називають групу злоякісних судинних пухлин, які залежно від клітинного походження можуть бути гемангіоендотеліомами, гемангіоперицитомами чи лимфоангіосаркомами. Об'єднання цих пухлин в одну групу виправдовується рідкістю їх, а також важкістю встановлення точного гістогенезу. Гемангіоендотеліома виходить з ендотелію кровоносних судин кістки, а саме з судин кісткового мозку.



### **Гемангіоендотеліома потиличної кістки**

Вона проявляє різко виражені остеокластичні властивості, кісткової речовини ніколи не продуктує, має схильність до множинності в скелеті. Локалізується переважно в плоских і коротких кістках (тазу, черепа, хребта).

Клінічно проявляється болем і припухлістю, які локалізуються відповідно до ураженої ділянки. Розпізнаванню цієї пухлини можуть сприяти деякі її особливості. Гемангіоендотеліоми зазвичай пульсують, а при вислухованні вдається сприйняти різні ритмічні судинні артеріальні шуми. Крім того, кісткова поразка зазвичай поєднується зі змінами навколишніх м'яких

тканин, куди впроваджуються злоякісні розростання з кістки. Течія може бути доброякісною, з поступовим значним здуттям кістки або злоякісним, швидко прогресуючим, з руйнуванням її. Метастазує в лімфатичні вузли, внутрішні органи, переважно в легені і інші кістки.

Рентгенологічно і на КТ-зрізах при агресивній течії пухлини в губчастій і кірковій речовині виникає ділянка остеолітичної деструкції без чіткого відмежування з наявністю дрібних осередків заплінення. МРТ-зображення не має характерних рис. За наявності некрозів і крововиливів сигнали гетерогенні, з підвищенням їх інтенсивності як на T1 так і на T2 зважених зображеннях.

### **Метастази**



Метастази в кістки - поширене явище в онкології, що приносить чималі страждання пацієнтам. Болі в кістках, патологічні переломи, неврологічні порушення, здавлення кісткового мозку, гіперкальциємія - основні прояви метастатичного ураження кісток.

## **Травматичні пошкодження кісток і суглобів**

Вивих — травматичне пошкодження суглобу, внаслідок якого поверхні кісток зміщуються та повністю втрачають дотикання, а суглобова сумка розривається. Якщо суглобові поверхні на певній ділянці дотикаються, то говорять про підвивих.

За етіологією: вроджені вивихи, які виникають внаслідок порушення розвитку суглоба; травматичний вивих (виникає внаслідок травми при ушкодженні елементів суглоба: капсули, зв'язок, суглобових поверхонь); патологічні — внаслідок руйнування елементів чи складових суглоба запальним процесом: туберкульозом, остеомієлітом, артритом, пухлинами; звичні вивихи, які часто повторюються при звичайних рухах без травми.

За часом: свіжі — до 3-х діб після травми; несвіжі — від 3-х діб до 3-х тижнів; застарілі — більше 3-х тижнів.

Особливі види вивихів:

- Звичний вивих — це багаторазові вивихи без надмірних фізичних зусиль.
- Невправний вивих — це, як правило, свіжий вивих, який через різні причини не вдається усунути. Причиною може бути інтерпозиція капсули, зв'язок, сухожилків.

Сильний біль у ділянці вивихнутого суглоба, який посилюється при спробі ворухнути, відсутність руху у ньому. При огляді визначається деформація у ділянці суглоба, помітна при порівнянні його зі здоровим суглобом. При пальпації виявляється, що голівка суглобу знаходиться не на місці, а зміщена у сторону. Спроби провести пасивні рухи викликають сильний біль. Діагноз ставлять за допомогою рентгенологічного дослідження

Переломи - пошкодження кістки, що супроводжується порушенням її цілісності. Розрізняють вроджені і набуті переломи.

### **Класифікація переломів**

- Вроджені рідкісні, виникають внутрішньоутробно, у зв'язку з



неповноцінністю кісткового скелета плода, і в результаті застосування сили при добуванні плоду під час пологів або в результаті травми вагітною.

