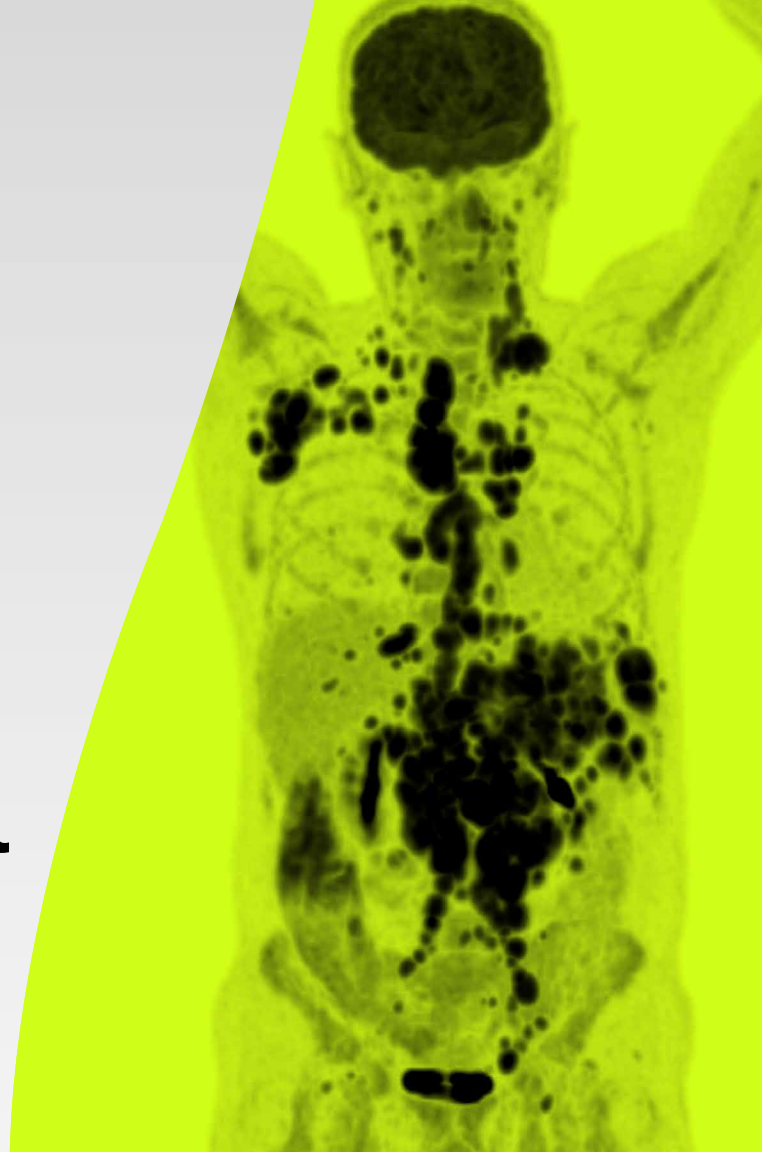


MODERN
RADIOLOGY
eBook

Ядерна Медицина

ESR EUROPEAN SOCIETY
OF RADIOLOGY



/ Передмова

Сучасна радіологія – це безкоштовний освітній онлайн-ресурс із радіології від Європейського товариства радіології (*European Society of Radiology, ESR*). Назва цієї другої, оновленої версії відображає нову дидактичну концепцію електронної книги ESR – лаконічне поєднання тексту, зображень і схем, доповнених клінічними випадками, тестуванням, висновками, списком літератури та посиланнями для швидкого переходу між різними розділами – органоспецифічними та технічними.

Розділи Сучасної радіології створені за участю понад 100 визнаних європейських експертів і охоплюють як загальнотехнічні, так і клінічні аспекти візуалізації. Новий графічний стиль з Асклепієм у модних окулярах символізує поєднання класичного навчання медицини із сучасністю.

Хоча початкова версія **електронної книги ESR** була створена для здобувачів додипломної освіти – з метою надання базових знань студентам-медикам та їхнім викладачам, – з часом її зміст розширився й включає поглиблені матеріали. Як результат, **Сучасна Радіологія** також охоплює теми післядипломної освіти згідно з **Європейською**

навчальною програмою з радіології (*European Training Curriculum for Radiology*), покриваючи потреби інтернів. Окрім цього, книга враховує відгуки медичних фахівців з усього світу, які прагнуть оновити свої знання у конкретних галузях медичної візуалізації й уже оцінили глибину та чіткість викладу у цьому електронному посібнику як на базовому, так і на поглибленому рівнях.

Висловлюю щиру подяку всім авторам, які присвятили свій час і знання цьому некомерційному волонтерському проєкту, а також Карло Каталано, Андреа Лагі та Андрашу Палько – ініціаторам створення електронної книги ESR, – та Офісу ESR за технічну й адміністративну підтримку.

Сучасна Радіологія втілює дух співпраці та неохитну відданість цій захопливій медичній дисципліні, яка є незамінною у сучасній медичній допомозі пацієнту.

Сподіваюся, цей **освітній** ресурс стимулюватиме цікавість і критичне мислення, сприяючи глибокому усвідомленню мистецтва та науки радіології в Європі та за її межами.

Мінерва Беккер, редактор

Професор радіології, Женевський університет,
Швейцарія

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Авторські права і умови використання

Ця робота ліцензована [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Ви маєте право:

ділитися, копіювати і перерозподіляти матеріал у будь-якому середовищі та форматі

За наступних умов:

/ **ДОСТОВІРНІСТЬ** – Ви повинні надати відповідне посилання на автора, вказати посилання на ліцензію та повідомити, якщо були внесені зміни. Ви можете зробити це будь-яким правомірним способом, але не створити враження, що ліцензіар підтримує вас або ваш спосіб використання.

/ **НЕКОМЕРЦІЙНІСТЬ** – Ви не можете використовувати цей матеріал з комерційною метою.

/ **БЕЗ ПОХІДНИХ РОБІТ** – Якщо Ви змінюєте матеріал чи берете його за основу, Ви не маєте права розповсюджувати модифікований матеріал.

Як цитувати:

European Society of Radiology,
Pairavi Gnananathan, Mitesh Naik,
Tara D Barwick (2024/5), translated by: Mykola
Novikov, edited by: Uliana Pidvalna (2025).

/ Ядерна медицина.
DOI 10.26044/esr-modern-radiology-06

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Позначення

 **КЛЮЧОВІ ДАНІ**

 **УВАГА**

 **ПОСИЛАННЯ**

 **ДОДАТКОВІ ДАНІ**

 **ПОРІВНЯННЯ**

 **ЛІТЕРАТУРА**

 **ЗАПИТАННЯ**

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Ядерна Медицина

АВТОРИ

Пайраві Гнананантан / Pairavi Gnananantha | Мітеш Наїк / Mitesh Naik
Тара Д. Баруїк / Tara D. Barwick

ІНСТИТУЦІЯ

Department of Radiology, Imperial College Healthcare NHS Trust, London
Департамент Радіології, Імперський Коледж,
Траст Національної Служби Здоров'я, Лондон

<↑> ПОСИЛАННЯ

pairavi.gnananathan1@nhs.net
m.naik@nhs.net

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Переклад виконали

Цей розділ є перекладом електронної книги Сучасна радіологія.

НАЗВА ОРИГІНАЛУ:

Nuclear Medicine

АВТОР ПЕРЕКЛАДУ:

к.м.н. Микола Новіков, | Mykola Novikov, MD, PhD

LISOD, Київ | LISOD, Kyiv

КООРДИНАТОР ТА РЕДАКТОР:

проф. Уляна Підвальна | Prof. Uliana Pidvalna

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького | Danylo Halytsky Lviv National Medical University

Україно-Польський центр серця Львів | Ukrainian-Polish Heart Center Lviv

ЗА ПІДТРИМКИ:

Асоціації радіологів України

СЛОВО ВІД КООРДИНАТОРА:

Цей проєкт – вияв поваги до рідної мови та прагнення
послугуватися нею у професійному зростанні.



/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

<↑> ПОСИЛАННЯ

nicknovi@gmail.com

pidvalna_uliana@meduniv.lviv.ua

/ План Розділу

/ Вступ

- / Термінологія
- / Радіофармацевтичні препарати

/ Принципи візуалізації в ядерній медицині

- / Гамма камера
- / Площинна візуалізація
- / Однофотонна емісійна комп'ютерна томографія (SPECT)
- / Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ)
- / Застосування ядерної медицини

/ Площинні та SPECT дослідження

- / Сканування кісток
- / Сканування щитоподібної залози
- / Вентиляційно/перфузійне сканування
- / Сканування нирок:
димеркаптосукцинова кислота (DMSA)
- / Сканування нирок: ренограма
- / Візуалізація перфузії міокарда
- / Метайодбензилгуадинін (MIBG)
- / Сцинтиграфія дофамінових носіїв (DAT скан)

/ ПЕТ візуалізація

- / Фтордезоксиглюкоза (ФДГ)
- / Простат-специфічний мембранний антиген (ПСМА)
- / Пептиди, що зв'язуються з соматостатиновими рецепторами (DOTATATE)

/ Основні тези

/ Література

/ Тестування

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Вступ

/ Вступ

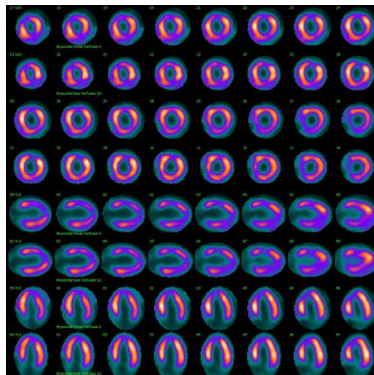
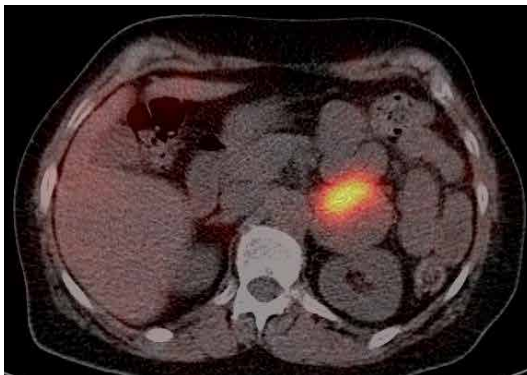
Що таке ядерна медицина

Ядерна медицина це застосування невеликих кількостей відкритих радіоактивних джерел для діагностики, спостереження за хворобами та проведення прицільної терапії.

Більшість модальностей радіологічної візуалізації, як комп'ютерна томографія (СТ) чи магнітно-резонансна

томографія (MRI) демонструють анатомію тіла.

Ядерна медицина одна з небагатьох модальностей, що демонструє фізіологію, так звана "функціональна" візуалізація. Наприклад, сканування кісток всього тіла відображає мінеральний кістковий обмін. Це дозволяє застосовувати ядерну медицину для дослідження багатьох систем організму та патологічних процесів.



/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Термінологія

- / Радіофармацевтичний препарат складається з **радіонукліду** та **фармацевтичного ліганду**.
- / **Радіонуклід** це нестабільна форма хімічного елементу, яка випромінює радіацію з свого ядра в ході розпаду до стабільної форми. Випромінена від пацієнта радіація використовується для формування зображень у ядерній медицині. Елементи, які використовуються для діагностичних досліджень зазвичай випромінюють бета частинки (позитрони чи електрони) чи гамма промені.
- / **Фармацевтичні ліганди** мають властивості, які допомагають маркувати специфічні органи/тканини чи молекулярні шляхи.
- / Технецій-99m є найбільш застосованим радіонуклідом в ядерній медицині і може бути поєднаний з багатьма різними фармацевтичними лігандами, що дозволяє маркувати різні органи та фізіологічні процеси.

Технецій-99m
+
Гідроксидифосфонат
(HDP)



РИС. 1

[^{99m}Tc]Tc- HDP
сканування кісток
всього тіла

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

/ Термінологія

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Радіофармацевтичні препарати

/ Ядерна Медицина

РАДІОНУКЛІД	НАПІВРОЗПАД	ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ ЛІГАНД	КЛІНІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ
Технецій-99m ([99mTc]Tc)	6 годин	Пертехнетат	Візуалізація щитоподібної залози, дивертикулу Меккеля
		Метил дифосфонат (MDP) чи гідроксидифосфонат (HDP)	Сканування кісток для стадіювання раку, пошуку артропатій
		Диетилен-триамін-пентаацетат (DTPA)	Візуалізація нирок, легеневої вентиляції (аерозольна форма)
		Сестамібі	Візуалізація серця, прищитоподібних залоз
		Макроагрегований альбумін (MAA)	Візуалізація легеневої перфузії
		Технегаз	Візуалізація легеневої вентиляції
		Меркаптоацетилтригліцин (MAG 3)	Ниркова візуалізація
		2,3 димеркаптосукцинова кислота (DMSA)	Ниркова візуалізація

ТАБЛИЦЯ 1
Часто застосовані радіофармпрепарати

ПЛАН РОЗДІЛУ:

- Вступ
 - / Радіофармацевтичні препарати
- Принципи візуалізації в ядерній медицині
- Площинні та SPECT дослідження
- ПЕТ візуалізація
- Основні тези
- Література
- Тестування

РАДІОНУКЛІД	НАПІВРОЗПАД	ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ ЛІГАНД	КЛІНІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ
Йод-123 ([¹²³ I])	13.2 годин	-	Візуалізація щитоподібної залози
		Іофлупан	Візуалізація головного мозку при паркінсонізмі
		Метайодбензилгуанідин (MIBG)	Візуалізація нейроектодермальних пухлин
Йод-131 ([¹³¹ I])	8 годин	-	Візуалізація та лікування щитоподібної залози
Індій-111 ([¹¹¹ In])	2.8 днів	Октреотид, Пентетреотид	Нейроендокринні пухлини
Криптон-81m ([⁸¹ Kr])	13 секунд	-	Візуалізація вентиляції легень

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

/ Радіофармацевтичні препарати

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

ТАБЛИЦЯ 2

Часто застосовані радіофармпрепарати

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

**Принципи
візуалізації в ядерній
медицині**

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

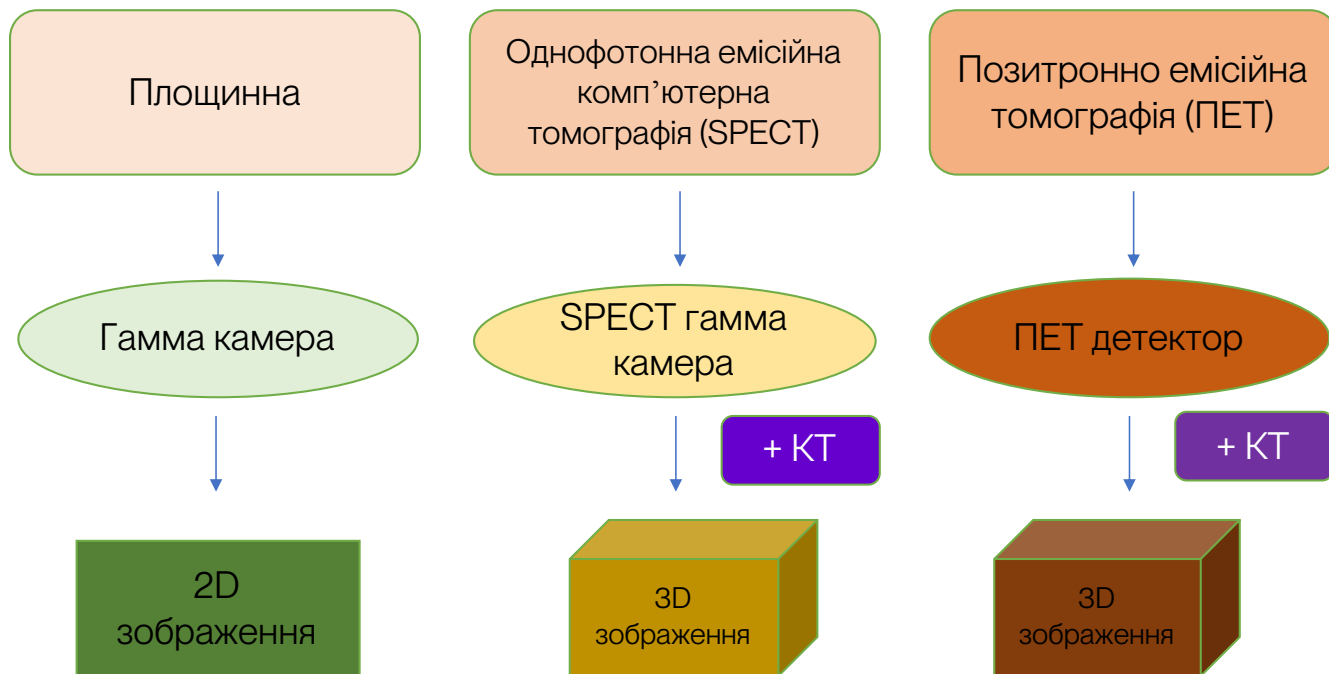
Основні тези

Література

Тестування

/ Принципи візуалізації в ядерній медицині

Принципи візуалізації в ядерній медицині



ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

**Принципи
візуалізації в ядерній
медицині**

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

РИС. 2

Модальності візуалізації в ядерній медицині

/ Гамма камера

1. Розпад радіонуклідів вивільняє гамма випромінювання
2. Коліматори зроблені зі свинцю із отворами. Вони пропускають лише ті гамма фотони, що прямують паралельно до цих отворів
3. Сцинтиляційний кристал здатний на флюоресценцію; взаємодія гамма фотонів з кристалами вивільняє фотони світла. Обсяг світіння пропорційний накопиченій енергії суми гамма фотонів
4. Трубки-фотопомножувачі реєструють світло з кристалів та перетворюють його на електричні сигнали
5. Комп'ютер обробляє електричні сигнали для розрахунку енергії отриманих фотонів та координат їхнього походження з пацієнта для формування фінального зображення

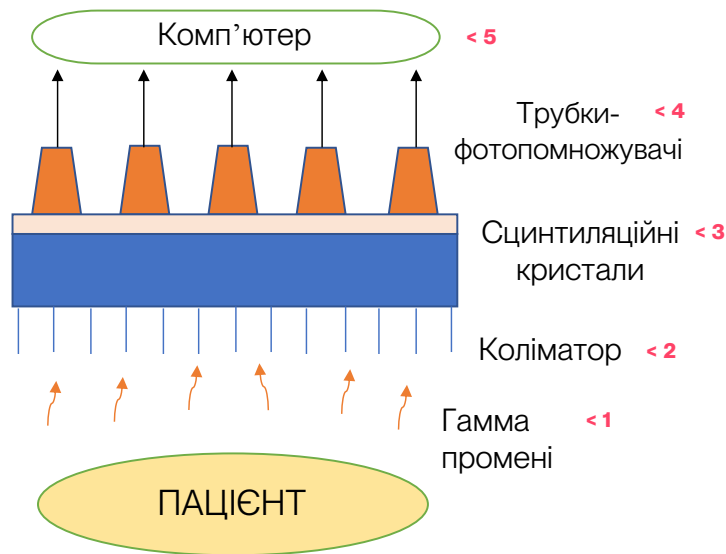


РИС. 3

Схема гамма камери

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

/ Гамма камера

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Площинна візуалізація

- / Отримання 2D зображень
- / Зазвичай передня та задня проекції
- / Косі проекції — в залежності від клінічної потреби
- / Часті клінічні застосування включають візуалізацію кісток, нирок, щитоподібної залози, гепатобіліарної системи та шлунково-кишкового тракту

Статична візуалізація

- / Радіофармпрепарати вводять внутрішньовенно чи перорально, зображення отримують через певний проміжок часу, який називається “час накопичення”
- / Час накопичення та час сканування залежить від часу напіврозпаду радіонукліду та типу сканування. Наприклад, 2-3 год. для сканування нирок з DMSA маркованою Технецієм-99m,

порівняно з 4-6 год. для сканування щитоподібної залози з Йодом-123

- / Статичні зображення використовують для отримання інформації про необхідний орган, на основі розмірів, морфології, інтенсивності та розташування накопичення радіофармпрепарату

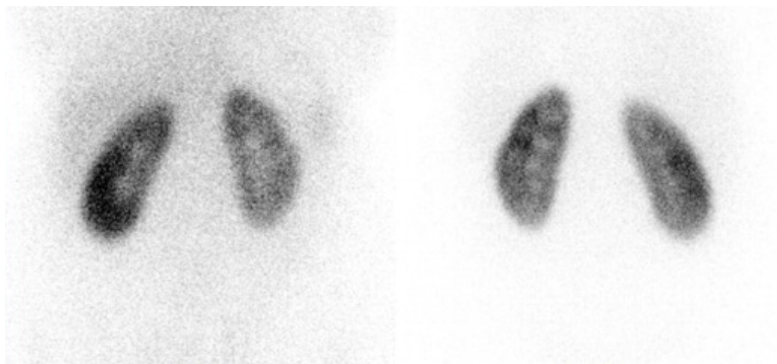


РИС. 4

Передня та задня проекції сканування нирок з ^{99m}Tc -DMSA

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

- / Площинна візуалізація

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Динамічна візуалізація

- / Розподіл радіофармпрепаратів змінюється з часом завдяки їхнім властивостям
- / Зображення зазвичай отримують одразу після введення препарату у вигляді серії кадрів розподілених у часі
- / Проміжок часу між кадрами відрізняється у різних дослідженнях
- / Оцінка функціонування органу чи системи надається на основі зміни розподілу радіофармпрепаратів впродовж певного проміжку часу

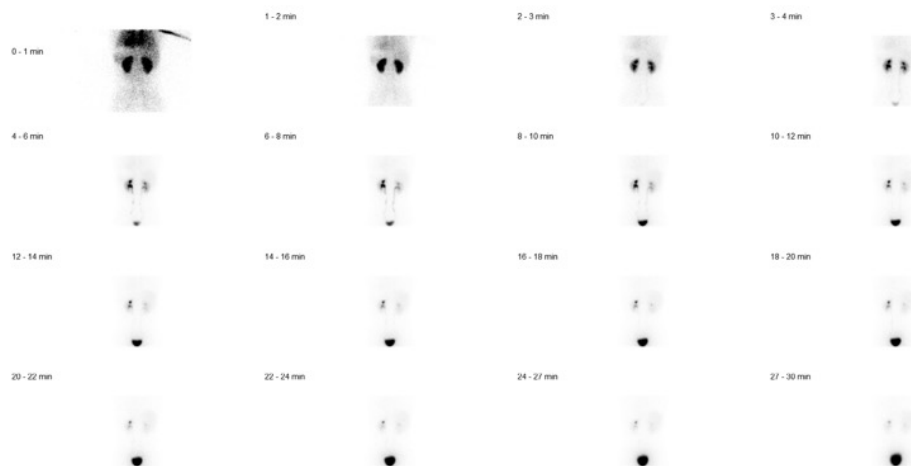


РИС. 5

Ренограма з $[^{99m}\text{Tc}]\text{Tc-MAG3}$

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

/ Площинна візуалізація

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ SPECT та SPECT/КТ візуалізація

Однофотонна емісійна комп'ютерна томографія (SPECT | Single photon emission computed tomography, ОФЕКТ) є розширенням традиційної гамма камери.

