

# Інноваційні методи візуалізаційної діагностики злоякісних новоутворень

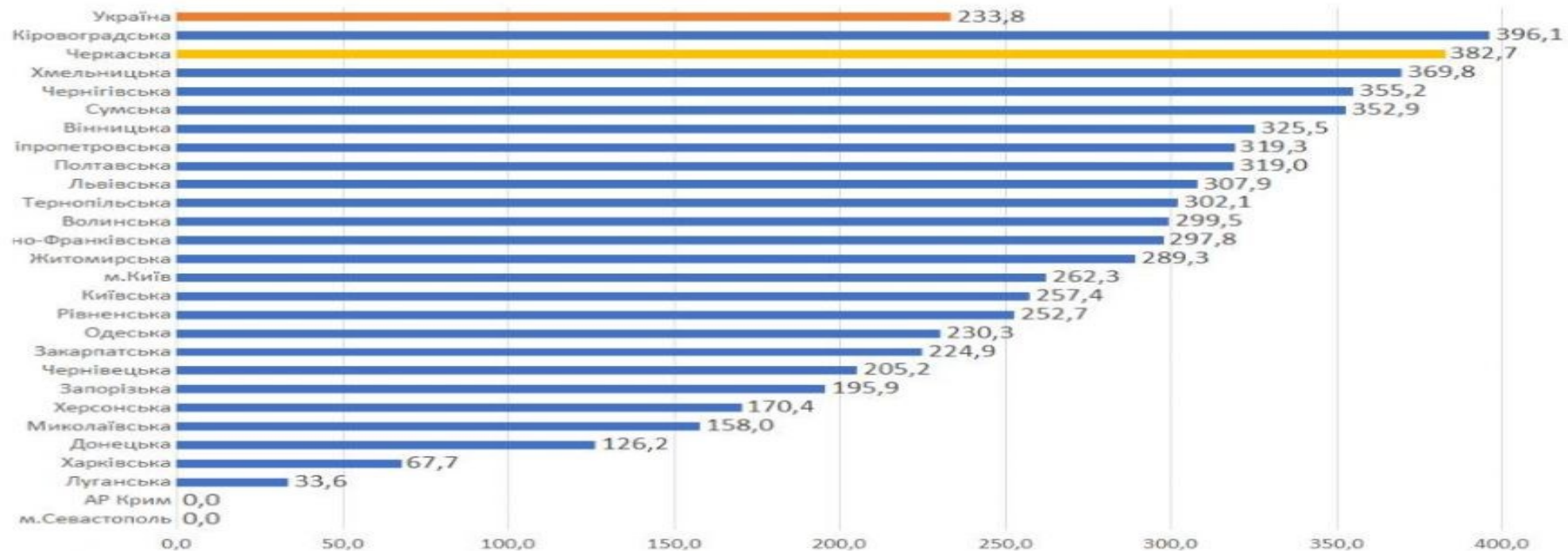
ЛЕКЦІЯ ДЛЯ АСПІРАНТІВ 1-ГО РОКУ НАВЧАННЯ

Викладач: д.мед.н., професор ЗВО  
**Лисенко С.А.**

# Чому це важливо?

- Онкологічні захворювання – одна з провідних причин смертності у світі.
- Рання та точна діагностика є ключем до успішного лікування.
- Потреба у неінвазивних, високочутливих та специфічних методах діагностики.