- Придбані переломи діляться на патологічні, травматичні, вогнепальні.
- Повні, неповні
- За механізмом ушкодження: компресійні, торсійні, флексійні, відривні.
- По відношенню до довгої вісі кістки: повздовжні, поперечні, косі, гвинтоподібні, Т і Y-подібні
- За локалізацією: діафізарні, епіфізарні, метафізарні, внутрішньо суглобові
- За площиною: уламкові, множинні

Патологічні переломи відбуваються в патологічно зміненої кістки (остеомієліт, туберкульоз, сифіліс, ехінококоз кісток, злоякісні пухлини).

Вони відбуваються при незначній травмі, а іноді і без травми.

Травматичні переломи виникають під впливом механічних факторів.

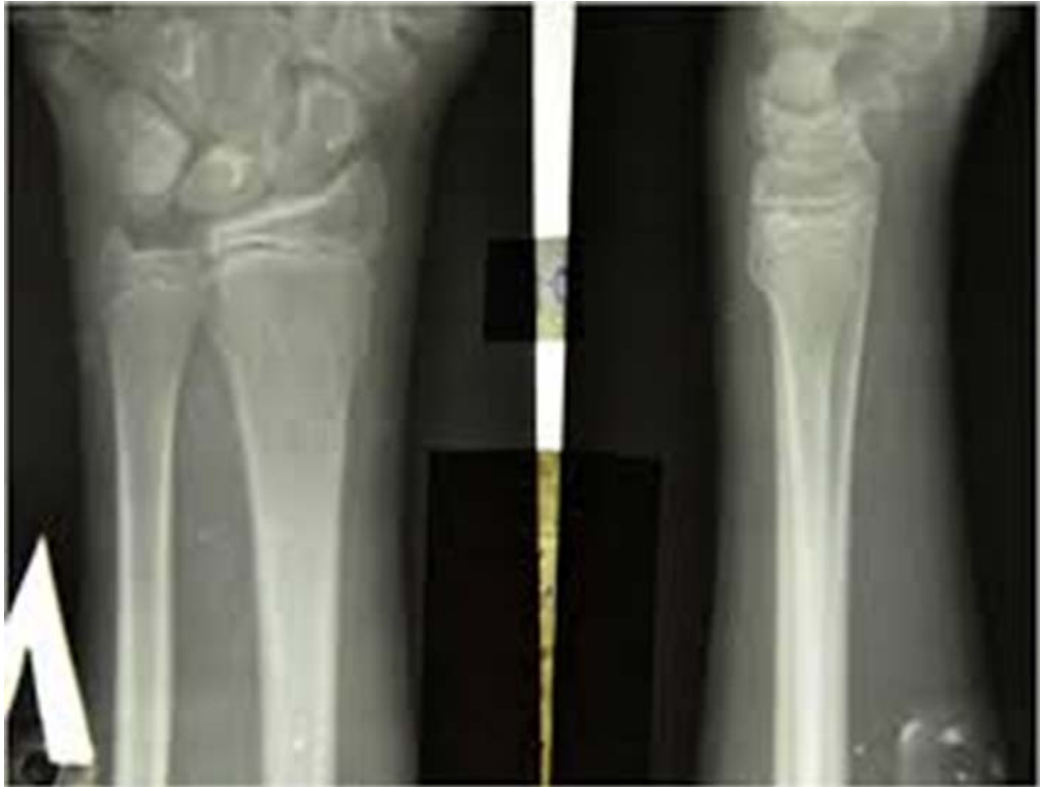
Найчисленнішу групу придбаних переломів складають травматичні, які виникають від одномоментного впливу надмірної механічної сили при транспортної, виробничої, бойової та інших видах травм. Травматичні переломи супроводжуються більшим чи меншим пошкодженням м'яких тканин, які оточують кістку. Якщо під дією травмуючого предмета або гострого уламка кістки порушується цілість шкіри, то утворюється відкритий перелом. Якщо цілість шкіри не порушена, то перелом називають закритим.

*Рентгенологічні ознаки перелому:* лінія перелому, зміщення відламків, деформація компактного шару кістки, деформація зони росту, деформація кістки.