Зазвичай дві головки гамма камери обертаються навколо пацієнта в гантрі, отримуючи серію площинних зображень, які потім реконструюються в трьохвимірне зображення.

Зображення з **комп'ютерної томографії** (КТ) можна отримувати разом із SPECT. Вони дозволяють проводити корекцію ослаблення та локалізувати місця поглинання радіофармпрепаратів в організмі.

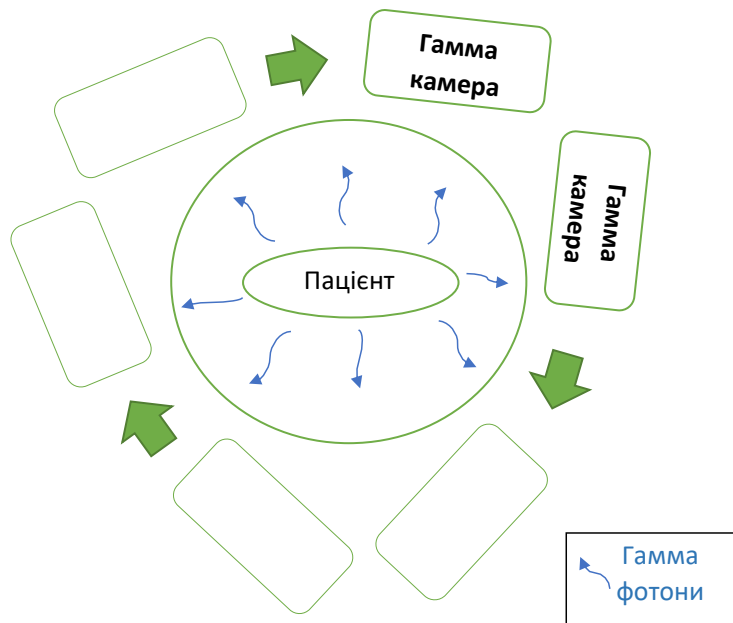


РИС. 6

Схема SPECT сканера

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

/ SPECT та SPECT/КТ візуалізація

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Застосування SPECT

Найпоширеніші застосування включають візуалізацію серця, кісток, прищитоподібної залози, легень і головного мозку.

V/Q SPECT демонструє нормальний розподіл радіофармпрепарату

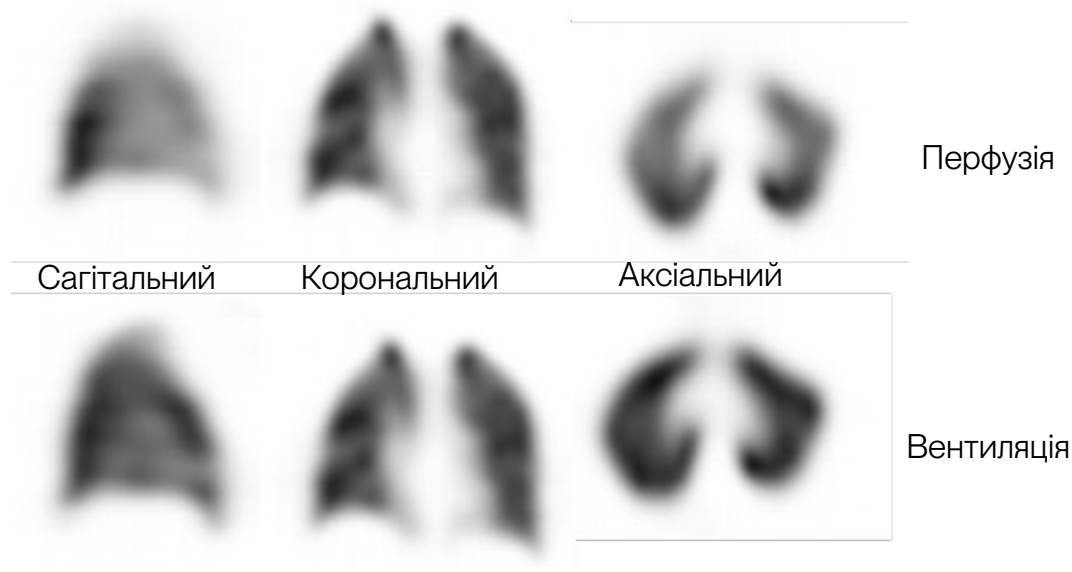


Рис. 7

Вентиляційно/Перфузійна (V/Q) SPECT | Ventilation/Perfusion (V/Q) SPECT

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

/ Застосування SPECT

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Порівняння SPECT та площинної візуалізації

ПЛОЩИННА | PLANAR

SPECT |

Менша контрастність і просторова роздільна здатність у порівнянні з SPECT

Більша контрастність і просторова роздільна здатність, порівняно з площинною

Використовується гамма-випромінюючий радіонуклід

Використовується гамма-випромінюючий радіонуклід

Як правило, короткий час отримання зображення залежно від типу дослідження

Більший час отримання зображення

Гірша локалізація накопичення, порівняно з SPECT (2D)

Визначення глибини розташування накопичення, завдяки томографічній модальності (3D)

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

/ Порівняння SPECT та площинної візуалізації

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

ТАБЛИЦЯ 3

Порівняння SPECT та площинної візуалізації

/ Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ)

Для ПЕТ-візуалізації (Positron Emission Tomography, PET) використовуються радіонукліди, багаті на протони (ядро містить відносно більшу кількість протонів, порівняно з нейтронами), які розпадаються з випромінюванням позитронів.

Позитрон-випромінюючий радіонуклід зазнає β^+ розпаду, при якому протон перетворюється на нейтрон, позитрон і нейтрино. Позитрон (e^+) - це античастинка електрона (e^-) з такою ж масою та електричним зарядом, як у електрона, проте заряд позитивний, а не від'ємний.

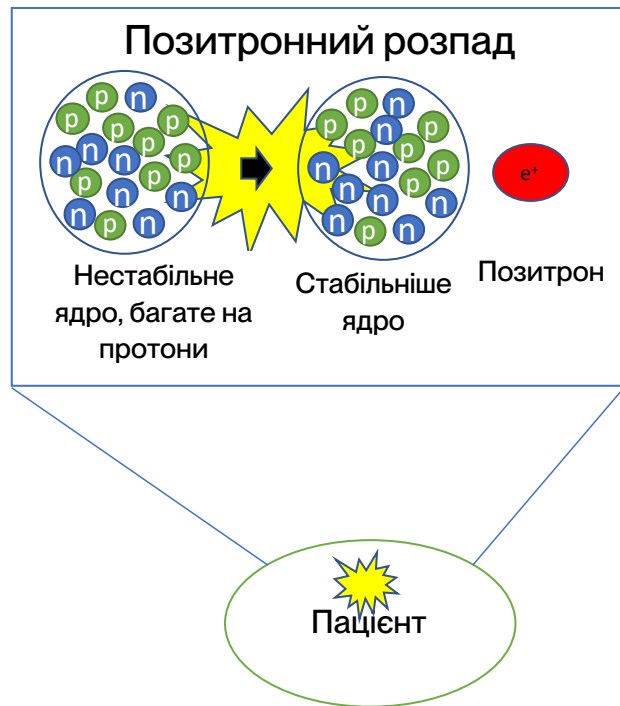


РИС. 8

Схема позитронного розпаду

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

/ ПЕТ

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

**Принципи
візуалізації в ядерній
медицині**

/ ПЕТ

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Позитрони проходять невелику відстань у тканинах пацієнта та анігілюють (взаємознищення з виділенням енергії) з електронами (див. Рис. 9)

Процес анігіляції створює два фотони з енергією 511 кілоелектронвольт (keV), які рухаються в протилежних напрямках (під кутом 180° один до одного) і реєструються детекторами випромінювання, розташованими один навпроти одного.

Майже одночасне виявлення двох фотонів дозволяє локалізувати їхнє походження вздовж однієї лінії, що з'єднує детектори, це називається виявленням анігіляційного збігу.

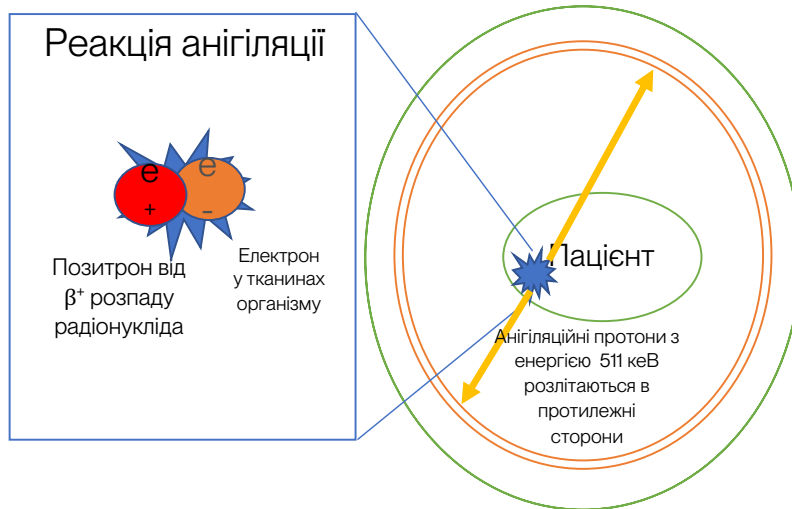
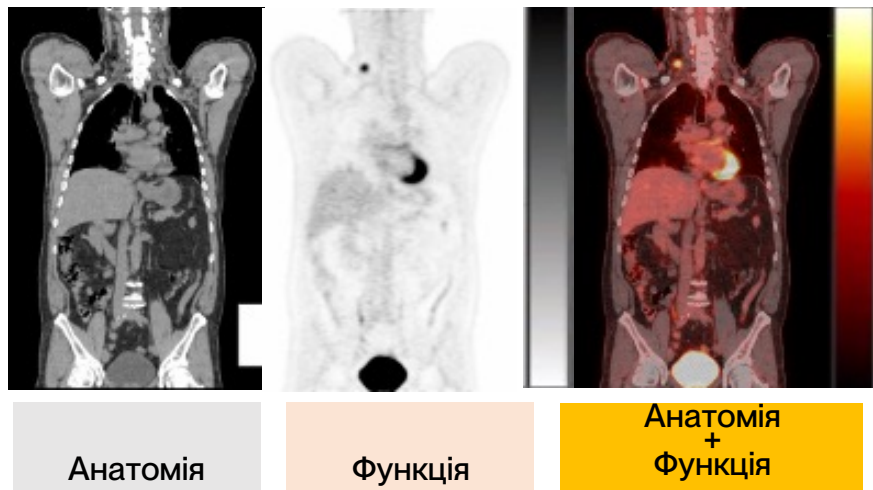


РИС. 9

Схема реакції анігіляції

/ ПЕТ поєднується з КТ для корекції затухання та анатомічної локалізації.



/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

/ ПЕТ

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

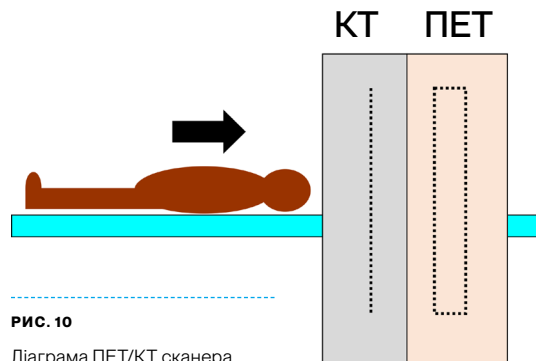


РИС. 10

Діаграма ПЕТ/КТ сканера

РИС. 11

[¹⁸F]FDG ПЕТ/КТ, Корональна КТ, ПЕТ та поєднане зображення

Позитронні радіофармпрепарати - Основні клінічні застосування

Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

/ ПЕТ

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

РАДІОНУКЛІД	НАПІ-РОЗПАД (ХВ)	МЕТОД ВИРОБНИЦТВА	РАДІОФАРМПРЕПАРАТ	ФІЗІОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС	КЛІНІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ
Фтор-18 (¹⁸ F) F)	110	Циклотрон	Фтордезоксиглюкоза (ФДГ) Fludeoxyglucose (FDG)	Метаболізм глюкози	Онкологія, інфекції
			Фторхолін	Метаболізм клітинних мембран	Рак передміхурової залози, Візуалізація прищитоподібних залоз
			Простат-специфічний мембранний антиген (ПСМА-1007) Prostate-specific membrane antigen (PSMA-1007) DcF-PyL	Експресія ПСМА	Рак передміхурової залози
Галій-68 (⁶⁸ Ga)Ga)	68	Генератор	Дотатейт (Dotatate)	Експресія соматостатинових рецепторів	Нейроендокринні пухлини
			ПСМА-11 (PSMA-11)	Експресія ПСМА	Рак передміхурової залози

ТАБЛИЦЯ 4
Часто застосовані позитронні радіофармпрепарати

Порівняння SPECT та ПЕТ візуалізації

SPECT	ПЕТ ПЕТ
Нижча вартість у порівнянні з ПЕТ	Дорожче в порівнянні з SPECT
Використовує гамма-випромінюючий радіонуклід	Використовує позитронно-випромінюючий радіонуклід
1-3 великі детектори	Кільце з багатьох датчиків
Гірша просторова роздільна здатність, 10-15 мм	Вища просторова роздільна здатність, 5-8 мм
Можна поєднувати з КТ для корекції затухання та анатомічної локалізації	Можна поєднувати з КТ для корекції затухання та анатомічної локалізації

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

**Принципи
візуалізації в ядерній
медицині**

/ Порівняння SPECT
та ПЕТ візуалізації

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

ТАБЛИЦЯ 5

Порівняння SPECT та ПЕТ візуалізації

/ Застосування площинної, SPECT та ПЕТ візуалізації

Кістки

- / Метастатичні ураження
- / Метаболічні розлади
- / Ревматологія
- / Інфекція
- / Травма

Серце

- / Функція шлуночків
- / Перфузія
- / Інфаркт

Кров

- / Запалення
- / Інфекція
- / Скупчення еритроцитів

Мозок

- / Деменція
- / Рухові розлади
- / Судоми
- / Пухлини

Печінка/селезінка

- / Функція
- / Об'єм крові

Легені

- / Перфузія
- / Вентиляція

Щитоподібна залоза

- / Функція
- / Метастатичні ураження

Онкологія

- / Сигнальні лімфатичні вузли
- / Солідні пухлини
- / Рак передміхурової залози: ПСМА рецептори
- / Нейроендокринні пухлини: соматостатинові рецептори
- / Терапія

Нирки

- / Функція
- / Морфологія / Рубцювання
- / Обструкція/Кровопостачання

ШКТ

- / Пасаж
- / Кровотеча

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

/ Застосування ядерної медицини

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

**Площинні та SPECT
дослідження**

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування кісток

Покази:

Онкологія (стадіювання деяких пухлин), ревматологія, інфекційні ураження кісток та суглобів, біль після протезування, кісткові метаболічні розлади

Шлях введення: внутрішньовенний

Радіофармпрепарат:

Бісфосфонати, такі як [^{99m}Tc]Tc-HDP (гідроксиетил-лен дифосфонат) або MDP (метил-лен дифосфонат), марковані Технецієм-99m ([^{99m}Tc]Tc), які зв'язуються з кальцієм і кристалами гідроксиапатиту в кістках пропорційно до місцевої судинної та остеобластичної активності.