**Захворюваність на злоякісні новоутворення серед усього населення України, 2022 рік (на 100 тис. населення)**



# АКТУАЛЬНІСТЬ

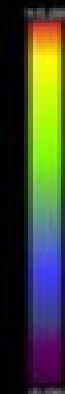
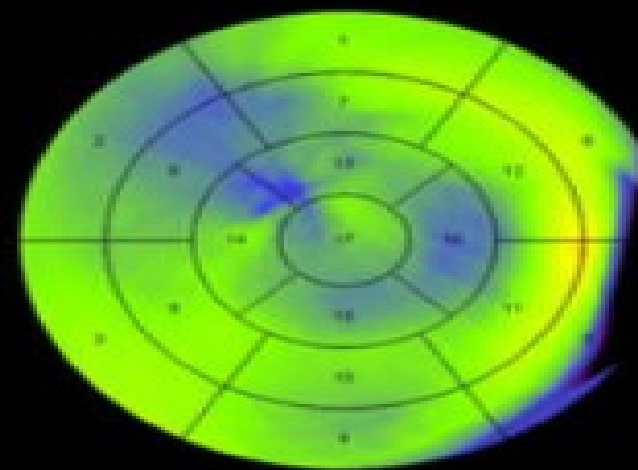
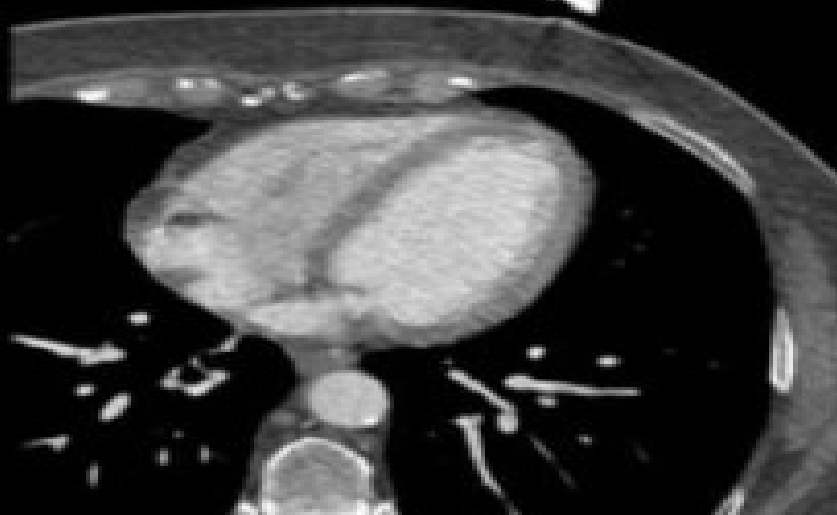
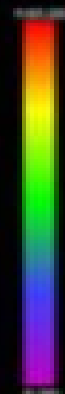
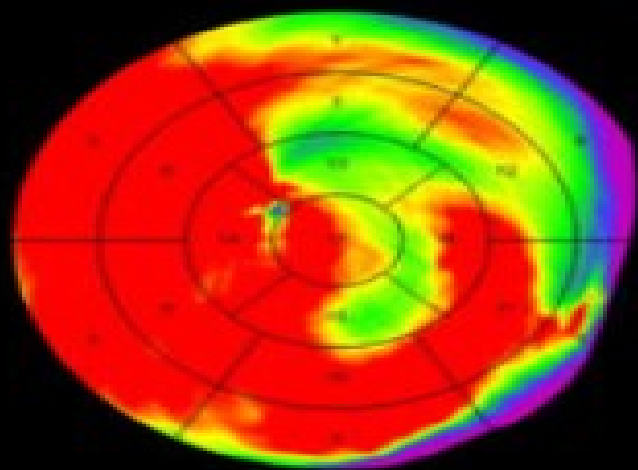
## Чому точна візуалізація важлива в онкології?

Точна, багатомодальна візуалізація забезпечує:

- 1 ранню діагностику пухлин;
- 2 коректне стадіювання й визначення локалізації первинного вогнища та метастазів;
- 3 вибір оптимальної терапевтичної тактики  
(хірургічна, променева, системна терапія);
- 4 моніторинг відповіді на лікування і раннє розпізнавання рецидиву;
- 5 неінвазивну характеристику біології пухлини  
(метаболізм, васкуляризація, клітинна щільність).

# Від класики до інновацій

Традиційні методи візуалізації



# Обмеження традиційних методів

## ▶ Проблеми:

- ▶ Анатомія vs Функція: Класичні методи показують *структуру*, але не *біологічну активність* пухлини.
- ▶ Складнощі у диференціації доброякісних та злоякісних утворень.

# Огляд методів

## Основні модальності, їх роль і класифікація

### Комп'ютерна томографія (КТ):

анатомічна деталізація, висока просторово-функціональна роздільна здатність для кісток і легень;  
контраст-посилення показує судинність;  
CT-perfusion для оцінки ангиогенезу.

### Магнітно-резонансна томографія (МРТ):

високий контраст м'яких тканин;  
послідовності T1/T2, DWI (ADC), DCE, MR-spectroscopy; whole-body MRI для безрадіаційного скринінгу.

### ПЕТ (позитронно-емісійна томографія):

метаболічна/молекулярна інформація (18F-FDG та спеціалізовані трасери: PSMA, FES, 68Ga-DOTATATE тощо).  
ПЕТ/КТ і ПЕТ/МР — гібридні системи.