*Вікові особливості переломів.*

### **Дитячі переломи**

- Підокісний перелом за типом «зеленої гілки»
- Вклинені переломи – лінія перелому простежується у вигляді ділянки підвищеної щільності
- Епіфізеоліз-лінія перелому проходить через зону росту і характеризується зміщенням ядра скостеніння та деформацією зони росту



**Перелом променевої кістки по типу зеленої гілки**

### **Переломи похилого віку**

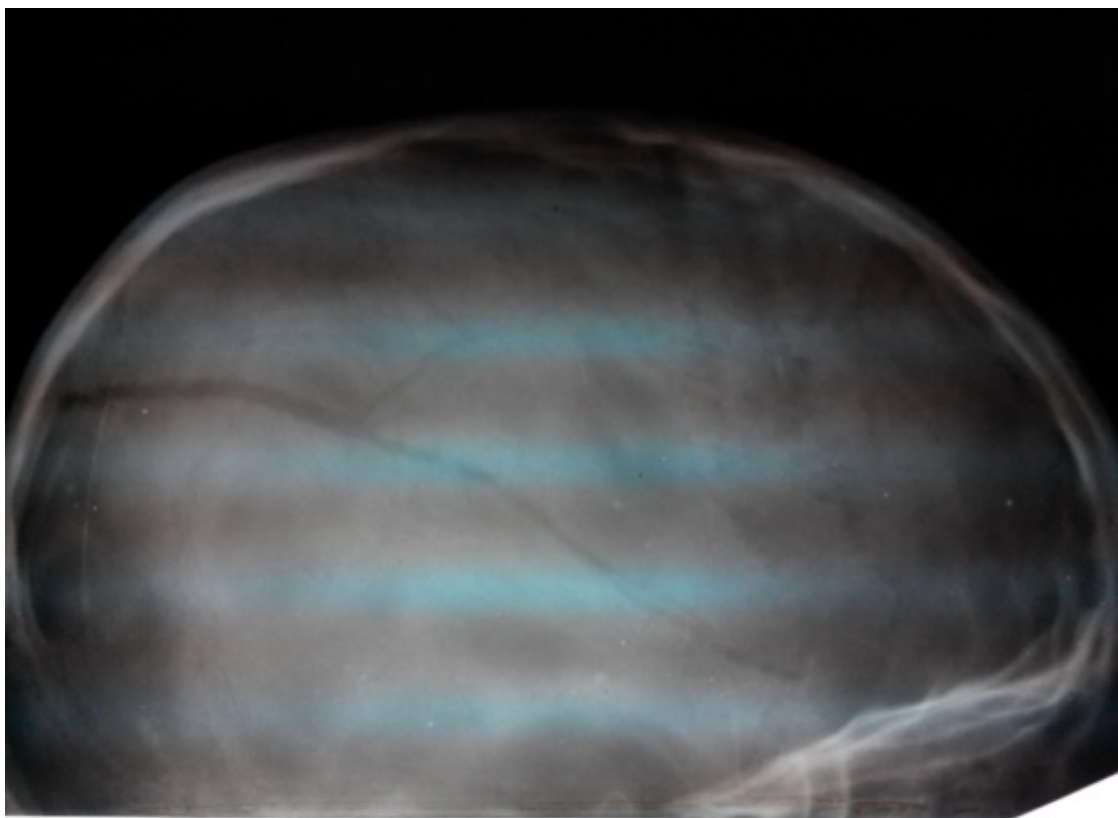
В результаті розвитку системного остеопорозу переломи виникають внаслідок незначних травматичних чинників. При цьому виникають багатоуламкові, множинні переломи

### ***Ускладнення загоювання переломів***

До них відносять: неправильно зрощений перелом, надмірна кісткова мозоль, несправжній суглоб, дефект кістки, травматичний остеоліз, асептичний некроз, травматичний остеомієліт. Посттравматичний оссифікуючий міозит.

До рентгенологічних ознак несправжнього суглобу відносять:

- Облітерацію кістковомозкового каналу
- Формування суглобових поверхонь
- Патологічну рухливість периферичного фрагменту кістки



**Лінійний перелом (рентгенограма черепа в бічній проекції)**





**Косий перелом зі зміщенням уламків (рентгенограма стегнової кістки в прямій проекції)**



**Вогнепальний перелом променевої кістки (рентгенограма лівого передпліччя в прямій та бічній проекціях-множинні металеві сторонні тіла)**

## ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Остеомієліт, як правило, супроводжується періостальною реакцією
  - А. в плоских і губчастих кістках
  - Б. в епіфізі довгої кістки
  - В. в метафізі довгої кістки
  - Г. в діафізі довгої кістки
  
2. Частиною вертлужної западини, покритої суглобовим хрящем, є
  - А. тільки дах вертлужної западини
  - Б. тільки дно вертлужної западини
  - В. дах і дно вертлужної западини
  
3. Хворий поступив у лікарню з діагнозом остеолітична саркома лівої великогомілкової кістки. Які променеві симптоми характерні для цієї хвороби:
  - А. ділянка деструкції кістки з непевним контурами
  - Б. лінійний періостит
  - В. сгущення кісткової структури.
  