Отримання зображень:

- / **Передня та задня проекції всього тіла:** Сканування через 3-4 год після ін'єкції для оптимальної концентрації радіофармпрепарату остеобластами та вимивання з м'яких тканин
- / **Динамічне трьохфазне сканування:** для певних випадків, наприклад, інфікування протезу
- / **Фаза притоку (зображення з інтервалами 2-5 сек впродовж перших 60 сек після введення)**
- / **Фаза пулу крові (5 хв після введення)**
- / **Відтермінована фаза (3-4 год після введення)**

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування кісток

ПЕТ візуалізація

Основні тези

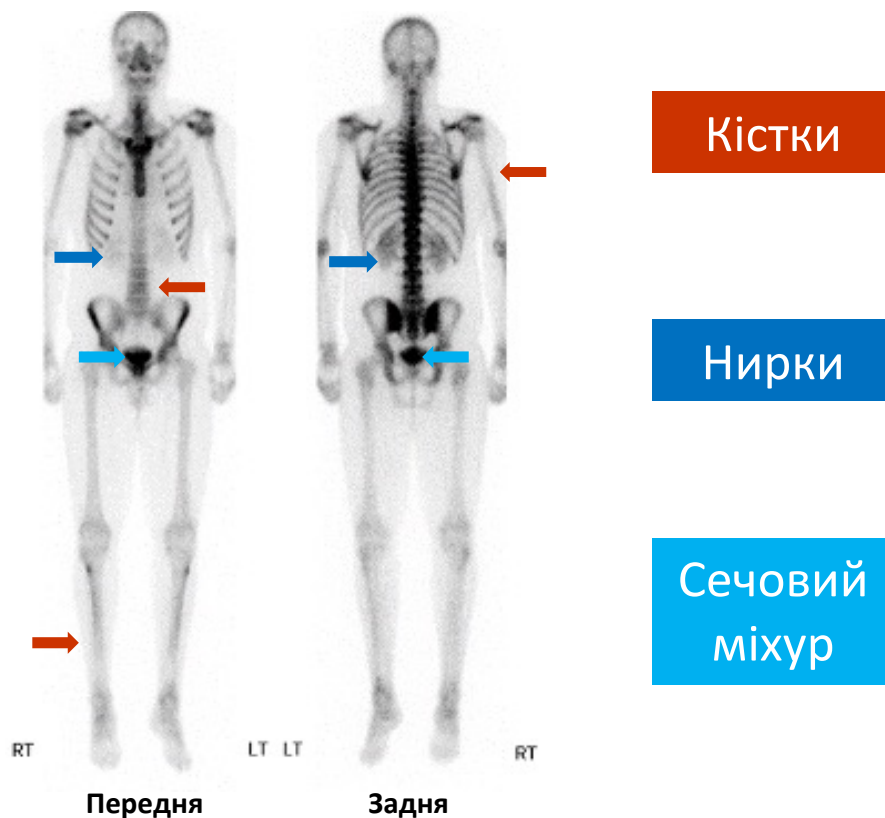
Література

Тестування

Приклад нормальних площинних зображень

Розподіл препарату в скелеті має бути однорідний та майже симетричний

Препарат екскретується нирками, тому є візуалізація нирок та сечового міхура



/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування кісток

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

РИС. 13

Нормальне сканування кісток всього тіла з ^{99m}Tc -HDP

Приклад нормального динамічного сканування

Перша фаза (притоку)

Динамічне дослідження для демонстрації кровоплину в ураженій ділянці (наприклад, запалення/інфекція суглобового ендопротеза). Зображення тривалістю від 2 до 5 сек отримують впродовж 60 сек після ін'єкції радіофармпрепарату. Прицільні зображення області зацікавлення/клінічного питання, наприклад, кульшових суглобів

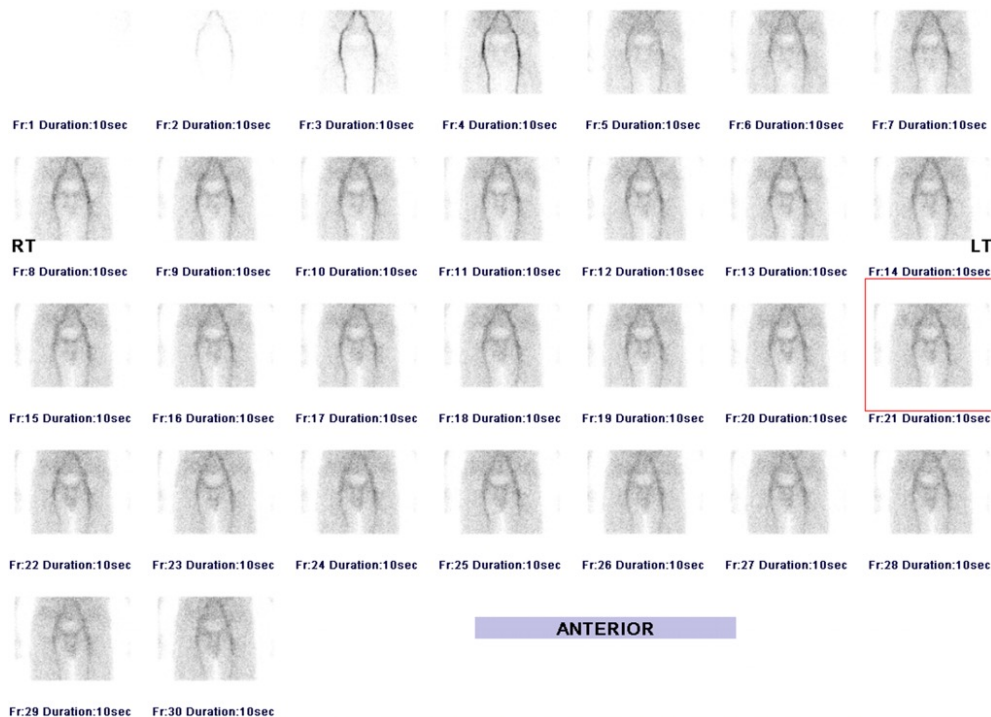


РИС. 14

Нормальна перфузійна фаза сканування кісток в ділянці кульшових суглобів

Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування кісток

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Приклад нормального динамічного сканування

Друга фаза (пул крові)

Ранні статичні зображення для візуалізації розподілу радіофармпрепарату в позаклітинному просторі. Сфокусовані на області зацікавлення/клінічного питання.

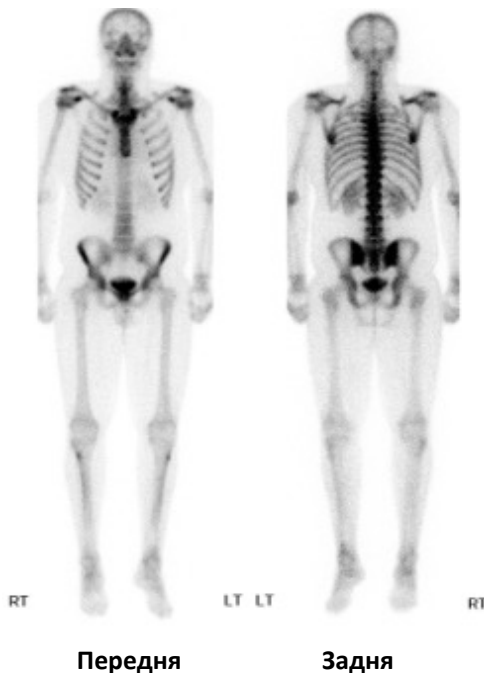


РИС. 15

Нормальна фаза пулу крові кульшових суглобів та сканування кісток всього тіла

Третя фаза (відтермінована)

Через 2-4 год - статичний знімок - від склепіння до пальців ніг.



/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування кісток

ПЕТ візуалізація

Основні тези

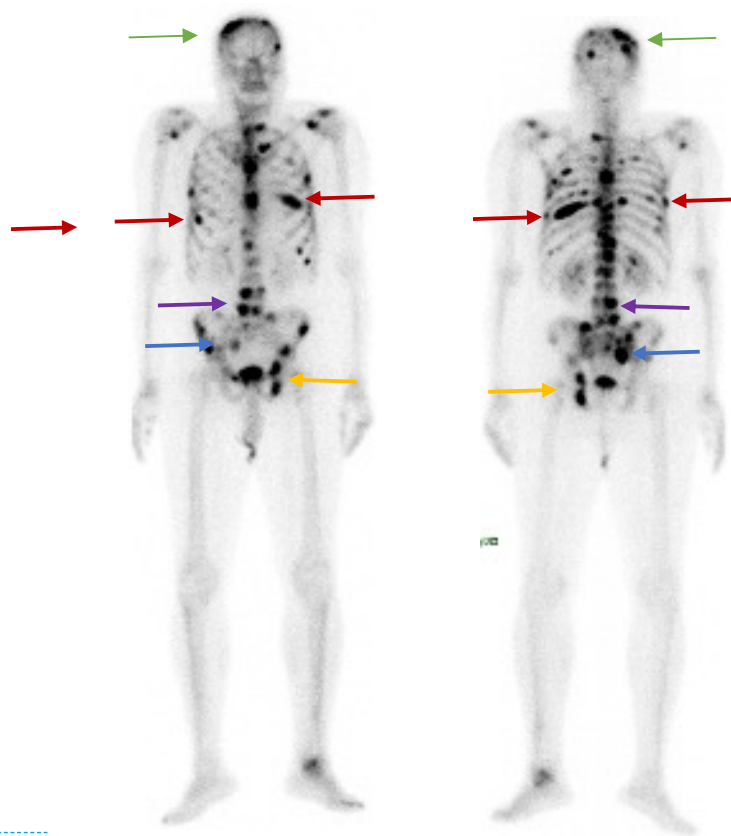
Література

Тестування

Випадок: метастатичне ураження

Чоловік 63 р. з карциномою передміхурової залози

Інтенсивне поглинання радіофармпрепарату спостерігається в осьовому скелеті та кістках кінцівок, включаючи крижова кістка праворуч, ліва кульшова западина, тіла хребців, ребра, череп, розподіл характерний для остеобластного метастатичного ураження.



Передня

Задня

РИС. 16

Сканування кісток всього тіла з [^{99m}Tc]Tc- HDP

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування кісток

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: “Суперскан”

Чоловік, 74 р. В анамнезі — злоякісна пухлина передміхурової залози.

Дифузне злегка гетерогенне підвищене поглинання радіофармпрепарату у всьому скелеті, включаючи череп і довгі кістки. Хоча в сечовому міхурі і спостерігається деяка активність, у нирках активність дуже низька.

Загальна картина відповідає “суперскану”, що вказує на дифузне метастатичне ураження кісток, враховуючи анамнез злоякісної пухлини передміхурової залози.

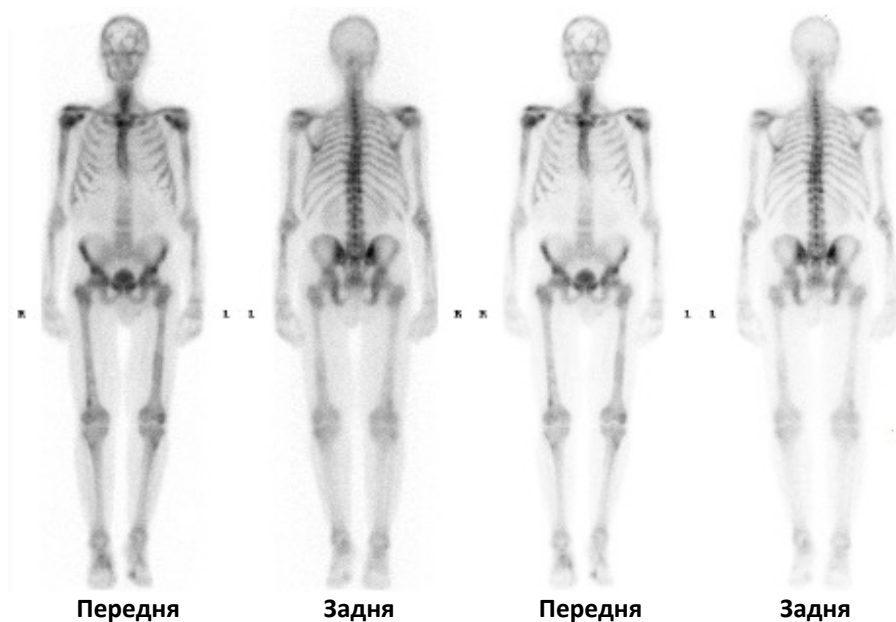


РИС. 17

Сканування кісток всього тіла з ^{99m}Tc -HDP

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування кісток

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: хвороба Педжета

Чоловік, 84 р, підвищений рівень АЛТ.

Нерівномірне підвищене поглинання в межах черепа, інтенсивне поглинання в усій нижній щелепі, ніжках, остистому відростку та тілі хребця L3, а також в межах правої половини тазу. Уражені кістки також збільшені. Розподіл відповідає багатокістковій формі хвороби Педжета.



РИС. 18

Сканування кісток всього тіла з [^{99m}Tc]Tc-HDP

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

**Площинні та SPECT
дослідження**

/ Сканування кісток

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: метастази карциноми грудної залози в хребет

Жінка, 54 р. Відомий рак грудної залози. Біль у спині на рівні середини грудної клітки.

Підвищене поглинання в тілі хребця Т9, продемонстроване на скані кісток всього тіла в задній проекції, є ледь помітним (синя стрілка). Подальша SPECT/КТ дозволяє краще візуалізувати тіло хребця Т9, а також демонструє втрату висоти тіла хребця/колапс (жовта стрілка).

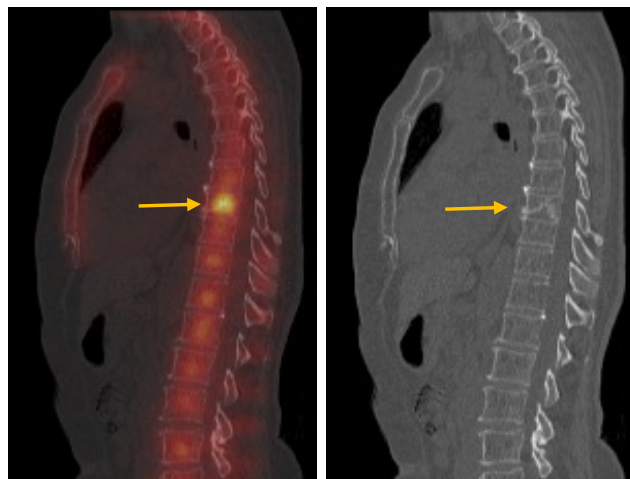


Передня

Задня

РИС. 19

Сканування кісток всього тіла з ^{99m}Tc -HDP



Поєднане сагітальне зображення SPECT/КТ

Сагітальне зображення КТ у кістковому вікні

РИС. 20

SPECT/КТ з ^{99m}Tc -HDP

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування кісток

ПЕТ візуалізація

Основні тези

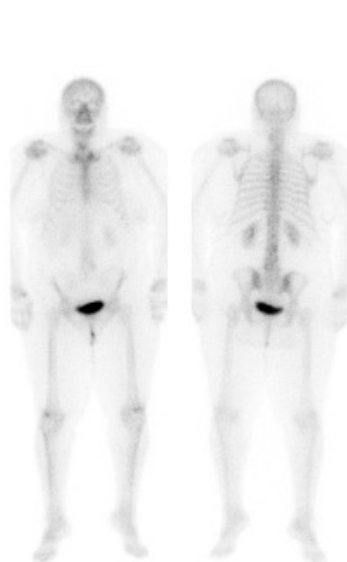
Література

Тестування

Випадок: SPECT/КТ кісток для пошуку джерел болю

Жінка, 32 р. Біль у попереку.

При скануванні всього тіла не виявлено значного поглинання, яке б пояснювало симптоми пацієнтки. Надалі SPECT/КТ демонструє підвищене поглинання у міжхребцевому просторі L3/L4 (синя стрілка) та правому дуго-відростковому суглобі L2/L3 (жовта стрілка), які, ймовірно, є основними кістковими джерелами болю.

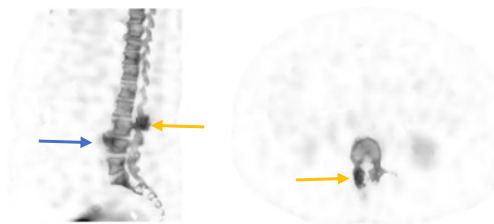


Передня

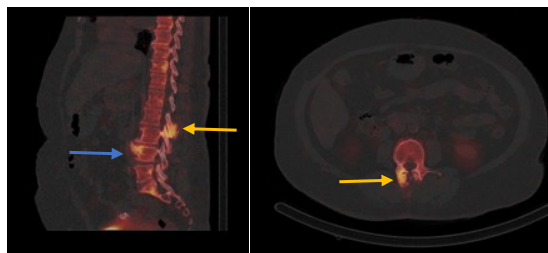
Задня

РИС. 21

Сканування кісток всього тіла з ^{99m}Tc -HDP



Сагітальне та аксіальне зображення з проекцією максимальних інтенсивностей SPECT



Поєднане сагітальне та аксіальне зображення SPECT/КТ

РИС. 22

SPECT/КТ з ^{99m}Tc -HDP

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування кісток

ПЕТ візуалізація

Основні тези

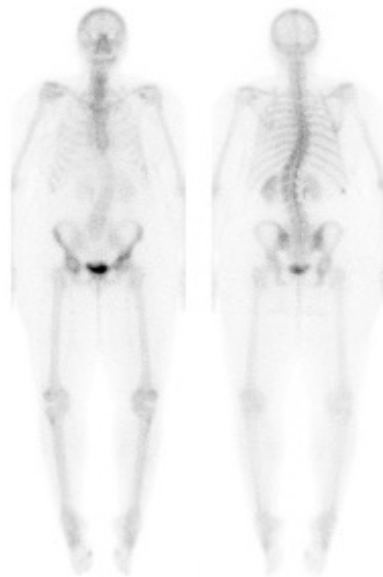
Література

Тестування

Випадок: літичне метастатичне кісткове ураження карциномою грудної залози

Жінка, 62 р. Хворіє на рак грудної залози 10 років. Скарги на двосторонній біль у стегнах

При скануванні всього тіла не виявлено значного поглинання, яке б пояснювало симптоми пацієнтки. Подальша SPECT/КТ демонструє літичні ураження у кульшових западинах білатерально, які не демонструють підвищеного поглинання, що відповідає остеоклас-тичним метастазам.

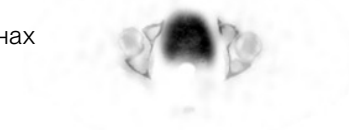


Передня

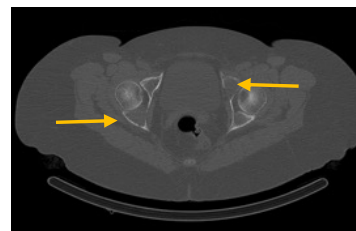
Задня

РИС. 23

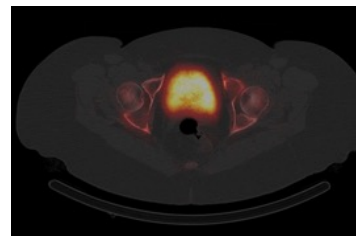
Сканування кісток всього тіла з ^{99m}Tc -HDP



Аксіальна проекція максимальних інтенсивностей SPECT



Аксіальна КТ у кістковому вікні



Поєднане аксіальне SPECT/КТ

РИС. 24

SPECT/КТ з ^{99m}Tc -HDP

Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування кісток

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

>|< ПОРІВНЯННЯ

Сильні та слабкі сторони:

- / Поглинання технецію-99m залежить від судинної та остеобластичної активності. Інші ураження кісток, такі як інфекції та травми, також можуть демонструвати високе поглинання. Таким чином, сканування кісток є чутливим, але неспецифічним, тому може знадобитися кореляція з іншими методами.
- / Літичні ураження (наприклад, мієломна хвороба та метастази деяких пухлин, наприклад, нирковоклітинний рак) можуть бути невидимими на сцинтиграфії кісток, оскільки сканування кісток оцінює остеобластичну активність, а вона, як правило, є остеокластичною у цих метастазах.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування кісток

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Сцинтиграфія щитоподібної залози

РАДІОФАРМПРЕПАРАТ	ВИРОБНИЦТВО	ВИПРОМІ- НЮВАННЯ ТА НАПІВРОЗПАД	МЕХАНІЗМ	ЗАСТОСУВАННЯ	ПЕРЕВАГИ/НЕДОЛІКИ
[^{99m} Tc]Tc-пертехнетат	Генератор	Гамма, 6 год.	Захоплення нормальними фолікулярними клітинами	Візуалізація накопичення тканиною залози	Швидке дослідження, низька якість за умов слабого поглинання
Йод-123 ([¹²³ I])	Циклотрон	Гамма, 13 год.	Захоплення нормальними фолікулярними клітинами, депонування в колоїді	Візуалізація накопичення тканиною залози Візуалізація метастазів карциноми щитоподібної залози	Відносно дорожча та менш доступна візуалізація через циклотронне виробництво, краща якість за умов слабого поглинання
Йод-131 ([¹³¹ I])	Реактор	Бета та гамма, 8.06 дн.	Захоплення нормальними фолікулярними клітинами, депонування в колоїді	Лікування гіпертиреозидизму та карцином щитоподібної залози	

ТАБЛИЦЯ 6

Радіофармпрепарати, які застосовуються для сцинтиграфії щитоподібної залози

ПЛАН РОЗДІЛУ:

- Вступ
- Принципи візуалізації в ядерній медицині
- Площинні та SPECT дослідження
 - / Сцинтиграфія щитоподібної залози
- ПЕТ візуалізація
- Основні тези
- Література
- Тестування

Шлях введення: внутрішньовенний

(Як $[^{123}\text{I}]$ так і $[^{99\text{m}}\text{Tc}]\text{Tc}$ -пертехнетат)

Отримання зображень:

- / Передня, ліва та права передні косі проєкції
- / $[^{123}\text{I}]$: 4-6 або 24 год. після введення
- / $[^{99\text{m}}\text{Tc}]\text{Tc}$ -пертехнетат: 20 хв. після введення

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

**Площинні та SPECT
дослідження**

/ Сцинтиграфія
щитоподібної
залози

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

<!=> УВАГА

Деякі ліки можуть
перешкоджати
поглинанню
радіофармпрепарату
щитоподібною залозою

Не застосовуйте
йодовмісні контрасти
впродовж 6 тижнів до
сканування

Не застосовуйте
йодовмісні препарати
впродовж 4 тижнів до
сканування

Не застосовуйте
аміодарон 3-6 місяців до
сканування

Нормальне зображення

Сканування з Tc^{99m} .

Дифузне гомогенне поглинання в обох частках щитоподібної залози.

Помірне гомогенне поглинання в слинних залозах.