### Інші методи:

- Ультразвук (УЗД) та еластографія: первинний скринінг, біопсія під контролем; оцінка жорсткості тканин.
- СПЕКТ: коли потрібні інші радіонуклідні дослідження.
- Радіоміка та AI: кількісні ознаки зображень та алгоритми для прогнозу відповіді/прогнозу.



# Комп'ютерна томографія (КТ): принцип і клінічні завдання

## КТ — швидке анатомічне дослідження з високою просторовою роздільною здатністю

- Покази: первинна оцінка органів грудної клітки, черевної порожнини, кісток; виявлення легких метастазів; планування хірургії; оцінка судинної інвазії.

### Контраст-підсилена КТ (СЕСТ):

дозволяє оцінити васкулярність пухлини, виявити некроз, межі ураження.

### СТ-perfusion (перфузія):

кількісні параметри (BF — кровотік, BV — кровонаповнення, PS — проникність) як маркери ангиогенезу; корисна при оцінці відповідей на антиангіогенні терапії.

# ІННОВАЦІЇ В КТ ТА МРТ

## Багатозрізова комп'ютерна томографія (МСКТ)

- ▶ Переваги: Висока швидкість сканування, 3D-реконструкції, КТ-ангіографія.



МІМ

ЗАПОРІЖЖЯ

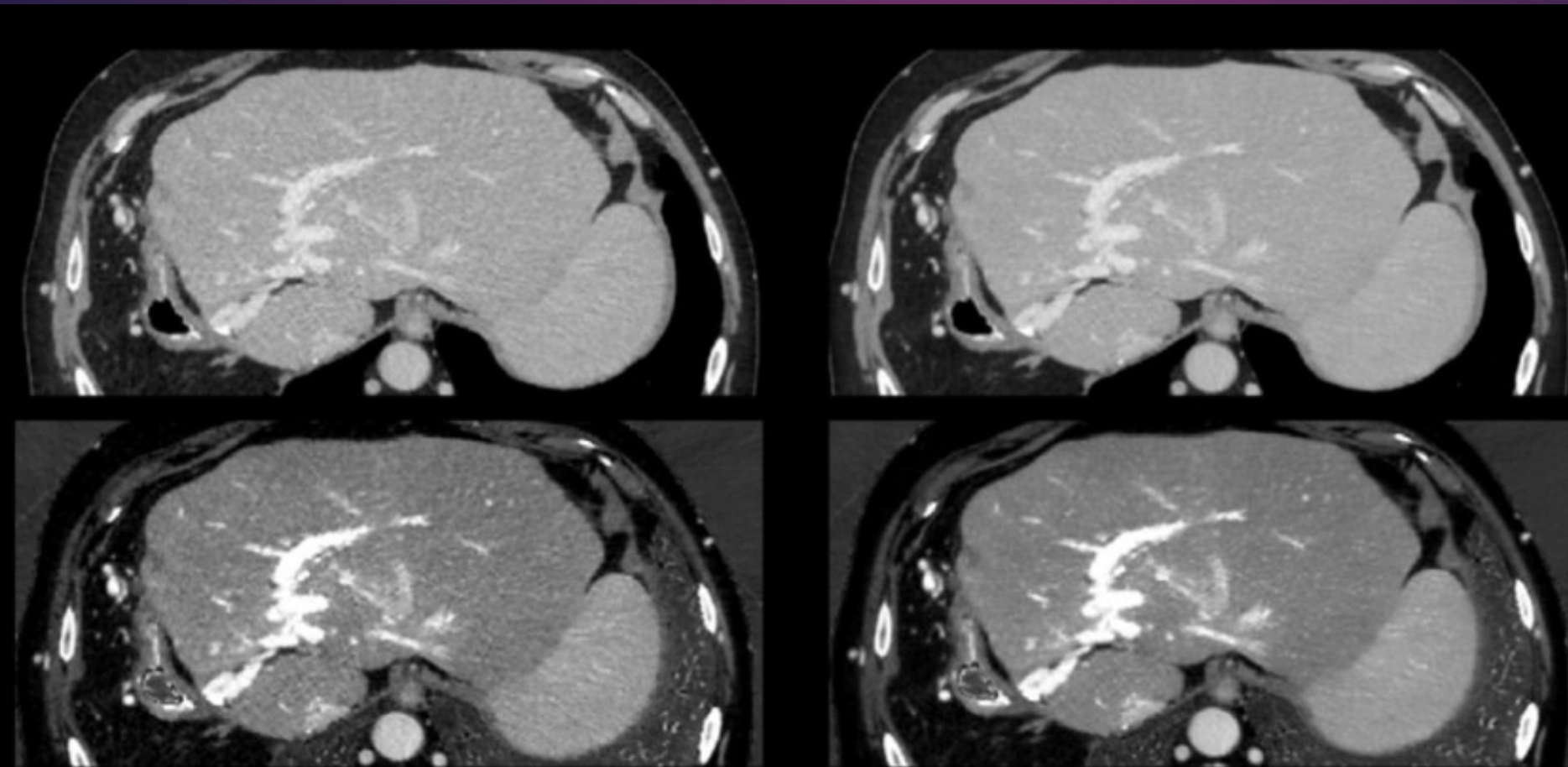