4. У хворого в верхній частині великогомілкової кістки знайдено утворення. При чому немає болі, шкіра над ним здорова, при променевому дослідженні – кісткове утворення, неоднорідне, на ніжці з чіткими контурами. Ваша думка:
  - А. остеохондрома
  - Б. хондрома
  - В. остеомієліт
  - Г. Саркома
  
5. Пацієнт обстежується на 12 день при клінічному діагнозі остемієліт. Які променеві симптоми можуть бути виявлені:
  - А. остеопороз
  - Б. секвестр
  - В. периостит
  - Г. дрібновогнещева діструкція
  
6. Хлопчик 12 років направлений на другий день захворювання з діагнозом – остеомієліт. Який метод променевої діагностики дозволить виявити патологічні зміни в цей період:
  - А. рентгенографія
  - Б. лінійна томографія
  - В. термографія
  - Г. комп’ютерна томографія

7. Інколи прямий симптом перелому виглядає як смужка затемнення. При яких переломах ми бачимо такий симптом:
- А. частковий
  - Б. винтоподібний
  - В. вколочений
8. При переломах кісток виникають ряд симптомів, серед яких знаходять прямі симптоми перелому. При рентгенологічному дослідженні до прямих відносять :
- А. деформація кістки
  - Б. тінь гематоми
  - В. зміщення відломків лінії перелому
9. Для типової рентгенологічної картини перелома трубчастих кісток не характерно:
- А. смужка просвітлення між кістковими відламками з чіткими контурами
  - Б. зміщення відламків
  - В. деструкція кістки з наявністю мягкотканного компонента
10. Травматичний епіфізіоліз:
- А. остеоліз епіфізу внаслідок травми
  - Б. зміщення епіфізу по зоні зростання
  - В. відсутність епіфізу
11. Періостальний кістковий мозоль формується при:
- А. ендостальному кісткоутворенні
  - Б. періостальному кісткоутворенні
  - В. оссифікації м'яких тканин, що оточують кістку
12. При системному остеопорозі понад усе страждає :
- А. череп
  - Б. хребет
  - В. довгі кістки нижніх кінцівок
  - Г. короткі кістки стоп
13. При МРТ кортикальний шар кістки характеризується:
- А. сигналом низької інтенсивності в  $T_1VI$  і  $T_2VI$
  - Б. сигналом низької інтенсивності в  $T_2VI$  і високою в  $T_1VI$
  - В. гіперденсною структурою
  - Г. гіперехогенною лінією з акустичною тінню
14. Важкий вертебральний остеопороз з множинною компресією тіл хребців найчастіше розвивається:

- А. у жінок в постклімактеричному періоді
  - Б. у чоловіків старше 60 років
  - В. у жінок у віці 30-40 років
  - Г. у хворих на цукровий діабет
15. Підокісний перелом – це:
- А. лінія перелому зі зміщенням відламків кістки по осі
  - Б. лінія перелому з кутовим зміщенням відламків
  - В. деформація зовнішнього контура кістки за типом дужки або сходинки
16. При рентгенологічному дослідженні кістковий мозоль визначається:
- А. при осифікації остеїдної тканини
  - Б. у стадії формування остеїдної тканини
  - В. у стадії формування сполучної тканини
  - Г. при формуванні періостального мозоля
17. Для несправжнього суглоба не характерно:
- А. згладженість і закругленість кінців відламків кісток
  - Б. склероз країв відламків кісток
  - В. лінія перелому кістки, що тривало простежується
  - Г. лінія перелому, що невиразно простежується
18. Етапи формування кісткової мозолі:
- А. остеїдна, сполучнотканинна, стадія осифікації
  - Б. сполучнотканинна, остеїдна, стадія осифікації
  - В. сполучнотканинна, стадія осифікації, остеїдна
19. Найбільш переконливим симптомом при розпізнаванні переломів кісток являється:
- А. ущільнення кісткової структури
  - Б. деформація кістки
  - В. перерив кіркового шару
  - Г. лінія просвітлення
20. Для артрозу характерні:
- А. крайові ерозії суглобових поверхонь кісток
  - Б. крайові кісткові розростання і звуження суглобової щілини
  - В. регіонарний остеопороз
21. При КТ кортикальний шар кістки характеризується:
- А. шаром (структурою) гіперденсної щільності - 500 ед.Н
  - Б. шаром (структурою) гіподенсної щільності - 150 ед.Н
  - В. структурою з сигналом високої інтенсивності
  - Г. структурою з сигналом низької інтенсивності