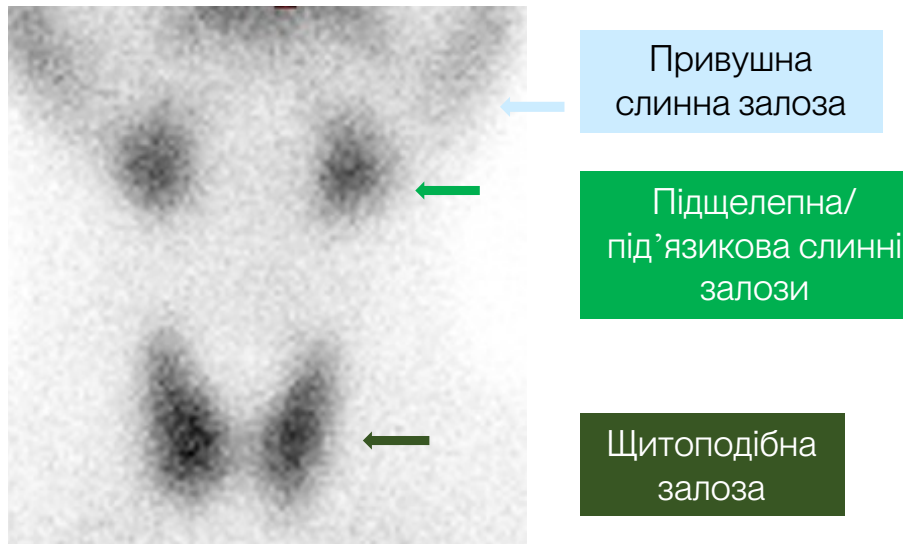


РИС. 25

Нормальний скан з $[^{99m}Tc]Tc$

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

**Площинні та SPECT
дослідження**

/ Сцинтиграфія
щитоподібної
залози

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: хвороба Грейвса

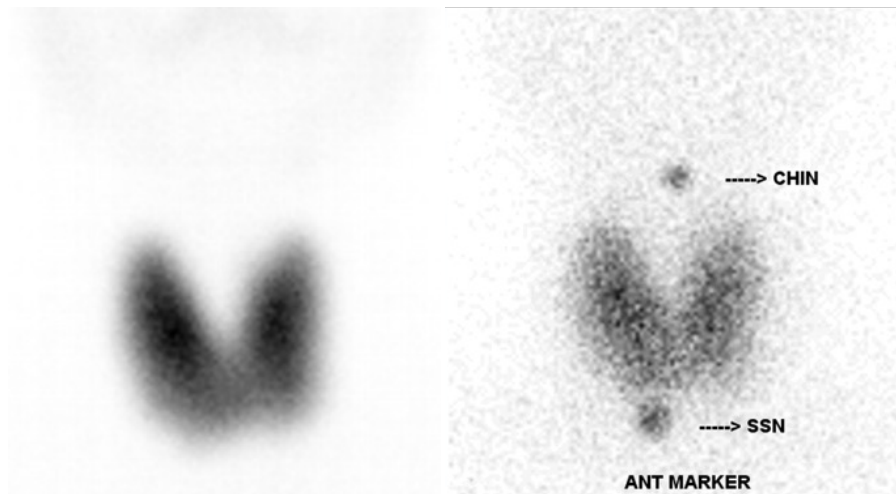
Сканування з Tc^{99m} .

Дифузне і відносно рівномірне поглинання всією збільшеною щитоподібною залозою.

Фонова активність слинних залоз знижена.

Відсоток поглинання становить 25,9% (нормальний діапазон 0,45-3,5%).

Підборіддя та яремна ямка (Suprasternal notch, SSN) - маркери для анатомічної локалізації.



Передня

РИС. 26

Сканування щитоподібної залози з $[^{99m}Tc]Tc$

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сцинтиграфія щитоподібної залози

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Диференційна діагностика гіпертиреозу

Сцинтиграфія щитоподібної залози є ключовим дослідженням для диференціації причин гіпертиреозу через різні шаблони (патерни) поглинання тиреоїдних гормонів:

- A. Хвороба Грейвса - гомогенне підвищене поглинання
- B. Токсичний багатовузловий зоб - багатовогнищеве поглинання, часто гетерогенне
- C. Автономний токсичний вузол - поглинання в одному, часто збільшеному, вузлі
- D. Підгострий тиреоїдит - немає поглинання

"Холодний" осередок із зниженим поглинанням є ознакою підозрілою щодо злоякісного вузла. У цих випадках необхідно провести ультразвукове дослідження, щоб краще охарактеризувати вузол і визначити чи потрібна біопсія.

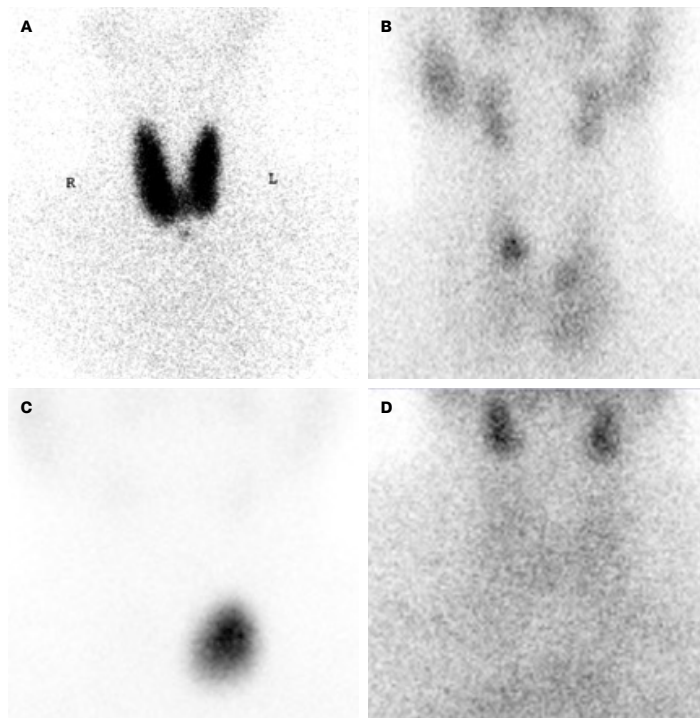


РИС. 27

Сканування щитоподібної залози з [^{99m}Tc]Tc

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сцинтиграфія щитоподібної залози

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Вентиляційно/перфузійне (V/Q) сканування

Покази:

Діагностика гострої тромбоемболії легеневої артерії при нормальній рентгенограмі грудної клітки

Обстеження пацієнтів з легеневою гіпертензією для визначення чи причиною є хронічна тромбоемболія

Кількісна оцінка функції легень перед операцією (наприклад, перед пульмонектомією у пацієнтів з раком легень)

>=< ДОДАТКОВІ ДАНІ

Вагітну пацієнтку слід проконсультувати щодо дози опромінення. Як правило, доза опромінення тканин грудної залози матері є вищою при КТ-ангіографії порівняно з V/Q скануванням; дози для плода є однаковими.

<!= УВАГА

При виконанні V/Q сканування для виявлення гострої тромбоемболії легеневої артерії переконайтеся, що рентгенограма органів грудної клітки була виконана і оцінена впродовж 12-24 год. до сцинтиграфії легень. Це пов'язано з тим, що існують інші причини дефектів перфузії, які можна виключити на рентгенограмі грудної клітки, такі як ателектаз, пневмонія тощо.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ V/Q сканування

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Радіофармпрепарати та шляхи введення:

Перфузія:

Людський альбумін (МАН), маркований технецієм-99m, вводиться внутрішньовенно: він осідає у прекапілярних артеріолах і капілярах та тимчасово закриває артерію, відображаючи регіональну перфузію.

Вентиляція:

Газ криптон-81 вводиться у вигляді аерозолі для вентиляції легень. Його вдихають доти, поки він не досягне стабільного стану в альвеолах і лишається там під час сканування. Він відображає регіональну вентиляцію.

[99mTc]Tc-марковані аерозолі, ДТРА або Технегас накопичуються в бронхіолах і альвеолах.

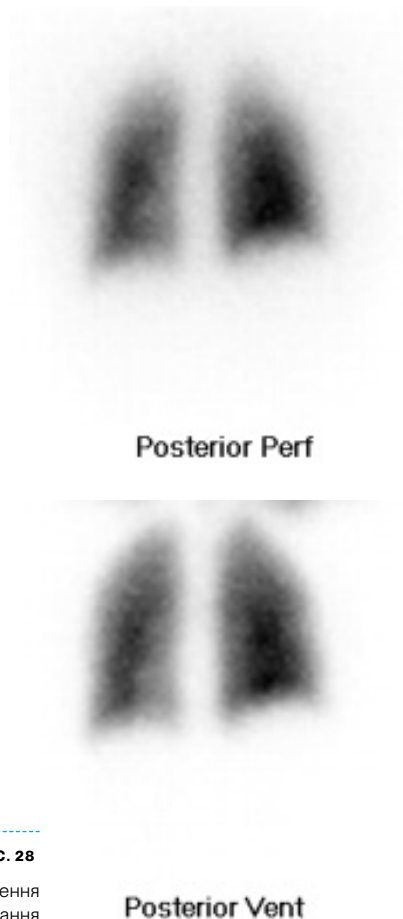


РИС. 28

Площинні зображення
нормального V/Q сканування

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

/ V/Q сканування

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Отримання зображень:

- / Візуалізація починається з вентиляційного сканування, за яким одразу ж слідує перфузійне сканування.
- / Перфузійну візуалізацію та вентиляцію з використанням газу $[^{81}\text{Kr}]\text{Kr}$ можна виконувати одночасно з перфузійним дослідженням завдяки різним енергіям випромінювання $[^{81}\text{Kr}]\text{Kr}$ (190 кеВ) та $[^{99\text{mTc}}]\text{Tc}$ (140 кеВ)
- / Якщо використовується DTPA або Technegas, вентиляцію та перфузію необхідно проводити окремо, оскільки використовується один і той самий радіонуклід.
- / SPECT з додатковим компонентом КТ (площинна візуалізація, якщо SPECT недоступна)

Настанова EANM (European Association of Nuclear Medicine | Європейської асоціації ядерної медицини) щодо вентиляційно-перфузійної однофотонної емісійної комп'ютерної томографії (SPECT) для діагностики тромбоемболії легеневої артерії та інших захворювань, 2019 р.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ V/Q сканування

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Нормальні зображення

Дифузне гомогенне поглинання в обох легенях.

Відсутність розбіжностей між перфузійною та вентиляційною візуалізацією.

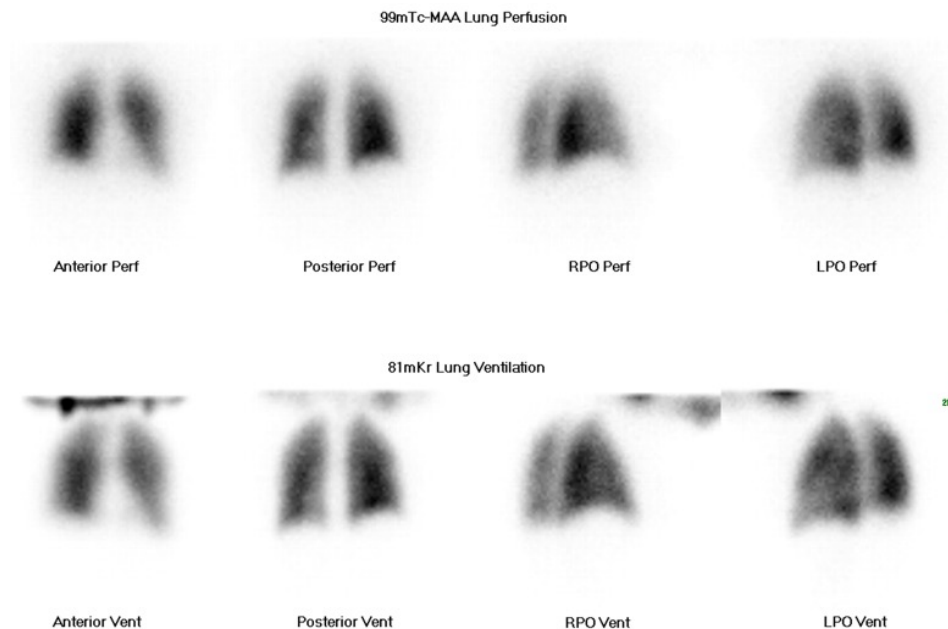


РИС. 29

Площинні зображення нормального V/Q сканування

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ V/Q сканування

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: двобічна субсегментарна легенева емболія

Жінка, 24 р. Фокальний сегментарний гломерулосклероз з нефротичним синдромом. Попередня тромбоемболія легеневої артерії. Подібний біль та погіршення задишки під час прийому апіксабану.

На змодельованій площинній візуалізації немає явного дефекту з невідповідністю.

На SPECT/KT є двосторонні субсегментарні клиноподібні дефекти перфузії у бічних сегментах обох нижніх часток та задньому сегменті правої нижньої частки (сині стрілки), які не мають відповідних дефектів на вентиляційних зображеннях та не мають відповідної КТ патології.



РИС. 30

V/Q SPECT/CT

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ V/Q сканування

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Порівняння V/Q сканування та КТ-ангіографії (КТА)

V/Q СКАНУВАННЯ

КТЛА | СТРА

Можна використовувати у пацієнтів з контрастною нефропатією та нирковою недостатністю

Швидше, легкодоступно

Зменшення радіаційного навантаження на радіочутливу тканину грудної залози у вагітних жінок

Виявлення альтернативних пояснень симптомів пацієнта, наприклад, пневмоторакс

Діагностика хронічної тромбоемболічної легеневої гіпертензії

Якщо є тромбоемболія, може додатково продемонструвати перевантаження правих камер серця

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ V/Q сканування

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

ТАБЛИЦЯ 7

Порівняння V/Q сканування та КТ легеневої ангіографії (КТЛА) | CT pulmonary angiogram, СТРА

/ Сканування нирок з димеркапто- бурштиною (DMSA)

Покази:

- / Виявлення вогнищевих патологій паренхіми нирки, включаючи оцінку рубців
- / Диференціальна оцінка функції нирок
- / Оцінка підковоподібної, солітарної або ектопічної нирки

Радіофармпрепарат:

- / Маркована технецієм-99m DMSA (2,3-димеркаптобурштинова кислота | Dimercapto Succinic Acid, DMSA) зв'язується з білками, виводиться з плазми і концентрується в проксимальних канальцях кори нирок.

Шлях введення: внутрішньовенно

Отримання зображень:

- / Статичні площинні через 2-3 год. після ін'єкції
- / Проекції: передня, задня та ліва і права задні косі під кутом 45 градусів

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

- / Сканування нирок з
DMSA

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Нормальні зображення

Відносно інтенсивніше поглинання радіофармпрепарату правою ниркою (жовта стрілка) порівняно з лівою ниркою (синя стрілка) через її поверхневе розташування, тобто ближче до гамма-камери.

В іншому обидві нирки мають нормальний контур і демонструють однорідне поглинання радіофармпрепарату. Немає фотопенічних дефектів, які б вказували на кортикальне рубцювання.



РИС. 31

Нормальне сканування нирок з $[^{99m}\text{Tc}]\text{Tc}-\text{DMSA}$

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування нирок з DMSA

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

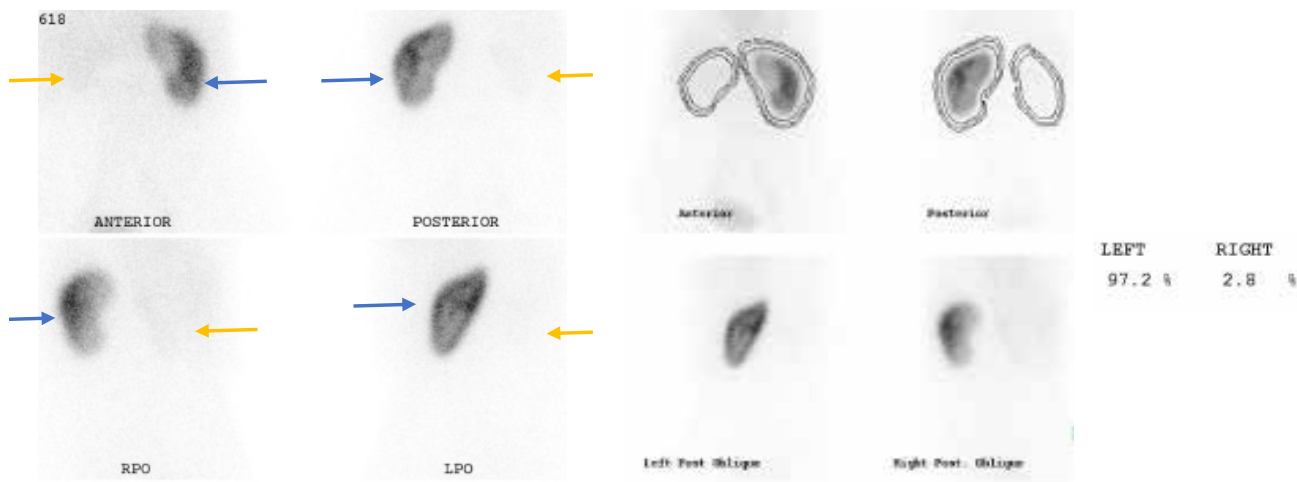
Тестування

Випадок: Нефункціонуюча права нирка з ймовірно гіпертрофованою лівою ниркою

Жінка, 59 р. Виражений гідронефроз справа з каменем 1,3 см. DMSA сканування для оцінки функції нирок.

Права нирка ледь помітна (жовта стрілка) і має тонкий менший контур, ніж ліва нирка. Ліва нирка

збільшена (сині стрілки). Ймовірно, внаслідок компенсаторної гіпертрофії, з рівним контуром і без ділянок фотопенії, які б вказували на рубцювання. Роздільна функція = права нирка 2,8%, ліва нирка 97,2%.



Стандартні проекції DMSA сканування

Стандартні проекції DMSA сканування з маркуванням ділянок інтересу для розрахунку роздільної функції нирок

РИС. 32

Сканування нирок з ^{99m}Tc -DMSA

Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування нирок з DMSA

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: підковоподібна нирка

Підковоподібна конфігурація нирок
без ознак рубцювання.

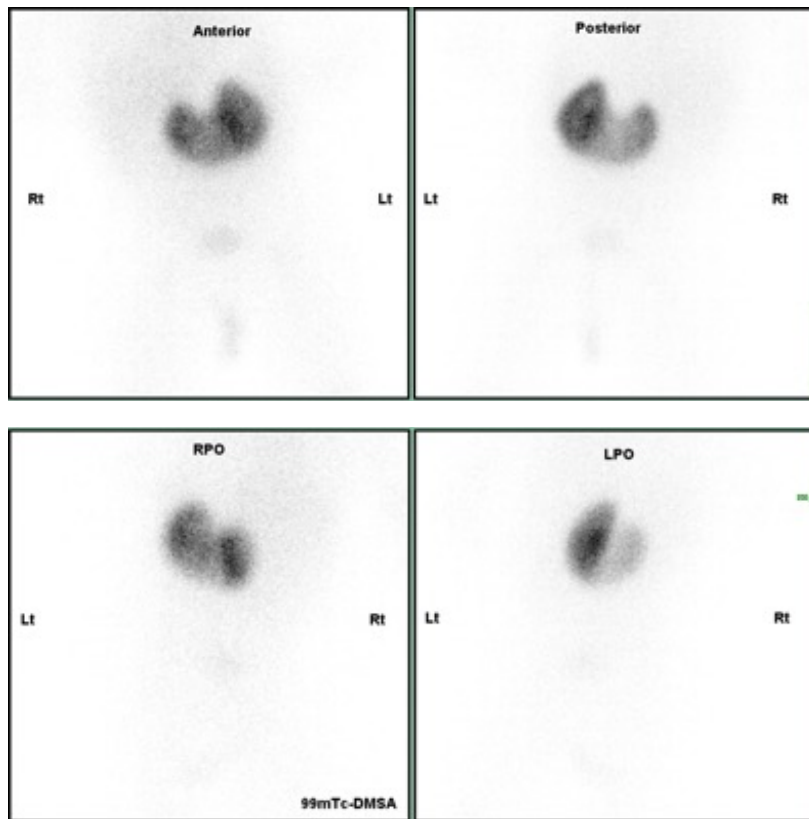


РИС. 33

Сканування нирок
з ^{99m}Tc -DMSA

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

/ Сканування нирок з
DMSA

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Корисність дослідження в порівнянні з іншими методами візуалізації:

- / Більш точна оцінка роздільної функції нирок порівняно з ренограмою (див. наступний розділ).
- / Пієлонефрит також може призводити до дефектів накопичення та імітувати рубці.
- / Інші методи візуалізації, такі як УЗД та КТ, можуть оцінити розмір нирок, але не можуть кількісно оцінити їхню функцію.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

**Площинні та SPECT
дослідження**

/ Сканування нирок з
DMSA

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Сканування нирок: ренограма

Покази:

- / Оцінка ниркової перфузії
- / Оцінка роздільної функції нирок
- / Пошук можливої обструкції
- / Оцінка сечовивідних шляхів після операції, наприклад, після пієлопластики з приводу обструкції мисково-сечовідного з'єднання (pelviureteric junction (PUJ))

Радіофармпрепарат:

- / [^{99m}Tc]Tc- Меркаптоацетилтригліцин (MAG3):
- / Препарат піддається як клубочковій фільтрації, так і канальцевій екскреції
- / [^{99m}Tc]Tc - Дієтилен-триамін-пентаацетат (ДТРА):
- / Альтернативний препарат, рідше використовується у клінічній практиці, проходить тільки клубочкову фільтрацію

Шлях введення: внутрішньовенний

Отримання зображень:

- / Динамічна площина візуалізація впродовж 30 хв.
- / Надалі статичні зображення, отримані до сечовипускання, після сечовипускання та через 2 год. після сечовипускання.
- / Фуросемід вводиться для оцінки обструкції - час введення варіюється в різних установах
- / Комп'ютерна обробка даних для отримання кривої часової активності

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Ренограма

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Нормальні зображення

Крива часової активності (Time activity curve) - це представлення поглинання та виведення радіофармпрепарату нирками у вигляді графіку.