НА ЧАСІ

**3D-МОДЕЛЮВАННЯ В ОНКОЛОГІЇ**

ІННОВАЦІЇ ЗАПОРІЗЬКИХ ЛІКАРІВ

# Двохенергетична КТ (DECT)

- **Принцип:** Сканування на двох різних рівнях енергії.
- **Можливості:** Характеристика складу тканин, покращена візуалізація контрасту.



ASiR-V 50 %

TrueFidelity GSI Images

# МРТ: класичні і спеціальні послідовності

МРТ — високий контраст м'яких тканин і функціональні методи



## T1/T2 з контрастом

анатомічна характеристика, краще для м'якотканних пухлин, головного мозку, печінки.



## DWI (Diffusion-weighted imaging) та ADC

відображає рух водних молекул у тканинах; низький ADC — вища клітинна щільність → часто асоційоване з злоякісністю; корисний у диференціації доброякісних і злоякісних вузлів та при ранній оцінці відповіді на терапію.



## DCE-MRI

(динамічна контраст-послідовність): оцінка мікроваскулярної перфузії і проникності; застосовується в онко-мамалогії, гінекології, нейроонкології.



## MR-spectroscopy

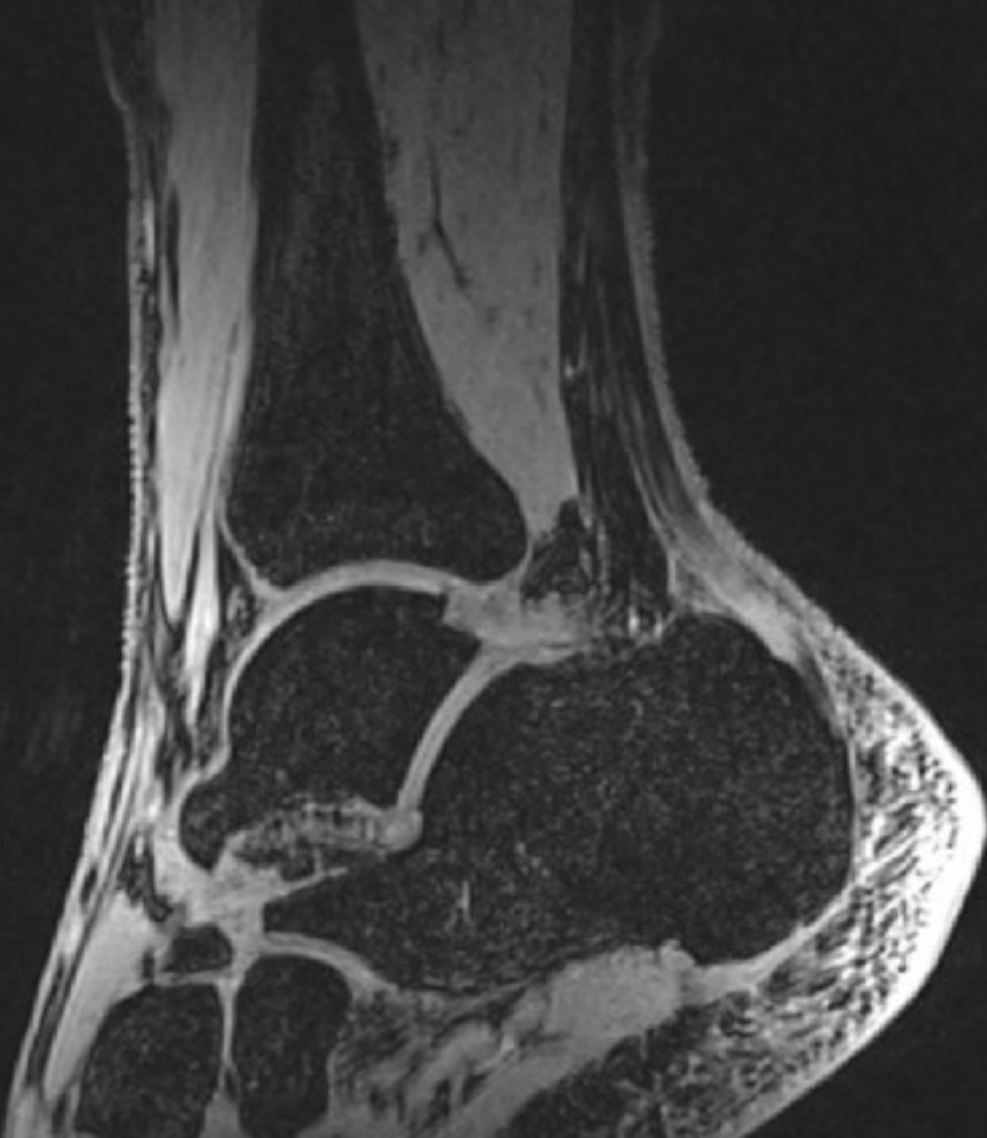
біохімічний аналіз тканини (наприклад, в мозкових пухлинах для виявлення холіна/ NAA).