22. Застосування остеосцинтиграфії при дослідженні скелета ґрунтовано на:
- А. стані кісткового кровотоку і кісткового метаболізму
  - Б. високої роздільної здатності у візуалізації структури кістки
  - В. оцінки стану кісткового мозку
  - Г. оцінки стану окістя
23. Показання для застосування МРТ при патології кістково-суглобової системи:
- А. індикація вогнища гнійного запалення
  - Б. оцінка темпів утворення кісткового мозоля
  - В. оцінка поширеності пухлини на кістковий мозок і оточуючі м'які тканини
24. Особливості перелому літнього віку:
- А. перелом променевої кістки в типовому місці
  - Б. лінійний перелом кісток зведення черепа
  - В. підокісний перелом
  - Г. травматичний епіфізіоліз
25. У розвитку артрозу грають роль усі перераховані нижче чинники за виключенням:
- А. травматизації суглоба
  - Б. порушення обміну кальцію
  - В. неправильно сформованих суглобових поверхонь
  - Г. перенесеного артрити
26. Форма міжхребетного диска  $L_V - S_I$  в нормі:
- А. стрічкоподібна
  - Б. клиновидна з розширенням наперед
  - В. клиновидна з розширенням назад
  - Г. клиновидна з розширенням латерально
27. Найчастіше вражаються при множинній осередковій формі мієломи:
- А. череп, кістки тазу, ребра
  - Б. кістки тазу, епіфіз трубчастих кісток
  - В. хребет, метафіз трубчастих кісток
  - Г. діафіз трубчастих кісток, ребра
28. Методи променевого дослідження, які вживаються для діагностики патологічних процесів кісток:
- А. рентгенографія
  - Б. комп'ютерна томографія
  - В. остеосцинтиграфія

- Г. ультразвукове дослідження
- Д. усі перераховані методи
- Е. правильні відповіді Б і В

### Відповіді на тестові завдання

1 Г	5 Г	9 В	13 Б	17 Г	21 А	25 Б
2 В	6 В	10 Б	14 А	18 Б	22 А	26 Б
3 А	7 В	11 Б	15 В	19 Г	23 В	27 А
4 А	8 В	12 Б	16 Г	20 Б	24 А	28 Д

### ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:

1. Перечисліть методи променевого дослідження скелета
2. Перечисліть основні елементи рентген анатомії трубчастої кістки
3. Перечисліть особливості рентгенограм кісток у дітей
4. Напишіть схему опису рентгенограм кісток
5. Перечисліть алгоритм променевого дослідження скелета
6. Визначте показання до застосування КТ
7. Визначте показання до застосування МРТ
8. Визначте показання до застосування остеосцинтиграфії
9. Перечисліть методи променевого дослідження м'яких тканин
10. Рентгенанатомія хребта
11. Особливості рентген анатомії хребта у дітей
12. Перерахуйте терміни появи ядер скостеніння епіфізів і синостозів метаепіфізарних зон кісток
13. Перечисліть синдроми кісткової патології
14. Основні променеві ознаки переломів

15. Перечисліть класифікацію переломів
16. Основні симптоми кісткової патології
17. Класифікація пухлин кісток.
18. Перечисліть рентгенологічні особливості переломів у дітей та осіб похилого віку
19. Променеві ознаки доброякісних пухлин кісток.
20. Променеві ознаки злоякісних пухлин кісток.
21. Симптоми патології суглобів
22. Променеві ознаки дегенеративного ураження скелету
23. Загальні променеві ознаки захворювань опорно-рухового апарату.
24. Етіологія та променеві ознаки асептичного некрозу
25. Променеві ознаки туберкульозу кісток.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.