Ренограма має три фази:

А - Судинна (фаза потоку) - демонструє кровоплин і початкове поглинання радіофармпрепарату нирками, зазвичай триває від 30 до 60 сек. (жовта стрілка)

В - Кортикальний транзит (тканинно-функціональна фаза) - радіофармпрепарат концентрується в ниркових канальцях, пік на 3-5 хв. (рожева стрілка).

С - Екскреторна (фаза виведення) - спадна ділянка ренограми, що вказує на виведення радіофармпрепарату нирками. Зазвичай починається через 4-8 хв. після введення (фіолетова стрілка).

Обидві нирки демонструють швидке поглинання мішені, нормальний транзит, екскрецію та дренаж. Криві часової активності в нормі. Нормальне дослідження без ознак обструкції.

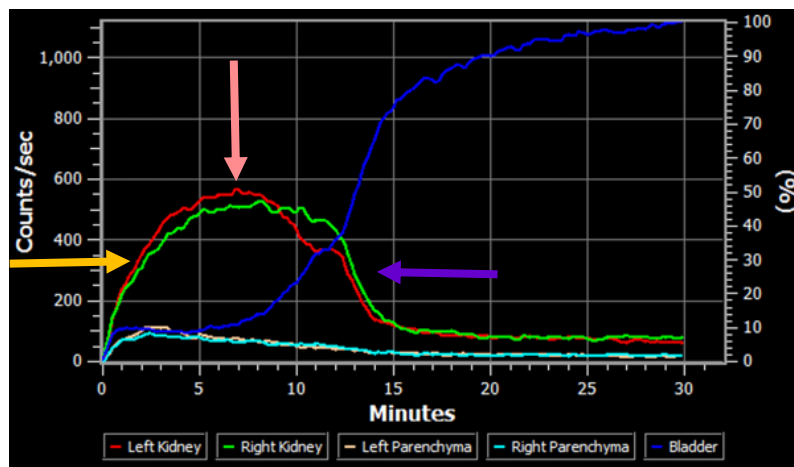


Рис. 34

Нормальна ренограма з $[^{99m}\text{Tc}]\text{Tc-MAG3}$

Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Ренограма

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: Обструкція мисково-сечовідного з'єднання правої нирки

КТ органів черевної порожнини демонструє правобічний гідронефроз (жовта стрілка). Ліва нирка в нормі (зелена стрілка).

На ренограмі спостерігається затримка поглинання, кортикального транзиту, екскреції та обмеження дренажу правої нирки, що демонструється

сплощеною амплітудою кривої "час-активність" (зелена крива, рожева стрілка). Зовнішній вигляд відповідає дуже високому ступеню/майже повній обструкції. Ліва нирка демонструє швидке поглинання, нормальний транзит, екскрецію та дренаж (червона крива, фіолетова стрілка). Синя крива відображає вміст препарату в сечовому міхурі.

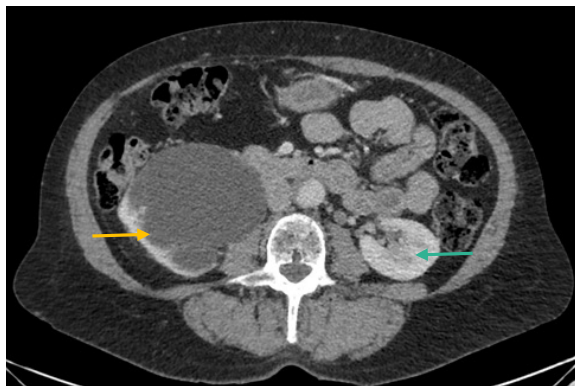


РИС. 35

Аксіальна КТ після контрастування

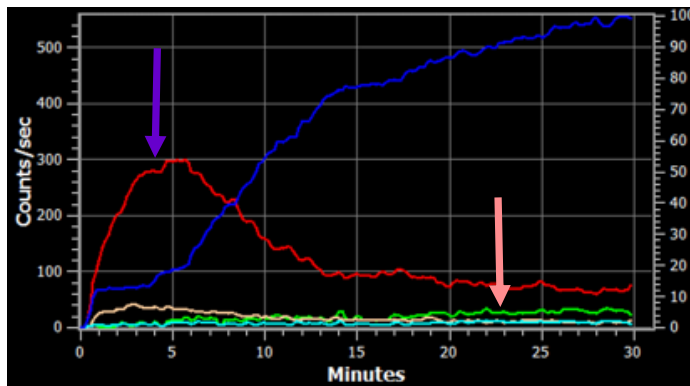


РИС. 36

Ренографічна крива з ^{99m}Tc -MAG3

Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Ренограма

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: обструкція мисково-сечовідного з'єднання правої нирки

А) У початковій судинній фазі - радіофармпрепарат у черевній аорті та лівій нирці. У правій нирці активності не виявлено.

В) Фаза кортикального транзиту (тканинно-функціональна) - радіофармпрепарат концентрується в ниркових канальцях лівої нирки. Праворуч обідок поглинання кірковою речовиною навколо сильно розширеної миски правої нирки.

С) Екскреторна (дренажна) фаза - препарат в лівій нирковій мисці, сечоводі та сечовому міхурі, що відповідає виведенню лівою ниркою. Підвищення активності в корі правої нирки, але відсутність радіофармпрепарату в нирковій мисці або сечоводі.

Д) Низька активність у чашечко-мисковій системі праворуч після сечовипускання

Патерн відповідає дуже високому ступеню/майже повній обструкції.

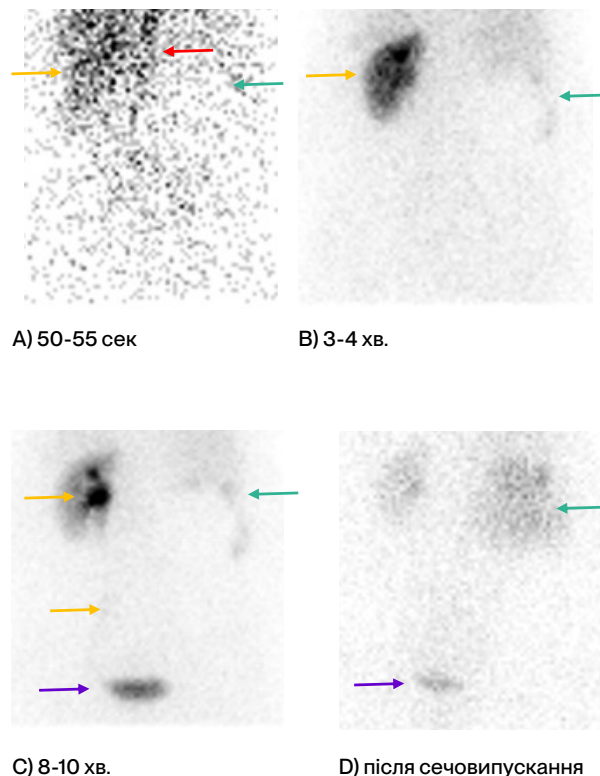


РИС. 37

Динамічне сканування нирок з ^{99m}Tc -MAG3

Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Ренограма

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Переваги дослідження в порівнянні з іншими методами візуалізації:

/ Динамічне дослідження важливе для оцінки пасажу сечі та виявлення обструкції високого ступеню, яка може призвести до обструктивної уропатії та нефропатії.

/ КТ та МРТ урограми демонструють анатомічні зміни, але ренограма дає функціональну оцінку, допомагаючи визначити ступінь порушення дренажу та функції нирок.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

**Площинні та SPECT
дослідження**

/ Ренограма

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Візуалізація перфузії міокарда

Покази:

- / Визначити наявність, локалізацію та оцінити ступінь вираженості ішемічної хвороби серця
- / Відібрати пацієнтів, яким корисно провести реваскуляризацію, наприклад, ЧШВ/АКШ (PCI/CABG)
- / Оцінити відповідь після реваскуляризації або медикаментозного лікування

Радіофармпрепарат:

- / Мічені технецієм-99m Тетрофосмін (Myoview) або Сестамібі - ліпофільні катіонні агенти, які пасивно дифундують і накопичуються в мітохондріях життєздатної тканини міокарда

Шлях введення: внутрішньовенно

Отримання зображень:

- / Два компоненти: з навантаженням та у спокої. Залежно від локальних практик, виконуються в один або різні дні
- / Спокій: візуалізація через 45-60 хв. після ін'єкції радіофармпрепарату
- / Навантаження: фізичне навантаження або медикаментозні стрес-агенти, що вводяться перед візуалізацією. Застосовують аденозин, регаденозон або добутамін, залежно від попереднього анамнезу та поточного медикаментозного лікування.
- / SPECT візуалізація.
- / Додатковий КТ компонент для корекції затухання.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

- / Візуалізація перфузії міокарда

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Препарати для тесту з навантаженням:

Перфузійне сканування міокарда при навантаженні оцінює кровоплин міокарда в умовах стресу.

Стрес-тест може використовувати фізичні навантаження (велосипед або бігову доріжку). Якщо пацієнти не можуть виконувати фізичні вправи,

серце можна навантажити, застосовуючи фармацевтичні стрес-агенти, які збільшують частоту серцевих скорочень або розширюють вінцеві (коронарні) артерії, подібно до фізичних вправ.

ФАРМАЦЕВТИЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ НАВАНТАЖЕННЯ	МЕХАНІЗМ ДІЇ
Регаденосон	Специфічний агоніст аденозинових рецепторів A2A Вазодилататор (прямий)
Аденозин	Неспецифічний агоніст аденозинових рецепторів Вазодилататор (прямий)
Дипіридамо́л	Перешкоджає внутрішньоклітинному зворотному захопленню та дезамінуванню аденозину Вазодилататор (непрямий)
Добутамін	Агоніст β1- та β2-рецепторів Симпатоміметик

ТАБЛИЦЯ 8

Лікарські засоби для стрес-тесту при візуалізації міокарду

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Візуалізація перфузії міокарда

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Приклад нормальних зображень

Зображення у стані навантаження та спокою демонструють нормальний розподіл радіофармпрепарату. Коротка, довга горизонтальна та довга вертикальна осі показують різні реконструйовані SPECT зображення міокарда.

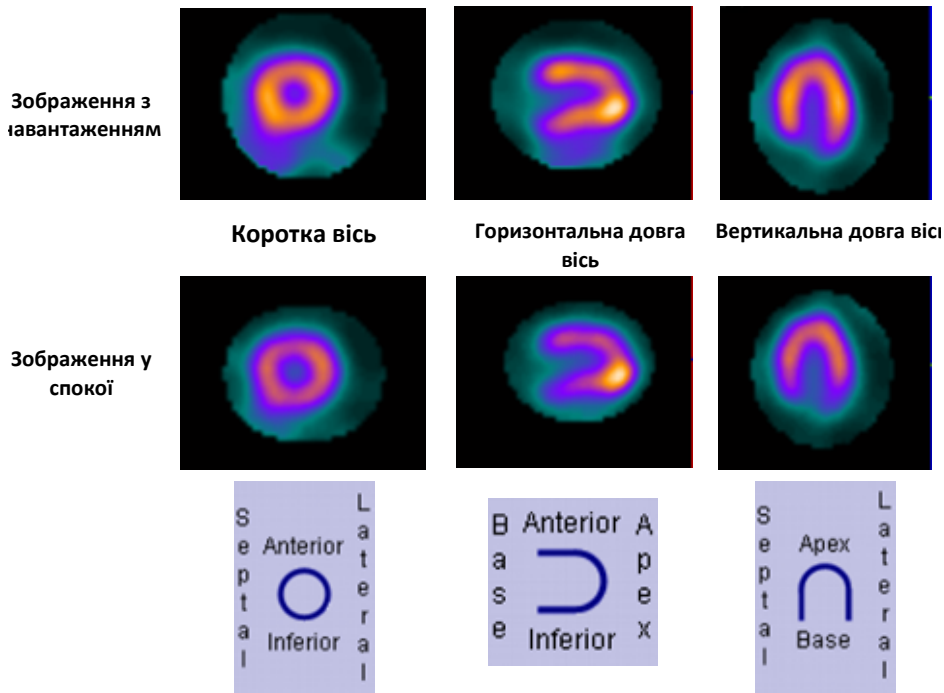


РИС. 38

Нормальні зображення перфузії міокарда з $[^{99m}\text{Tc}]\text{Tc}$

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Візуалізація перфузії міокарда

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Випадок:

Чоловік, 68 р. Оцінка ішемічної хвороби серця.

На компоненті з навантаженням спостерігається значне зниження поглинання препарату на

верхівці (червоні стрілки), а компонент у спокою демонструє, що ці дефекти значною мірою зберігаються, що свідчить на користь дистального інфаркту лівої передньої низхідної локалізації.

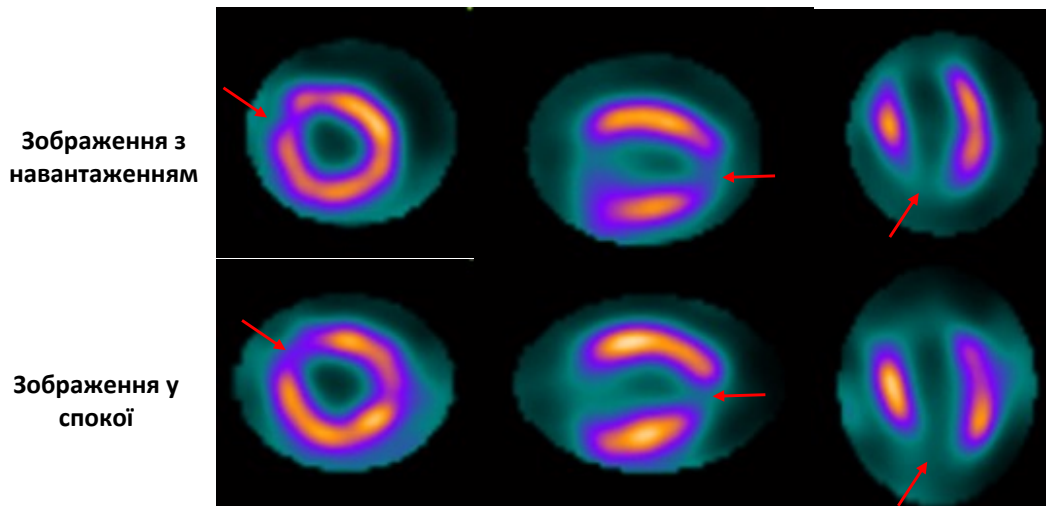


РИС. 39

Візуалізація перфузії міокарда з $[^{99m}\text{Tc}]\text{Tc}$

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Візуалізація перфузії міокарда

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

ДОСЛІДЖЕННЯ

ПЕРЕВАГИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРІВНЯНО З ІНШИМИ МЕТОДАМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Перфузійна візуалізація міокарда (Myocardial Perfusion Imaging, MPI)	Функціональна оцінка на відміну від анатомічної, отриманою з інвазивної коронарографії чи КТ-коронарографії MPI забезпечує обмежену кількісну оцінку перфузії та обмежену просторову роздільну здатність
ПЕТ-перфузійна візуалізація (рубідій-82 або азот-13)	Краща просторова роздільна здатність і менший рівень шуму порівняно з SPECT, але менш доступна.
MPT серця	Висока просторова роздільна здатність, можна виконувати кількісну оцінку перфузії та уникати іонізуючого випромінювання. Забезпечує детальну характеристику міокарда, але дороговартісна і малодоступна.
КТ-коронарографія	Надає анатомічну інформацію завдяки візуалізації просвіту вінцевої (коронарної) артерії та оцінки стенозу, але не забезпечує функціональної інформації
Стрес-ехокардіограма	Широко доступна, виконується безпосередньо біля ліжка пацієнта, дешева, проте операторозалежна, має низьку відтворюваність

ПЛАН РОЗДІЛУ:

- Вступ
- Принципи візуалізації в ядерній медицині
- Площинні та SPECT дослідження**
 - / Візуалізація перфузії міокарда
- ПЕТ візуалізація
- Основні тези
- Література
- Тестування

ТАБЛИЦЯ 9
Порівняння різних методів візуалізації міокарда

/ Метайодбензилгуанідин (MIBG)

Покази:

- / Виявлення, локалізація, стадіювання та спостереження за нейроендокринними пухлинами: феохромоцитома, нейробластома, карциноїдна пухлина тощо.
- / Маркований йодом-131 MIBG використовується для лікування деяких нейроендокринних пухлин

Шлях введення: внутрішньовенно, повільно впродовж 4 хв.

Радіофармпрепарат:

- / MIBG (метайодбензилгуанідин) маркований йодом-123.
- / MIBG є аналогом норадреналіну та гуанетидину і проникає в нейроендокринні клітини за допомогою механізму активного транспорту через адренергічні рецептори та зберігається в нейросекреторних гранулах

Отримання зображень:

- / Ранні площинні через 4 год. після введення
- / Відтерміновані площинні через 24 год. після введення
- / +/- SPECT/КТ через 24 год.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ MIBG

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

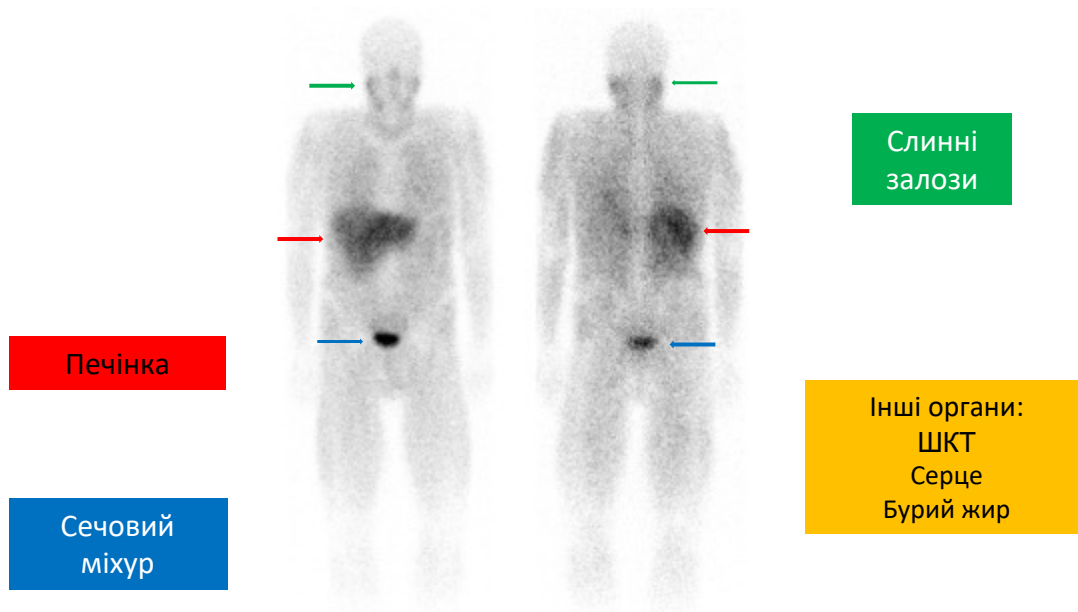
Тестування

Нормальні зображення

Сканування з
[¹²³I]I-MIBG.

Дифузне гомогенне
поглинання в печінці
та сечовому міхурі.

Помірне гомогенне
поглинання в слин-
них залозах.



/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

**Площинні та SPECT
дослідження**

/ MIBG

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

РИС. 40

Нормальне сканування з [¹²³I]I-MIBG

SPECT/КТ з MIBG

Випадок: феохромоцитома лівого наднирника

Жінка, 61 р. Пухлина лівого наднирника розміром 5 см. Неоднозначна на КТ, без артеріального підсилення, але функціональні дослідження вказують на феохромоцитому.

На площинному скані всього тіла спостерігається інтенсивне асиметричне підвищене поглинання

MIBG, локалізоване у лівій наднирковій залозі, яке зберігається на 24-год. скані (жовта стрілка).

На SPECT/КТ інтенсивна активність передньомедіально в межах утвору лівого наднирника розміром 5 см (сині стрілки).