**Whole-body MRI:** альтернатива з мінімальною променевою навантаженням для системного стадіювання в певних нозологіях.

# Високопольна МРТ (3 Тесла та 7 Тесла)

- ▶ Перехід до 3Т та 7Т для значно вищої просторової роздільної здатності.

A

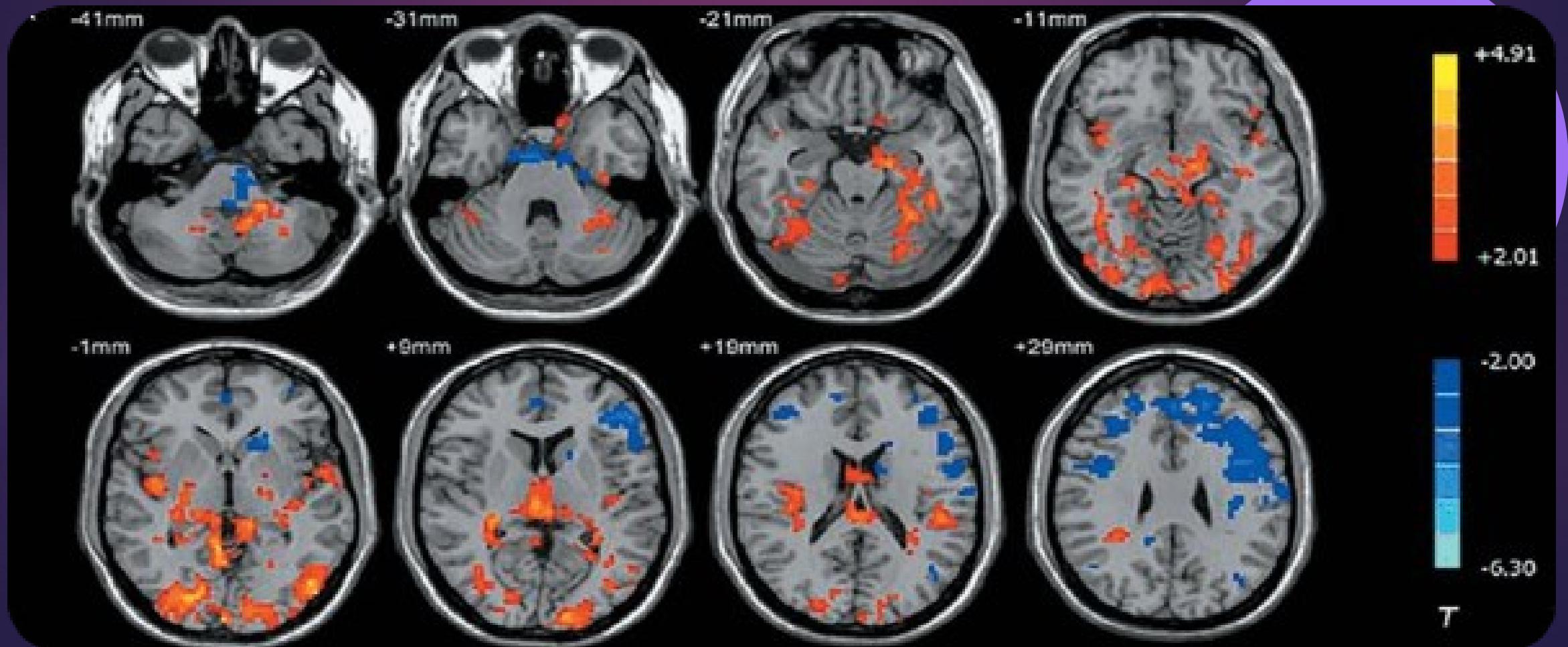


B



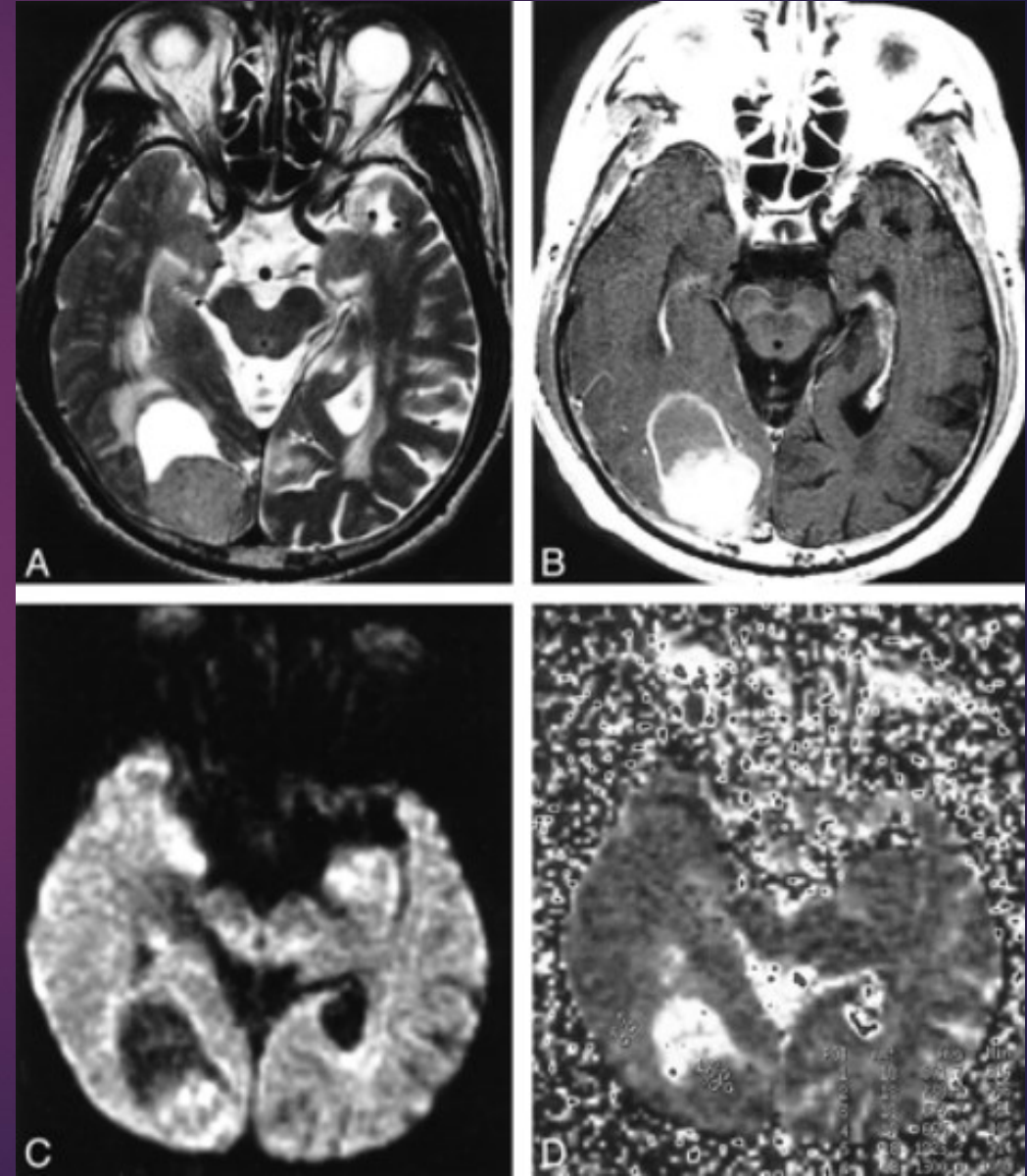
# Функціональна МРТ (фМРТ)

- ▶ BOLD-контраст для передхірургічного картування (збереження мовних, рухових зон при пухлинах мозку).