### Основна:

1. «Радіологія. Променева терапія. Променева діагностика»(підручник для студентів вищих медичних навчальних закладів) О.В. Ковальський, Д.В. Мечев, В.П. Данилевич.-Вінниця: Нова книга,2013-512с.
2. «Променева діагностика»(в 2т) Коваль Г.Ю., Сиваченко Т.П., Мечов Д.С. та ін. За ред. Г.Ю.Коваль-К:Орбіс,2002-640с.
3. Детская рентгенология (Учебное пособие) П.р.: проф. Переслегина И.А. М.: Медицина.-1976
4. Дифференциальная рентгенодиагностика заболеваний костей и суставов (учебное пособие) М. К. Михайлов, Г. И. Володина, Е. К. Ларюкова
5. «Клиническая рентгеноанатомия», под. редакцией проф..Г.Ю. Коваль, Киев. «Здоров'я» 1974г
6. Л. Д. Линденбратен, И. П. Королюк «медицинская радиология» (основы лучевой диагностики и лучевой терапии) Издание второе, переработанное и дополненное, Москва "Медицина" 2000
7. Нормальная рентгеноанатомия костно-суставной системы детей  
В. И. Садофьева
8. Радіологія. Т.1. Променева діагностика/За редакцією М.С.Каменецького. – Донецьк, 2010.
9. Higgins C.B., Hricak H., Helms C.J. Magnetic resonance imaging of the body. 2<sup>nd</sup> ed.— New York: Raven Press, 1992.— P. 242.
10. Peterson H. The Encyclopedia of Medical Imaging.—Nycomedamer Sham, 2002, T. 2.— 433 p.
11. Stark D.D., Bradley W.G. Magnetic resonance imaging. 2<sup>nd</sup> ed.— St. Louis: Mosby-Year Book, 1992.- P. 1210-1213.
12. Wegener O.H. Ganzkorper-computer-tomographie Schering.—1981.



**Додаткова:**

1. Арсвольд Д., Верник М. Эмиссионная томография: основы ПЭТ и ОФЭКТ. М.: изд. Техносфера, 2009. - 600 с.
2. Меллер Т., Райв Э. Норма при КТ- и МРТ-исследованиях. М.: изд. МЕДпресс-информ, 2008. - 256 с.
3. Морозов С.П., Насникова И.Ю., Сеницын В.Е. Мультиспиральная компьютерная томография. М.: изд. ГЭОТАР-Медиа, 2009. - 112 с.
4. Рентгенодиагностика в педиатрии: Руководство для врачей в 2-х томах / Под ред. Юаклановой В.Ф., Филиппкина М.А. - М.: Медицина, 1998. - Т.1. - 448 с; Т.2. - 368 с.
5. Терновой С.К., Паша С.П. Радионуклидная диагностика. / Карманный атлас по лучевой диагностике. М.: изд. ГЭОТАР-Медиа, 2008. - 208 с.
6. Туманська Н.В., Сучасна променева діагностика: навчальний посібник для студентів. - Запоріжжя: видавництво ЗДМУ, 2012. - 188 с.
7. Злокачественные опухоли мягких тканей конечностей и туловища / Трапезников Н.Н., Кныш И.Т., Клименков А.А., Кострыба И.М. - К.: Здоров'я, 1981.
8. Рейнберг С.А. Рентгенодиагностика заболеваний костей и суставов: Руководство для врачей в 2-х томах. - М.: Медицина, 1964.
9. Майкова-Строганова В.С., Рохлин Д.Г. Кости и суставы в рентгенологическом изображении: Руководство в 3-х томах. - М.: Медгиз. - 1952. - 1957.
10. Сулова О.Я. Рентгенодиагностика повреждений и заболеваний опорно-двигательного аппарата. - К.: Здоров'я, 1989.
11. Лагунова И.Г. Рентгенанатомия скелета. - М.: Медицина, 1981.
12. Общее руководство по радиологии в 2-х томах / Под ред. Н. Petersson та Л.С. Розенштрауха. - Серия по медицинской визуализации. - Институт NICER, Швеция, 1996. - Т.1. - С.371-533

13. Рентгенология // Под ред. В.И.Милько.- К.: Вища школа, 1983.- С.22-58. Милько В.И., Лазарь А.Ф., Назимок Медицинская радиология.- К.: Вища школа.- 1980.

14. Руководство по ядерной медицине / Под ред. Т.П.Сиваченко.- К.: Здоров'я.- 1991.- С.480-494.