EARLY 4HR WB MIBG 23/06/2022 EARLY 4HR WB MIBG 23/06/2022 24HR WB MIBG 24/06/2022 24HR WB MIBG 24/06/2022

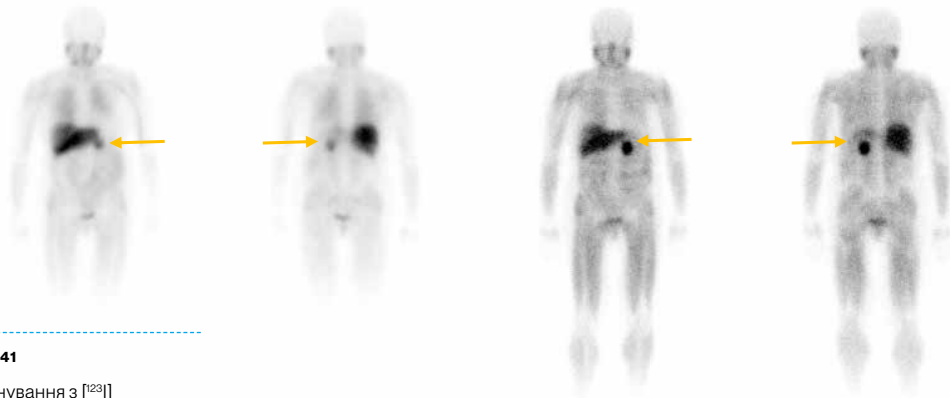


РИС. 41

. Сканування з ^{123}I
I-MIBG з SPECT/КТ

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

/ MIBG

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування



SPECT/КТ

Переваг тесту в порівнянні з іншими методами візуалізації:

- / Загалом вважається точним дослідженням для візуалізації нейроендокринних пухлин
- / Важливе функціональне дослідження при підозрілих знахідках при звичайній анатомічній візуалізації (КТ/МРТ)
- / MIBG корисний при підозрі на пухлини наднирників та черевної порожнини порівняно з ПЕТ/КТ з [68Ga] Ga-DOTA пептидом для позачеревних нейроендокринних пухлин (див. розділ ПЕТ-дослідження)

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ MIBG

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Сканування носіїв допаміну (DaT)

Покази:

- / Діагностика хвороби Паркінсона та інших нейродегенеративних паркінсонічних синдромів (Н: деменції з тільцями Леві, прогресуючого над'ядерного паралічу та розсіяної системної атрофії)
- / Диференціація деменції з тільцями Леві від інших видів деменції
- / Диференціювання паркінсонізму, спричиненого пресинаптичним дегенеративним дефіцитом допаміну від інших форм паркінсонізму, наприклад, медикаментозного, психогенного або судинного.

Шлях введення: внутрішньовенний

Радіофармпрепарат:

- / DaTSCAN з йодом-123 (іофлупан або FP-CIT), що вводиться внутрішньовенно
- / Зв'язується з пресинаптичними дофаміновими активними носіями в нігдростріальному шляху (*шлях між чорною субстанцією та смугастим тілом).
- / У пацієнтів з паркінсонічними синдромами розвивається втрата нігдростріальних дофамінергічних нервових рецепторів. Поглинання радіофармпрепарату відповідає цілісності цих носіїв.

Отримання зображень:

- / Візуалізація проводиться через 3-6 год. після ін'єкції
- / Пацієнт знаходиться в положенні лежачи на спині з головою в підголівнику
- / Отримують аксіальні томографічні зображення

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування DaT

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Нормальні зображення

Нормальне поглинання радіофарм-препарату обабіч у хвостатому ядрі та шкаралупі; ядра базальних гангліїв мають нормальну форму "коми" (синє коло).

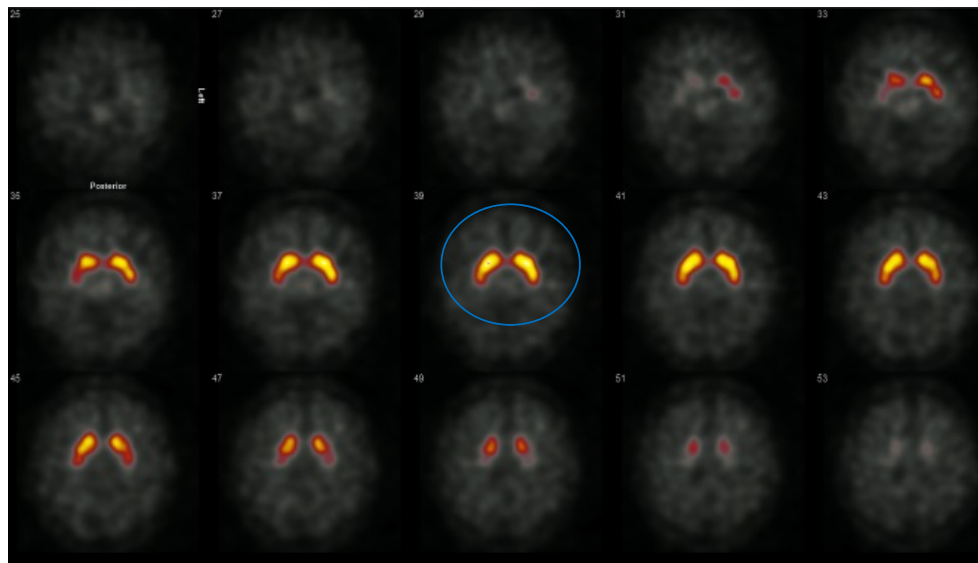


РИС. 42

Аксіальні SPECT зображення DaT сканування

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування DaT

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: Хвороба Паркінсона або паркінсонічний синдром

Чоловік, 72 р. Тремор лівої руки переважно у стані спокою, останнім часом ще й правої руки.

Значно знижене поглинання радіофарм-препарату в лущині білатерально (синя стрілка), більше справа, з деяким зниженням поглинання в голівці хвостатого ядра справа (зелена стрілка). Обидві ділянки базальних ядер мають форму крапки, а не коми; "ознака крапки" ("dot sign").

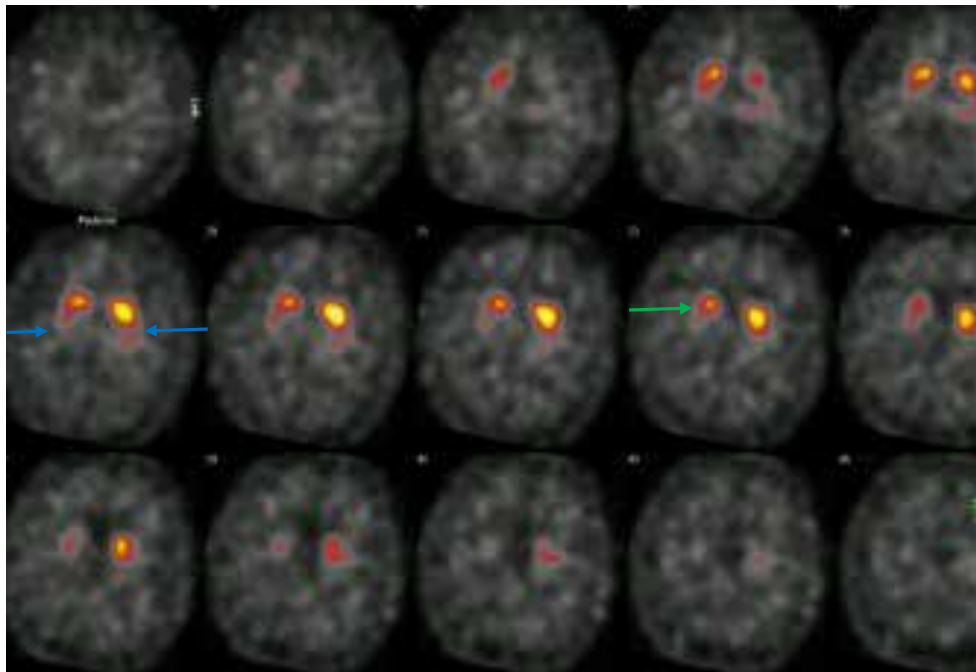


РИС. 43

Аксіальні SPECT зображення DaT сканування

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

/ Сканування DaT

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

Переваги тесту в порівнянні з іншими методами візуалізації:

- / Використовується синергічно з іншими дослідженнями в залежності від клінічних показань, наприклад, МРТ головного мозку або ФДГ ПЕТ/КТ (FDG PET/CT).
- / Єдиний доступний тест для оцінки пресинаптичної втрати дофамінергічних нейронів, що робить його корисним для первинної діагностики.
- / Якщо є підозра щодо паркінсонізму судинного походження (особливо якщо є клінічні фактори ризику або односторонні відхилення на DaT скануванні), МРТ буде корисною для оцінки наявності іпсилатерального (*з цієї ж сторони) інфаркту.
- / МРТ або навіть ФДГ ПЕТ/КТ можуть використовуватися разом із DaT скануванням при спробі диференційної діагностики деменцій.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

**Площинні та SPECT
дослідження**

/ Сканування DaT

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ | FDG PET Scan

/ Ядерна Медицина

Покази:

- / Забезпечує оцінку споживання глюкози і, в основному, використовується для виявлення злоякісних новоутворень
- / Онкологія - стадіювання та рестадіювання злоякісних новоутворень, визначення метаболічної активності раку, моніторинг ефективності терапії, виявлення рецидиву пухлин та планування променевої терапії
- / Запалення/інфекції - лихоманка невідомого походження та васкуліти
- / Неврологія - деменція та локалізація вогнищ судомних нападів
- / Кардіологія - інфекції та запалення серця, оцінка гібернації міокарда

ФДГ ПЕТ/КТ: Настанова EANM з візуалізації пухлин: версія 2.0, 2015 р.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ

Основні тези

Література

Тестування

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ

Основні тези

Література

Тестування

Радіофармпрепарат:

- / Маркована фтором-18 фтордезоксиглюкоза (ФДГ | FDG), аналог глюкози
- / Отримання з циклотронів
- / Напіврозпад 110 хв.
- / ФДГ метаболізується до ФДГ-6-фосфату. ФДГ потрапляє в клітини через GLUT-носії, подібно до глюкози, але накопичується внутрішньоклітинно після початкового фосфорилування, оскільки не може метаболізуватися далі. Чим вища метаболічна активність клітин, тим вище поглинання ФДГ. Злоякісні клітини мають підвищену активність GLUT і гексокінази

Шлях введення: внутрішньовенно

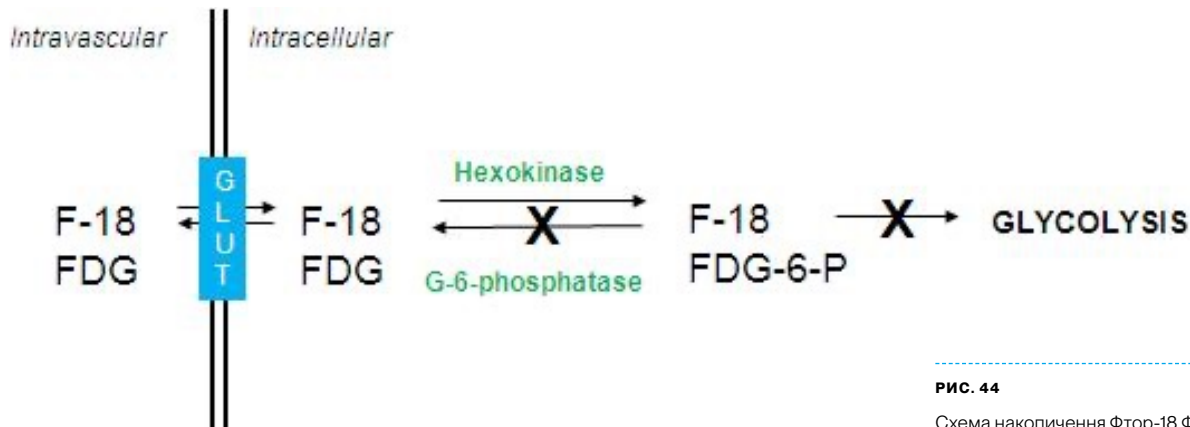


РИС. 44

Схема накопичення Фтор-18 ФДГ в клітинах

Отримання зображень:

- / Не їсти 4-6 год. до сканування - оптимізація рівнів глюкози та інсуліну
- / Відміна інтенсивних фізичних навантажень за 24 год. до сканування - зменшення поглинання ФДГ м'язами
- / Пацієнтам слід відпочивати від 30 хв. до 1 год. – зменшення поглинання ФДГ м'язами
- / Пацієнтам слід випорожнитися перед початком візуалізації - зниження концентрації ФДГ в сечовому міхурі
- / Візуалізація виконується через 60 хв. після введення радіофармпрепарату
- / Зображення отримують в залежності від клінічного сценарію; або все тіло (від склепіння до стоп) або тулуба (від склепіння/основи черепа до середини стегон)
- / Поєднується з низькодозовою КТ для корекції затухання та анатомічної локалізації

ФДГ ПЕТ/КТ: Настанова EANM з візуалізації пухлин: версія 2.0, 2015 р.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ

Основні тези

Література

Тестування

Глюкоза крові та інсулін

- / Глюкоза і ФДГ активно транспортуються в клітини, тому рівень глюкози в крові впливає на поглинання ФДГ.
- / Високий рівень глюкози в крові призведе до зниження накопичення ФДГ.
- / Важливо, щоб рівень глюкози в крові був у межах норми перед введенням $[^{18}\text{F}]\text{ФДГ}$.
- / Пацієнти повинні не їсти впродовж 4-6 год. перед проведенням ФДГ ПЕТ-сканування.
- / Підготовка хворих на цукровий діабет є складною і залежить від типу медикаментозного лікування, а також від того чи приймають вони інсулін.
- / Перед візуалізацією необхідно детально зібрати анамнез щодо лікування діабету.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ

Основні тези

Література

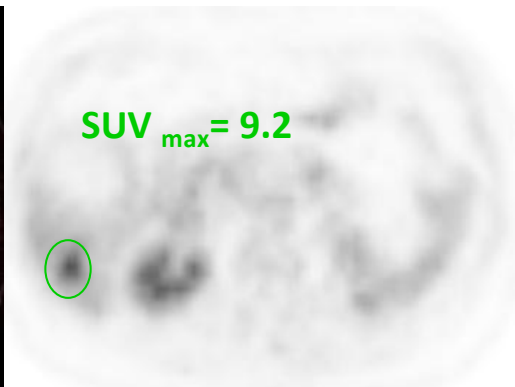
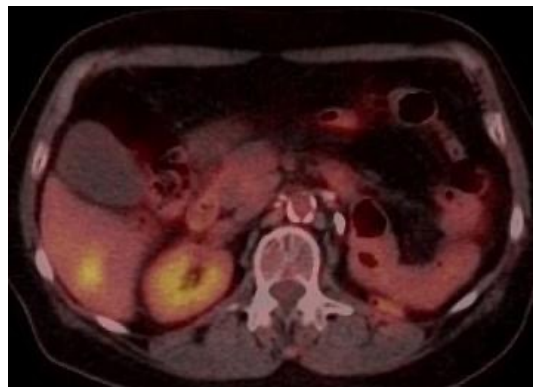
Тестування

SUV:

/ Стандартизоване значення поглинання (standardized uptake value, SUV) - це напівкількісний показник, який використовується для кількісної оцінки активності при ПЕТ/КТ дослідженнях

/ Для оцінки ураження використовується максимальна SUV області інтересу (SUVmax), яку можна порівняти з фоновою активністю в нормальних тканинах (Н: печінка або пул крові в середостінні).

$$SUV = \frac{\text{виміряна активність накопичення}}{\text{введена активність/вага пацієнта} \times 1000}$$



Зелене коло демонструє зону зацікавлення, намальовану навколо вогнища, з інтенсивним поглинанням ФДГ в печінці і дозволяє проводити вимірювання SUV.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ

Основні тези

Література

Тестування

РИС. 45

Аксіальні поєднані та ПЕТ зображення з [¹⁸F]FDG ПЕТ/КТ

/ Ядерна
Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ

Основні тези

Література

Тестування

Чинники, що впливають на SUV	рівень глюкози в крові рівень інсуліну на момент ін'єкції проміжок часу між введенням ФДГ та скануванням
Високий SUV	більшість агресивних злоякісних новоутворень, інфекційні та запальні процеси
Низький SUV	окремі специфічні злоякісні пухлини (карцинома простати, гепатоцелюлярна карцинома, частина аденокарцином легень, нейроендокринні пухлини) та певні гістологічні підтипи (високодифернційовані, слизопродукуючі/лобулярні пухлини), пухлини менших розмірів (зокрема, менше 6 мм)

ТАБЛИЦЯ 10

SUV

Приклад нормальних зображень

Нормальний фізіологічний розподіл

- / **Мозок:** інтенсивне накопичення ФДГ, оскільки глюкоза є основним субстратом для метаболізму.
- / **Сечовивідні шляхи (нирки, сечоводи та сечовий міхур):** висока активність, оскільки шлях виведення - нірки.
- / **Міокард:** варіабельний і залежить від рівня інсуліну/глюкози та стану пацієнта натще (низький після голодування). Міокард зазвичай віддає перевагу жирним кислотам для свого метаболізму.
- / **Шлунково-кишковий тракт:** варіабельне накопичення, дифузне від низького до помірного є нормальним. Метформін може підвищувати поглинання ФДГ.
- / **Печінка:** низьке/помірне, дифузне гомогенне поглинання.
- / **Слинні залози, мигдалики, щитоподібна залоза:** низьке та помірне симетричне поглинання.
- / **М'язи:** поглинання ФДГ зазвичай низьке. Накопичення ФДГ у м'язах може збільшуватися після фізичних навантажень і при підвищеному рівні інсуліну.
- / **Бурий жир:** метаболічно активна жирова тканина, зазвичай розташована в надключичних, пахвових, прихребтових ділянках та середостінні, помітна, якщо пацієнт мерзне, частіше у молодих пацієнтів.

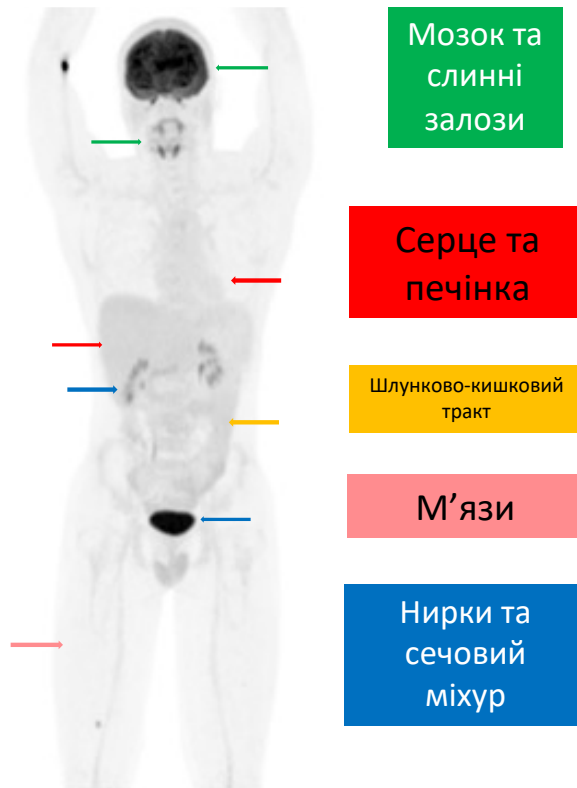


РИС. 46

Проекція максимальних інтенсивностей ПЕТ з [^{18}F]FDG

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: карцинома легені з метастатичним ураженням кісток

Чоловік, 82 р. КТ грудної клітки з солітарним легеневим вузлом

Променистий вузол у верхівці лівої легені (зелена стрілка) демонструє підвищену активність (SUV-max 6.3). Крім того, у 8-му ребрі праворуч активне літичне ураження на користь метастазу (жовта стрілка). Активної лімфаденопатії не знайдено.