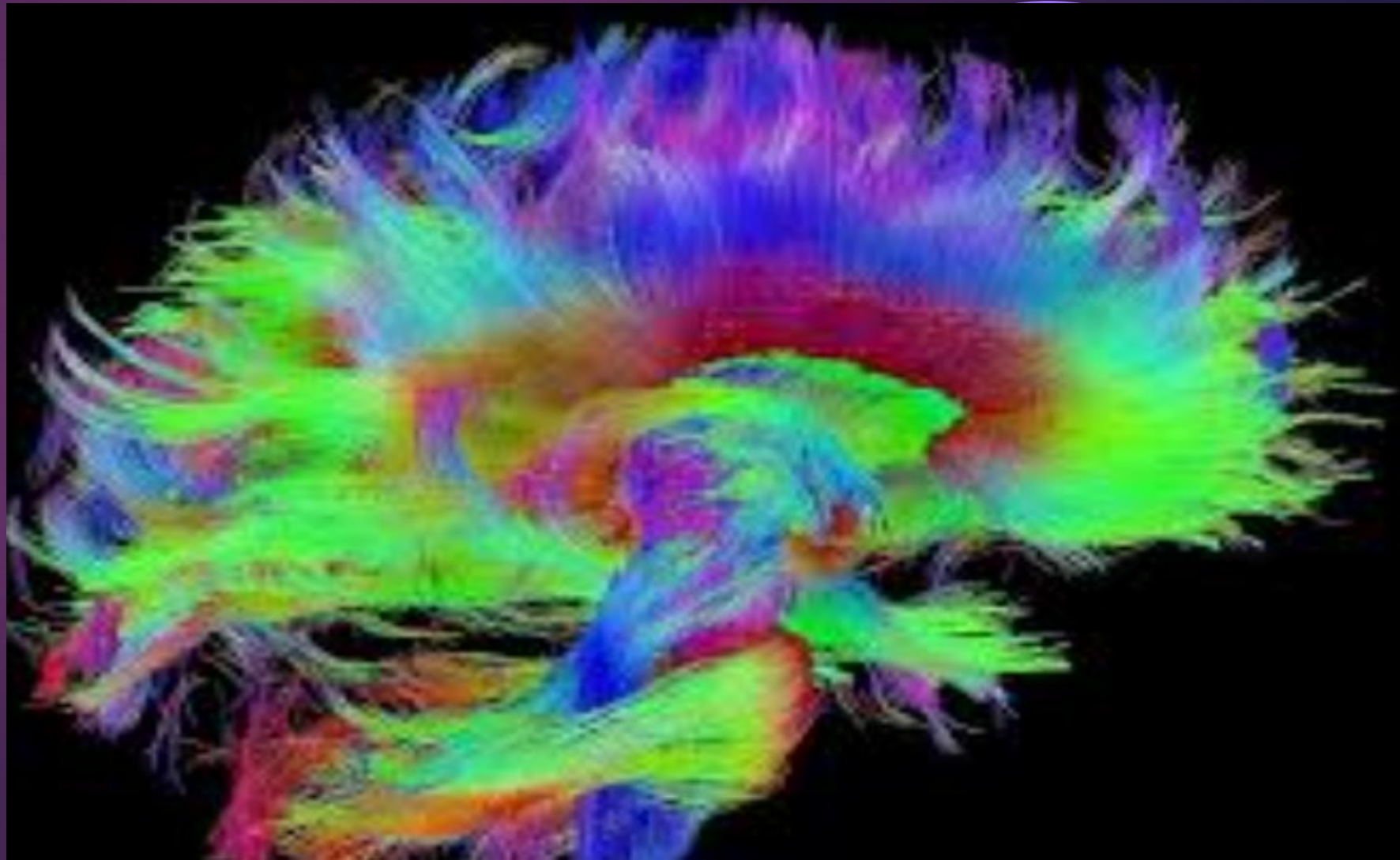
# Дифузійно-зважена МРТ (DWI)

- ▶ **Принцип:** У пухлинах з високою клітинністю дифузія води **обмежена**. Це проявляється як яскравий сигнал на DWI.