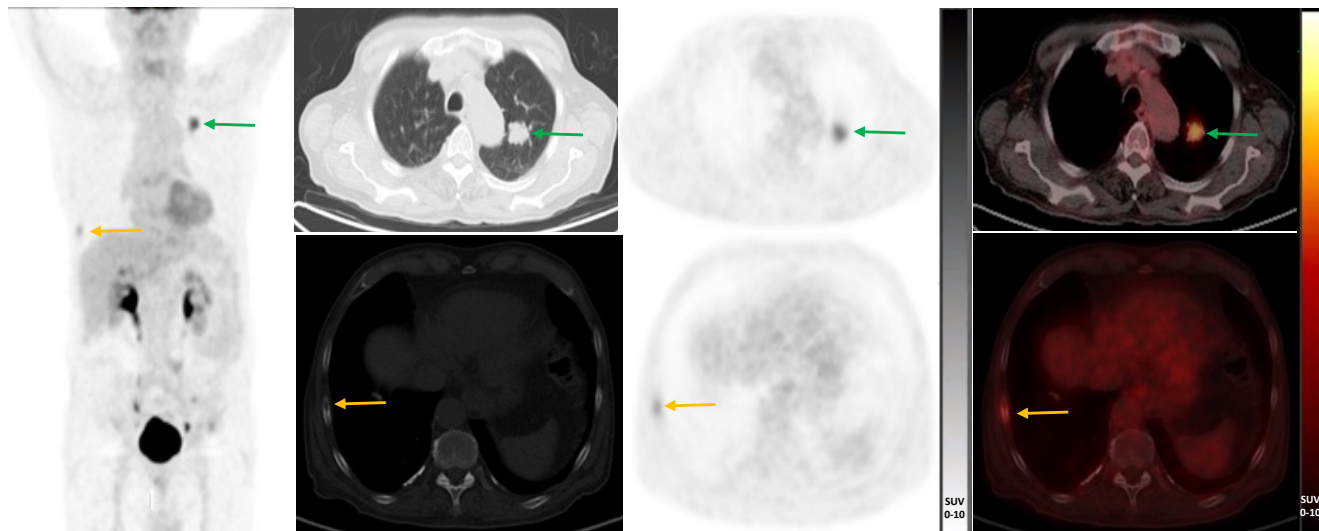


РИС. 47

ПЕТ/КТ з [18 F]FDG

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: дифузна великоклітинна В-клітинна лімфома

Проекція максимальних інтенсивностей демонструє множинні осередки інтенсивного накопичення, що відповідають активній лімфаденопатії вище та нижче діафрагми (жовта стрілка). На аксіальних зображеннях видно ураження паратрахеальних, преваскулярних внутрішньогрудних, пахвових, парааортальних та брижових лімфатичних вузлів.

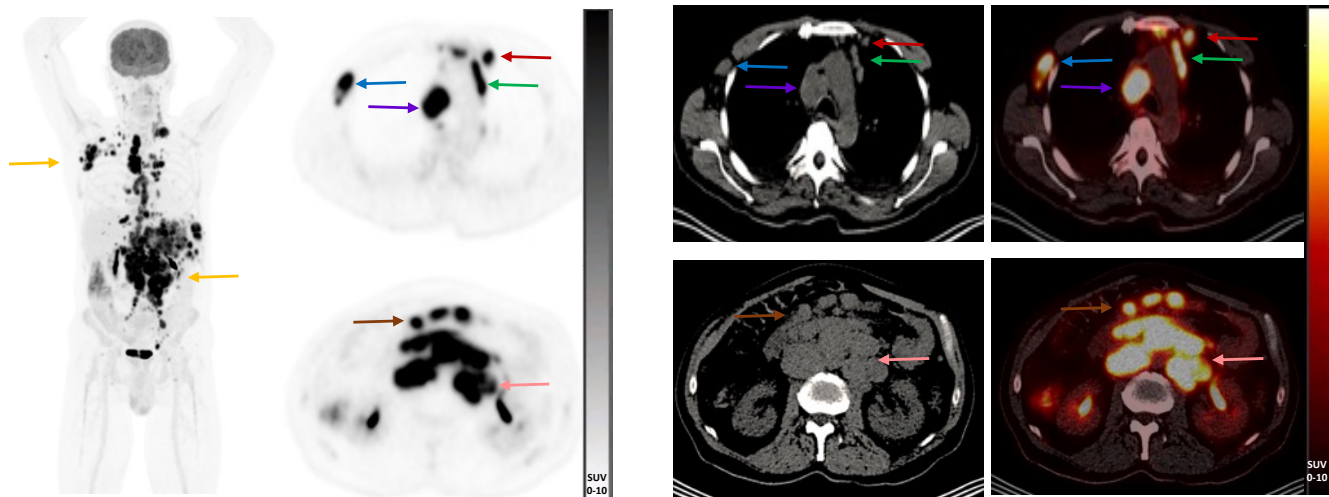


РИС. 48

ПЕТ/КТ з [18 F]FDG

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: негоджкінська лімфома до та після 6-ти циклів хіміотерапії

Зображення ліворуч демонструє множинні вогнища, що відповідають множинним метаболічно активним лімфатичним вузлам у шиї зліва (червона стрілка) та середостінні (зелена стрілка), які зникають на наступних знімках праворуч, після 6 циклу хіміотерапії.

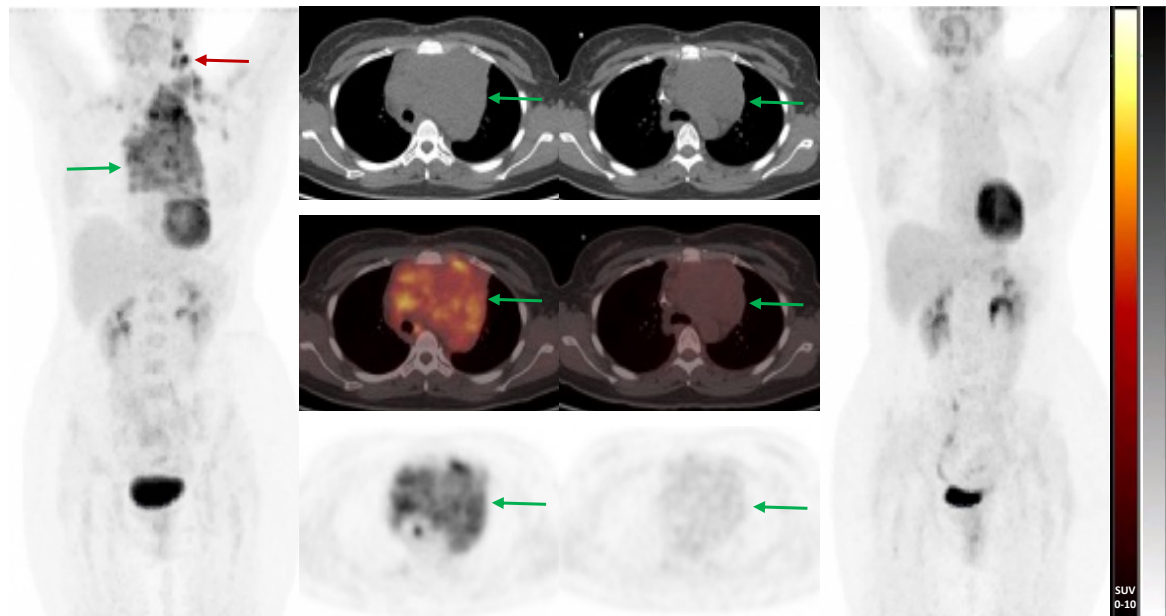


РИС. 49
ПЕТ/КТ з
[¹⁸F]FDG

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ

Основні тези

Література

Тестування

Шкала Дювіль | Deauville scale

- / 5-ти ступенева шкала

/ Використовується для початкового стадіювання та оцінки відповіді на лікування лімфоми Годжкіна та деяких негоджкінських лімфом, включаючи дифузну великоклітинну В-клітинну лімфому.
- / Візуальна оцінка ступеня поглинання [18F] ФДГ порівняно з двома референтними точками: медіастинального пулу крові (пулу крові середостіння) та печінкою.

Шкала:

1	Відсутність поглинання, тобто не відрізняється від фонового рівня, або відсутність залишкового поглинання
2	Поглинання $\leq$ медіастинального пулу крові (mediastinal blood pool, MBP)
3	Поглинання $>$ MBP $\leq$ печінки
4	Поглинання помірно вище, ніж у печінці
5	Поглинання значно більше, ніж печінка та/або нові ураження

ТАБЛИЦЯ 11
Шкала Дювіль

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

- Вступ
- Принципи візуалізації в ядерній медицині
- Площинні та SPECT дослідження
- ПЕТ візуалізація**
- / ПЕТ з ФДГ
- Основні тези
- Література
- Тестування

ПЕРЕВАГИ

Анатомічна та функціональна візуалізація в рамках одного дослідження (однак компонент КТ є низькодозовим дослідженням, порівняно зі стандартною КТ візуалізацією)

Виявляє метастатичні захворювання, які були б пропущені при звичайній КТ/МРТ, що має вирішальне значення для прийняття рішень щодо тактики лікування

НЕДОЛІКИ

Хибнопозитивні результати при онкологічних скануваннях: інфекційно-запальні процеси та саркоїдоподібна реакція при злоякісних пухлинах, активність сечоводу, що імітує лімфатичні вузли

Хибнонегативні результати: певні гістології (низький ступінь злоякісності, некротичні або слизопродукуючі пухлини, деякі карциноми, такі як рак передміхурової залози, гепатоцелюлярна карцинома), невеликі пухлини

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ФДГ

Основні тези

Література

Тестування

ТАБЛИЦЯ 12

Переваги та недоліки ПЕТ/КТ з ФДГ

/ ПЕТ з ПСМА | PSMA PET Scan

Покази:

- / Стадіювання раку передміхурової залози високого ризику перед простатектомією
- / При виявленні ПСА після простатектомії (у разі стійкого підвищення рівня ПСА $\geq 0,2$ нг/мл) для оцінки залишкового або іншого прихованого захворювання, яке не було знайдено до операції
- / Локалізація захворювання при біохімічному рецидиві після радикальної простатектомії та радикальної променевої терапії, за умови, якщо це вплине на подальші рішення щодо ведення пацієнта.
- / Відбір пацієнтів для радіонуклідної терапії з PSMA, міченого лютецієм-177, при метастатичному кастраційно-резистентному раку передміхурової залози

Шлях введення: внутрішньовенно

Радіофармпрепарат:

- / Простат-специфічний мембранний антиген (Prostate-specific membrane antigen, PSMA) - трансмембранний глікопротеїн, який експресується на поверхні клітин у нормальній тканині передміхурової залози.
- / Експресія PSMA підвищена при раку передміхурової залози, особливо в пухлинах вищих ступенів градації.
- / PSMA можна маркувати галієм-68 (Ga68), який є випромінювачем позитронів. Існують альтернативні радіоактивні мітки, такі як фтор-18, якими можна мітити PSMA з одержанням схожого біорозподілу, але з різницею в спорідненості та шаблонах неспецифічного поглинання.
- / Продукт елюації з генератора германію-68 (68Ge)/68Ga
- / Напіврозпад 68 хв.

Отримання зображень:

- / Візуалізація виконується приблизно через 45-75 хв. після введення радіофармпрепарату.
- / ПЕТ зображення збирають в напрямку від тазу до голови, щоб мінімізувати похибки корекції КТ/МРТ та ПЕТ компонентів дослідження через наповнення сечового міхура за час візуалізації.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ПСМА

Основні тези

Література

Тестування

ПЕТ з ^{68}Ga PSMA – нормальний розподіл

Нормальний фізіологічний розподіл обумовлений експресією PSMA тканинами і шляхом виведенням радіофармпрепарату

- / **Слинні залози:** фізіологічне поглинання, пов'язане з експресією PSMA.
- / **Печінка та селезінка:** помірне, дифузне гомогенне поглинання.
- / **Підшлункова залоза та петлі тонкої кишки,** особливо дванадцятипалої кишки: підвищене накопичення радіофармпрепарату, експресія PSMA для захоплення фолатів з їжею.
- / **Сечовивідні шляхи (нирки, сечоводи та сечовий міхур):** висока активність, оскільки шлях виведення – з сечею.

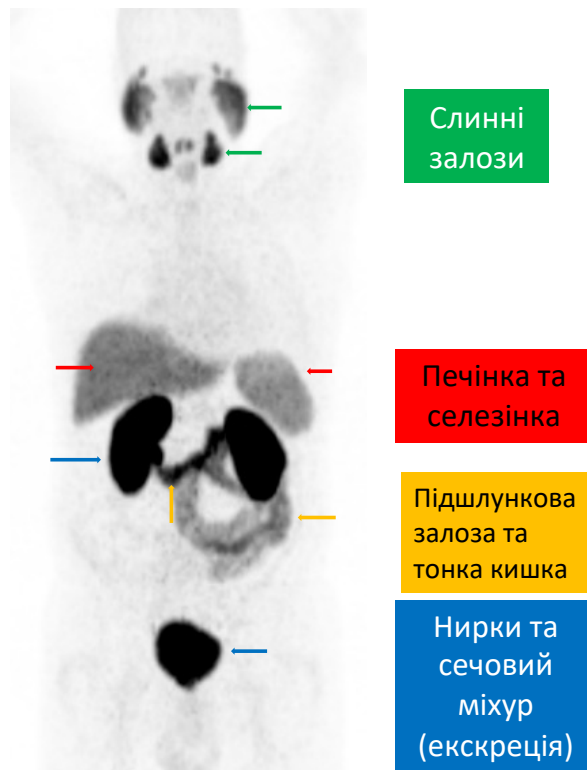


РИС. 50

Проекція максимальних інтенсивностей ПЕТ з ^{68}Ga PSMA-11

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ПСМА

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: рецидив раку передміхурової залози з метастазами в лімфатичні вузли та кістки

Чоловік, 76 р. Підвищення ПСА до 129 після попередньої променевої терапії раку простати.

PSMA-активне ураження в передміхуровій залозі (зелена стрілка) з невеликими метастазами в праві пахові та тазові лімфатичні вузли (фіолетова стрілка), а також множинними кістковими метастазами (жовта стрілка).

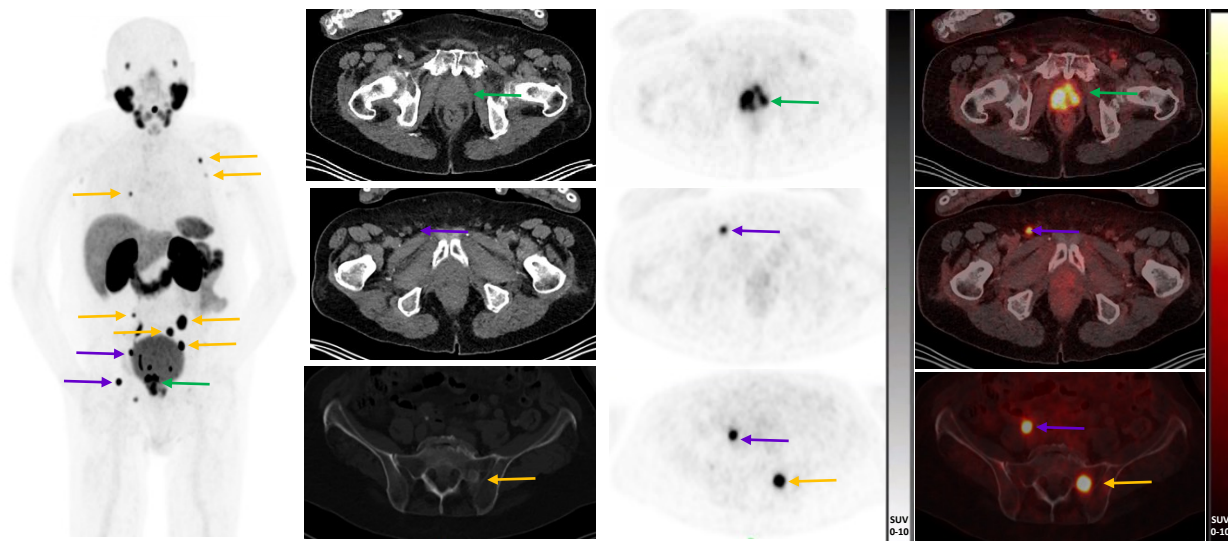


РИС. 51

ПЕТ/КТ з [^{68}Ga]Ga-PSMA-11

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ПСМА

Основні тези

Література

Тестування

Переваги тесту в порівнянні з іншими методами візуалізації:

MPT органів малого тазу перевершує інші методи візуалізації у локальному та регіональному стадіюванні раку передміхурової залози.

[68Ga]Ga- ПСМА ПЕТ/КТ (PSMA PET Scan) дозволяє провести комплексну оцінку метастатичного ураження простати, лімфатичних вузлів, м'яких тканин і кісток. Висока чутливість ПЕТ з PSMA дозволяє ідентифікувати ураження меншого розміру, порівняно з конвенційною візуалізацією.

Інші радіофармацевтичні препарати для ПЕТ візуалізації раку передміхурової залози включають флуцикловін і радіоактивно маркований холін (фтор-18 або вуглець-11). Дані свідчать про те, що ПЕТ з PSMA має вищу діагностичну ефективність порівняно з вищезазначеними препаратами.

Хибнонегативний: 10% карцином простати можуть бути PSMA-негативним

Хибнопозитивні результати:

- / Інфекція/запальний процес, Н: простатит
- / Кісткові ураження, Н: перелом, хвороба Педжета, фіброзна дисплазія
- / Доброякісні пухлини, Н: аденома наднирників
- / Інші злоякісні пухлини, що експресують PSMA, Н: рак грудної залози, легень, товстої кишки

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з ПСМА

Основні тези

Література

Тестування

/ ПЕТ з DOTATATE

Покази:

- / Нейроендокринні пухлини: локалізація первинної пухлини та виявлення метастазування (стадіювання)
- / Подальша візуалізація для виявлення залишкових, рецидивних або прогресуючих уражень (рестадіювання)
- / Відбір пацієнтів для проведення радіонуклідної терапії з пептидними рецепторами соматостатину
- / Також використовується для виявлення феохромоцитом, парагангліом, нейробластом та менінгіом.

Методичні рекомендації для ПЕТ/КТ візуалізації пухлин за допомогою 68Ga-DOTA-кон'югованих пептидів: 68Ga-DOTA-TOC, 68Ga-DOTA-NOC, 68Ga-DOTA-TATE, 2010

Шлях введення: внутрішньовенний

Радіофармпрепарат:

- / Рецептори соматостатину (SSTRs) присутні на поверхні нейроендокринних клітин
- / DOTATATE - аналог соматостатину, зв'язується з SSTR другого типу
- / DOTATATE маркують галієм-68.
- / Інші препарати включають DOTATOC і DOTANOC, які мають спорідненість до різних типів рецепторів соматостатину.

Отримання зображень:

- / Візуалізація проводиться приблизно через 45-60 хв. після введення радіофармпрепарату.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з DOTATATE

Основні тези

Література

Тестування

Нормальні зображення

Нормальний фізіологічний розподіл

Пов'язаний зі зв'язуванням пептиду зі специфічними рецепторами та неспецифічним засвоєнням пептиду тканинами.

- / **Селезінка:** Найвища інтенсивність фізіологічного поглинання, експресія SSTR
- / **Нирки:** клубочкова фільтрація, часткова реабсорбція у проксимальних звивистих каналах, що призводить до високої активності у збиральній системі та сечовому міхурі, зберігається активність у нирковій паренхімі
- / **Гіпофіз, щитоподібна та надниркові залози:** експресія SSTR
- / **Печінка:** помірне, дифузне гомогенне поглинання
- / **Слинні залози:** експресія SSTR
- / **ШКТ:** варіабельне фізіологічне поглинання радіофармацевтичних препаратів



РИС. 52

Проекція
максимальних
інтенсивностей
ПЕТ з $[^{68}\text{Ga}]$
Ga- DOTATATE

Гіпофіз

Щитоподібна
залоза

Печінка
та
селезінка

Кишка

Наднирники

Нирки та
сечовий
міхур

Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з DOTATATE

Основні тези

Література

Тестування

Випадок: нейроендокринна пухлина підшлункової залози

Чоловік, 42 р. На КТ та МРТ - пухлинне ураження в підшлунковій залозі.

Утвір шийки підшлункової залози, що демонструє периферичне артеріальне підсилення та осередок низької щільності/кістозний компонент в центрі (жовта стрілка). Утвір демонструє дифузне інтенсивне підвищене поглинання DOTATATE, що відповідає нейроендокринній пухлині (зелена стрілка).

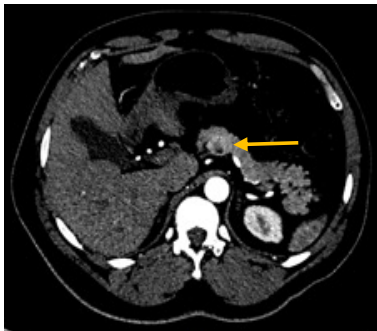


РИС. 53

Аксіальна КТ після контрастування

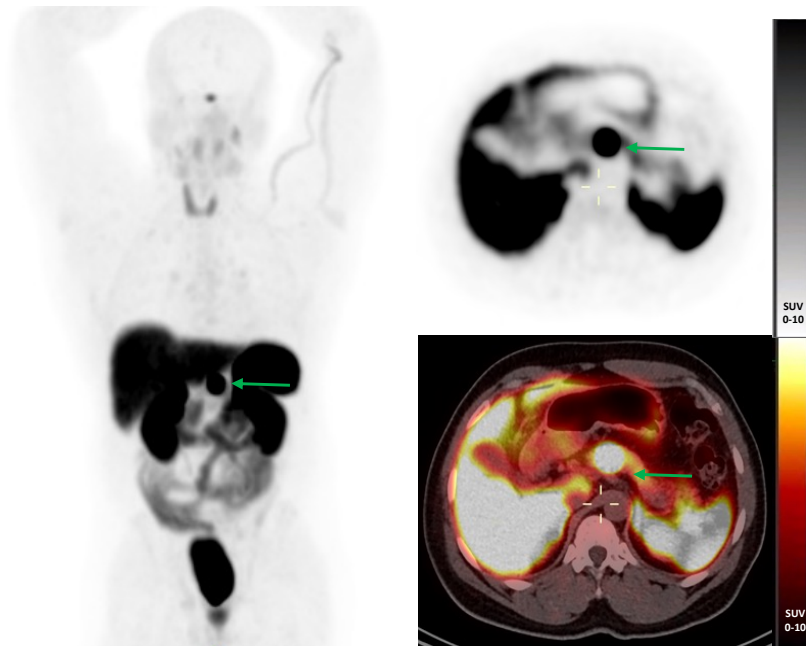


РИС. 54

ПЕТ з $[^{68}\text{Ga}]\text{Ga-DOTATATE}$

Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

/ ПЕТ з DOTATATE

Основні тези

Література

Тестування

Переваги дослідження в порівнянні з іншими методами візуалізації

/ Численні дослідження показали, що $[^{68}\text{Ga}]$ Ga-DOTATATE ПЕТ/КТ є більш точною, ніж конвенційна візуалізація, зокрема і SPECT/КТ з октреотидом та КТ з контрастною речовиною, в діагностиці добре- та помірно диференційованих нейроендокринних пухлин.

/ Більшість нейроендокринних пухлин мають низьке поглинання на ПЕТ/КТ з $[^{18}\text{F}]$ ФДГ. Вона використовується для стадіювання або рестадіювання (включаючи передопераційну оцінку) обраних пацієнтів з низькодиференційованими та недиференційованими злоякісними нейроендокринними пухлинами.

CHAPTER OUTLINE:

Introduction

Nuclear Medicine
Imaging Principles

Planar and SPECT
Studies

PET Studies

/ DOTATATE PET Scan

Take-Home Messages

References

Test Your Knowledge

/ Основні тези

- / Ядерна медицина - це спеціальність, яка дозволяє отримувати функціональну оцінку додатково до анатомічної інформації, що забезпечується іншими методами візуалізації.
- / Радіофармацевтичний препарат поєднує в собі радіонуклід і фармацевтичну речовину, що дозволяє цілеспрямовано маркувати різні органи і фізіологічні процеси.
- / Три основні методи візуалізації, що використовуються в ядерній медицині, - це площинна сцинтиграфія (planar), ОФЕКТ (SPECT) та ПЕТ (PET).
- / SPECT та ПЕТ можна комбінувати з КТ/MPT для корекції затухання та анатомічної локалізації.
- / Технецій-99m - найпоширеніший радіофармпрепарат, що використовується в площинній та SPECT візуалізації.
- / Фтор-18 ФДГ є найбільш часто застосованим радіофармпрепаратом у ПЕТ візуалізації.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Література

- / Bajc M, Schümichen C, Grüning T, et al (2019). EANM guideline for ventilation/perfusion single-photon emission computed tomography (SPECT) for diagnosis of pulmonary embolism and beyond. Eur J Nucl Med Mol Imaging; 46: 2429–2451.
- / Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, et al (2015) FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. Eur J Nucl Med Mol Imaging. Feb;42(2):328–54.
- / Broski, S. M., Hunt, C. H., Johnson, G. B., Morreale, R. F., Lowe, V. J., & Peller, P. J. (2014). Structural and functional imaging in parkinsonian syndromes. Radiographics, 34(5), 1273-1292.
- / Deroncourt, P. R., Felder, G. J., Royal, H. D., Bhalla, S., Lang, J. A., Matesan, M. C., & Itani, M. (2021). Ventilation-perfusion scan: a primer for practicing radiologists. Radiographics, 41(7), 2047-2070.
- / Hofman, M. S., Hicks, R. J., Maurer, T., & Eiber, M. (2018). Prostate-specific membrane antigen PET: clinical utility in prostate cancer, normal patterns, pearls, and pitfalls. Radiographics, 38(1), 200-217.
- / Hofman, M. S., Lau, W. E., & Hicks, R. J. (2015). Somatostatin receptor imaging with 68Ga DOTATATE PET/CT: clinical utility, normal patterns, pearls, and pitfalls in interpretation. Radiographics, 35(2), 500-516.
- / Lim, M. M. D., Gnerre, J., & Gerard, P. (2018). Mechanisms of uptake of common radiopharmaceuticals radiographics fundamentals| online presentation. Radiographics, 38(5), 1550-1551.
- / Panda, A., Homb, A. C., Krumm, P., Nikolaou, K., Huang, S. S., Jaber, W., ... & Rajiah, P. S. (2022). Cardiac Nuclear Medicine: Techniques, Applications, and Imaging Findings. RadioGraphics, 43(1), e220027.
- / Salerno, M., & Beller, G. A. (2009). Noninvasive assessment of myocardial perfusion. Circulation: Cardiovascular Imaging, 2(5), 412-424.
- / Virgolini, I., Ambrosini, V.; Bomanji, J.B.; Baum, R.P.; Fanti, S.; Gabriel, M.; Papathanasiou, N.D.; Pepe, G.; Oyen, W.; De Cristoforo, C.; et al (2010) Procedure guidelines for PET/CT tumour imaging with 68Ga-DOTAconjugated peptides: 68Ga-DOTA-TOC, 68Ga-DOTA-NOC, 68Ga-DOTATATE. Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging, 37, 2004–2010.
- / Wallitt, K., Yusuf, S., Soneji, N., Khan, S. R., Win, Z., & Barwick, T. D. (2018). PET/CT in oncologic imaging of nodal disease: pearls and pitfalls: RadioGraphics fundamentals| online presentation. Radiographics, 38(2), 564–56

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

/ Тестування

<?> ПИТАННЯ

1

Який тип випромінювання використовується в площинній та SPECT візуалізації?

- ☐ Альфа випромінювання
- ☐ Х-променеве (рентгенівське) випромінювання
- ☐ Ультрафіолетове
- ☐ Гамма випромінювання

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

1

Який тип випромінювання використовується в площинній та SPECT візуалізації?

- ☐ Альфа випромінювання
- ☐ X-променеве (рентгенівське) випромінювання
- ☐ Ультрафіолетове
- ☒ Гамма випромінювання

Площинна та SPECT візуалізація використовує гамма випромінювання. Альфа випромінювання використовується в радіотерапії та деяких видах радіонуклідної терапії. X-промені використовуються для звичайних радіологічних методів візуалізації, включаючи рентгенографію, рентгеноскопію і КТ. Ультрафіолет не відіграє жодної ролі в радіологічній візуалізації.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ПИТАННЯ

2

Який період напіврозпаду Технецію-99m?

- ☐ 110 хвилин
- ☐ 6 годин
- ☐ 68 хвилин
- ☐ 8 діб

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

/ Ядерна Медицина

<?> ВІДПОВІДЬ

2

Який період напіврозпаду Технецію-99m?

- ☐ 110 хвилин
- ☒ 6 годин
- ☐ 68 хвилин
- ☐ 8 діб

Період напіврозпаду Технецію-99m становить 6 годин. Це робить його хорошим радіофармацевтичним препаратом, оскільки він достатньо довгий для транспортування, але не надто довгий, щоб пацієнт залишався радіоактивним впродовж тривалого періоду часу.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

/ Ядерна Медицина

<?> ПИТАННЯ

3 Технецій-99m використовується для оцінки метастазування в кістки. При якому з перерахованих нижче видів раку [^{99m}Tc]Tc- HDP використовується для оцінки метастазування в кістках?

- ☐ Передміхурової залози
- ☐ Легені
- ☐ Нирки
- ☐ Щитоподібної залози

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

PET візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

3

Технецій-99m використовується для оцінки метастазування в кістки. При якому з перерахованих нижче видів раку [^{99m}Tc]Tc- HDP використовується для оцінки метастазування в кістках?

- ☒ Передміхурової залози
- ☒ Легені
- ☐ Нирки
- ☐ Щитоподібної залози

[^{99m}Tc]Tc- HDP корисний при остеобластичних метастазах, таких як метастази з простати та грудної залози (можуть бути і змішаними). Літичні/остеокластичні метастази в кістках не є добре помітними з цим радіофармпрепаратом і можуть навіть виглядати як фотопенічні ділянки.

/ Ядерна
Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медициніПлощинні та SPECT
дослідження

PET візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ПИТАННЯ

4

Пацієнтка, 36 років, має клінічні та біохімічні симптоми гіпертиреозу. В рамках обстеження їй було проведено сканування щитоподібної залози з $[^{99m}\text{Tc}]\text{Tc}$ -пертехнетатом (див. Рисунок 56 нижче). Який стан демонструє це дослідження?

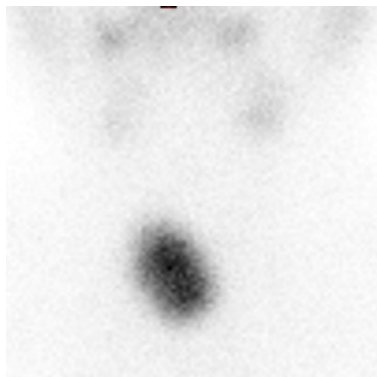


Рис. 55

Сканування щитоподібної залози з $[^{99m}\text{Tc}]\text{Tc}$

- ☐ Хвороба Грейвса
- ☐ Токсичний багатовузловий зоб
- ☐ Автономний токсичний вузол
- ☐ Підгострий тиреоїдит

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

/ Ядерна
Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медициніПлощинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

4

Пацієнтка, 36 років, має клінічні та біохімічні симптоми гіпертиреозу. В рамках обстеження їй було проведено сканування щитоподібної залози з $[^{99m}\text{Tc}]\text{Tc}$ -пертехнетатом (див. Рисунок 56 нижче). Який стан демонструє це дослідження?

- ☐ Хвороба Грейвса
- ☐ Токсичний багатовузловий зоб
- ☒ Автономний токсичний вузол
- ☐ Підгострий тиреоїдит

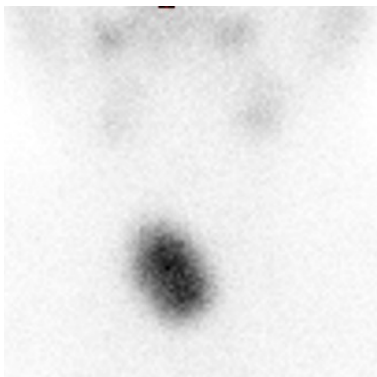


РИС 55

Сканування щитоподібної
залози з $[^{99m}\text{Tc}]\text{Tc}$

/ Тестування

<?> ПИТАННЯ

5

Що з наступного є показом до проведення сканування нирок з DMSA?

- ☐ Оцінка рубців в нирках
- ☐ Оцінка розрахункового рівня швидкості клубочкової фільтрації
- ☐ Виявлення обструкції нирок
- ☐ Кортикомедулярна диференціація

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

5

Що з наступного є показом до проведення сканування нирок з DMSA?

- ☒ Оцінка рубців в нирках
- ☐ Оцінка розрахункового рівня швидкості клубочкової фільтрації
- ☐ Виявлення обструкції нирок
- ☐ Кортикомедулярна диференціація

Сканування з DMSA дозволяє виявити осередкові аномалії ниркової паренхіми, включаючи оцінку ниркового рубцювання. [^{99m}Tc]Tc-DTPA використовується для розрахунку швидкості клубочкової фільтрації. Ренограма з MAG3 відіграє вирішальну роль у підтвердженні ниркової обструкції поряд з іншими методами візуалізації, такими як УЗД та КТ. УЗД, КТ та МРТ демонструють анатомію, зокрема і кортикомедулярну диференціацію нирок.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ПИТАННЯ

6

Доза опромінення тканини грудних залоз матері є вищою при КТА порівняно з V/Q скануванням.

- ☐ вірно
- ☐ хибно

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

6

Доза опромінення тканини грудних залоз матері є вищою при КТА порівняно з V/Q скануванням.

☒ вірно

☐ хибно

Як правило, доза опромінення тканин грудних залоз матері є вищою при КТА порівняно з V/Q скануванням; дози для плода є однаковими.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

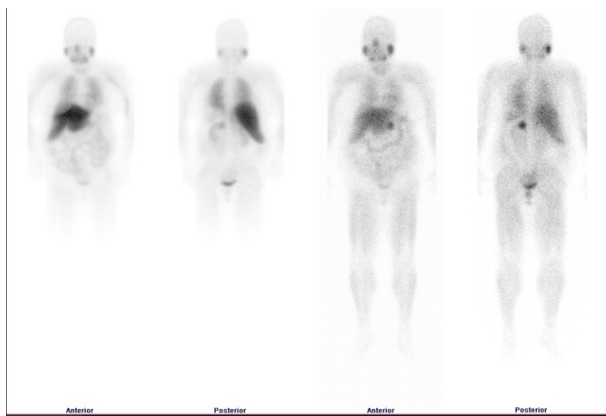
Основні тези

Література

Тестування

<?> ПИТАННЯ

7 На Рисунку 56 зображена
феохромоцитома лівого наднирника.
Яке дослідження ядерної медицини
виконано на цих зображеннях?



- ☐ $[^{68}\text{Ga}]\text{Ga}$ - ПСМА
- ☐ $[^{18}\text{F}]\text{ФДГ}$
- ☐ $[^{123}\text{I}]\text{I}$ - MIBG
- ☐ $[^{99\text{m}}\text{Tc}]\text{Tc}$ - пертехнетат

РИС. 56

Дослідження

/ Тестування

/ Ядерна
Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медициніПлощинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

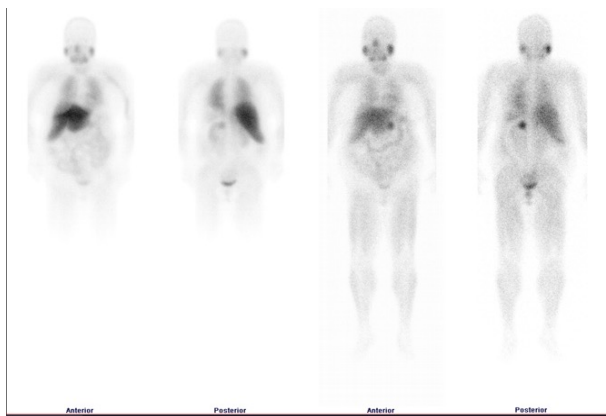
Основні тези

Література

Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

7 На Рисунку 56 зображена
феохромоцитома лівого наднирника.
Яке дослідження ядерної медицини
виконано на цих зображеннях?



- ☐ $[^{68}\text{Ga}]\text{Ga}$ - ПСМА
- ☐ $[^{18}\text{F}]\text{ФДГ}$
- ☒ $[^{123}\text{I}]\text{I}$ - MIBG
- ☐ $[^{99\text{m}}\text{Tc}]\text{Tc}$ - пертехнетат

На Рисунку 57 представлені зображення скану з $[^{123}\text{I}]\text{I}$ - MIBG. $[^{68}\text{Ga}]\text{Ga}$ - ПСМА використовується для оцінки метастатичного раку простати. $[^{18}\text{F}]\text{ФДГ}$ широко використовується в онкології, нейрорадіології та кардіології. $[^{99\text{m}}\text{Tc}]\text{Tc}$ - пертехнетат використовується для сканування щитоподібної залози.

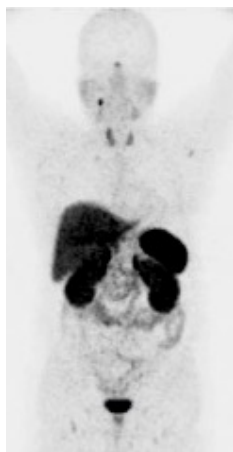
РИС 56

Дослідження

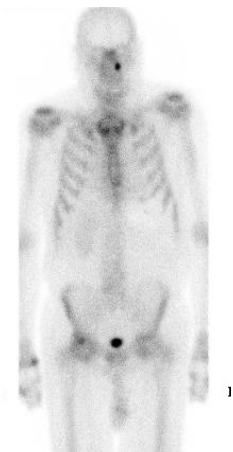
/ Тестування

<?> ПИТАННЯ

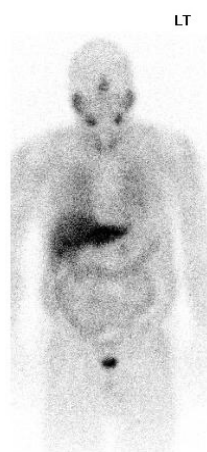
8 Яке із зображень представляє дослідження ФДГ ПЕТ?



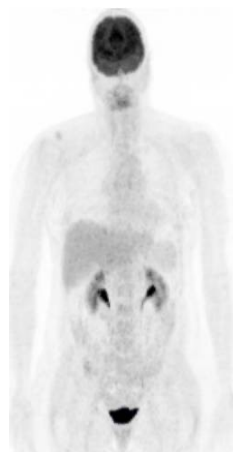
☐ A



☐ B



☐ C



☐ D

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

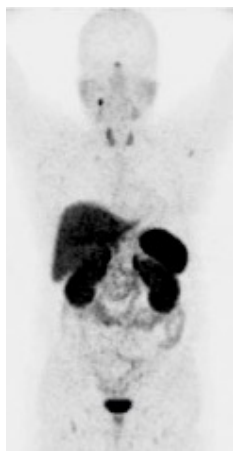
Основні тези

Література

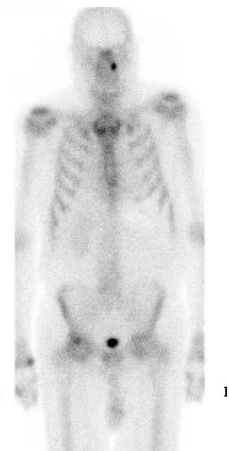
Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

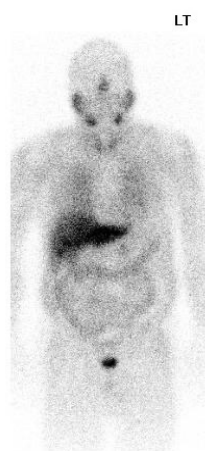
8 Яке із зображень представляє дослідження ФДГ ПЕТ?



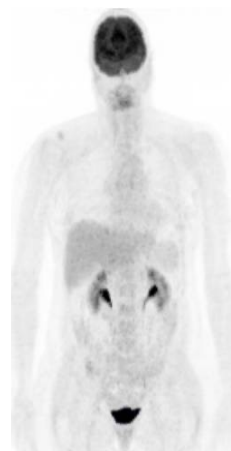
☐ ПЕТ з $[^{68}\text{Ga}]\text{Ga}$ -DOTATATE



☐ Сканування кісток
всього тіла з
 $[^{99\text{m}}\text{Tc}]\text{Tc}$ -HDP



☐ Сканування з
 $[^{123}\text{I}]\text{I}$ -MIBG



☒ ПЕТ з $[^{18}\text{F}]\text{ФДГ}$

/ Тестування

<?> ПИТАННЯ

9

Яким радіонуклідом мітять
PSMA для виявлення метастазів
при раку простати?

- ☐ Галій-68
- ☐ Рубідій- 82
- ☐ Йод-123
- ☐ Технецій-99m

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації
в ядерній медицині

Площинні та SPECT
дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

9

Яким радіонуклідом мітять PSMA для виявлення метастазів при раку простати?

- ☐ Галій-68
- ☐ Рубідій- 82
- ☐ Йод-123
- ☒ Технецій-99m

Рубідій-82 використовується для перфузійної візуалізації міокарда. Йод-123 широко використовується для візуалізації щитоподібної залози. Технецій-99m - найпоширеніший радіонуклід у площинній та SPECT візуалізації.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ПИТАННЯ

10 Який з наведених нижче органів демонструє нормальне фізіологічне накопичення при ПЕТ з DOTATATE?

- ☐ Мозок
- ☐ Серце
- ☐ Селезінка
- ☐ Підшлункова залоза

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

10 Який з наведених нижче органів демонструє нормальне фізіологічне накопичення при ПЕТ з DOTATATE?

- ☐ Мозок
- ☐ Серце
- ☒ Селезінка
- ☐ Підшлункова залоза

Нормальне фізіологічне поглинання при ПЕТ з DOTATATE пов'язане зі специфічним зв'язуванням з рецепторами та неспецифічним засвоєнням пептиду тканинами. Селезінка демонструє найвищу інтенсивність фізіологічного поглинання завдяки експресії SSTR. Інші органи з нормальним фізіологічним поглинанням включають нирки, гіпофіз, щитоподібну залозу, наднирники, печінку, слинні залози та ШКТ.

/ Ядерна Медицина

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Вступ

Принципи візуалізації в ядерній медицині

Площинні та SPECT дослідження

ПЕТ візуалізація

Основні тези

Література

Тестування