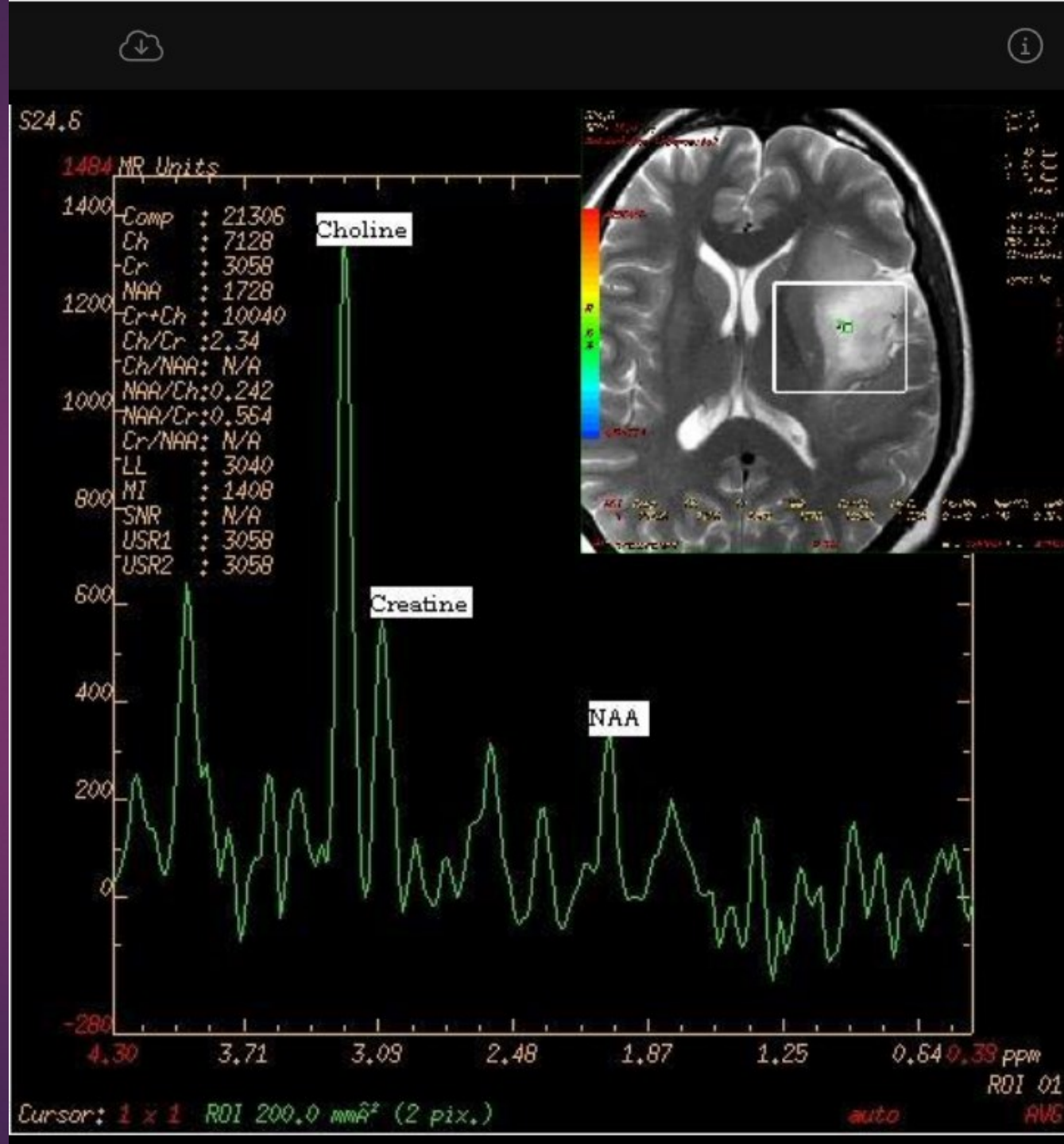
# МР-Перфузія (DCE/DSC)

- ▶ **Принцип:**
- ▶ Динамічне введення контрасту та оцінка неоангіогенезу.



# МР-Спектроскопія

- ▶ **Принцип:** Визначення хімічного складу (метаболітів). Маркери пухлини: підвищення Холіну, зниження N-ацетиласпартату.



# PET: принцип дії і 18F-FDG

## PET — молекулярна/метаболична візуалізація

1

### Принцип

ін'єкція радіоактивного трасера (наприклад, 18F-FDG) — реєстрація його накопичення у тканинах; FDG відображає підвищений вуглеводний обмін, типовий для багатьох злоякісних пухлин.

2

### Покази

стадіювання, визначення первинного вогнища при невідомому первинному раку, виявлення рецидиву, оцінка терапевтичної відповіді.

3

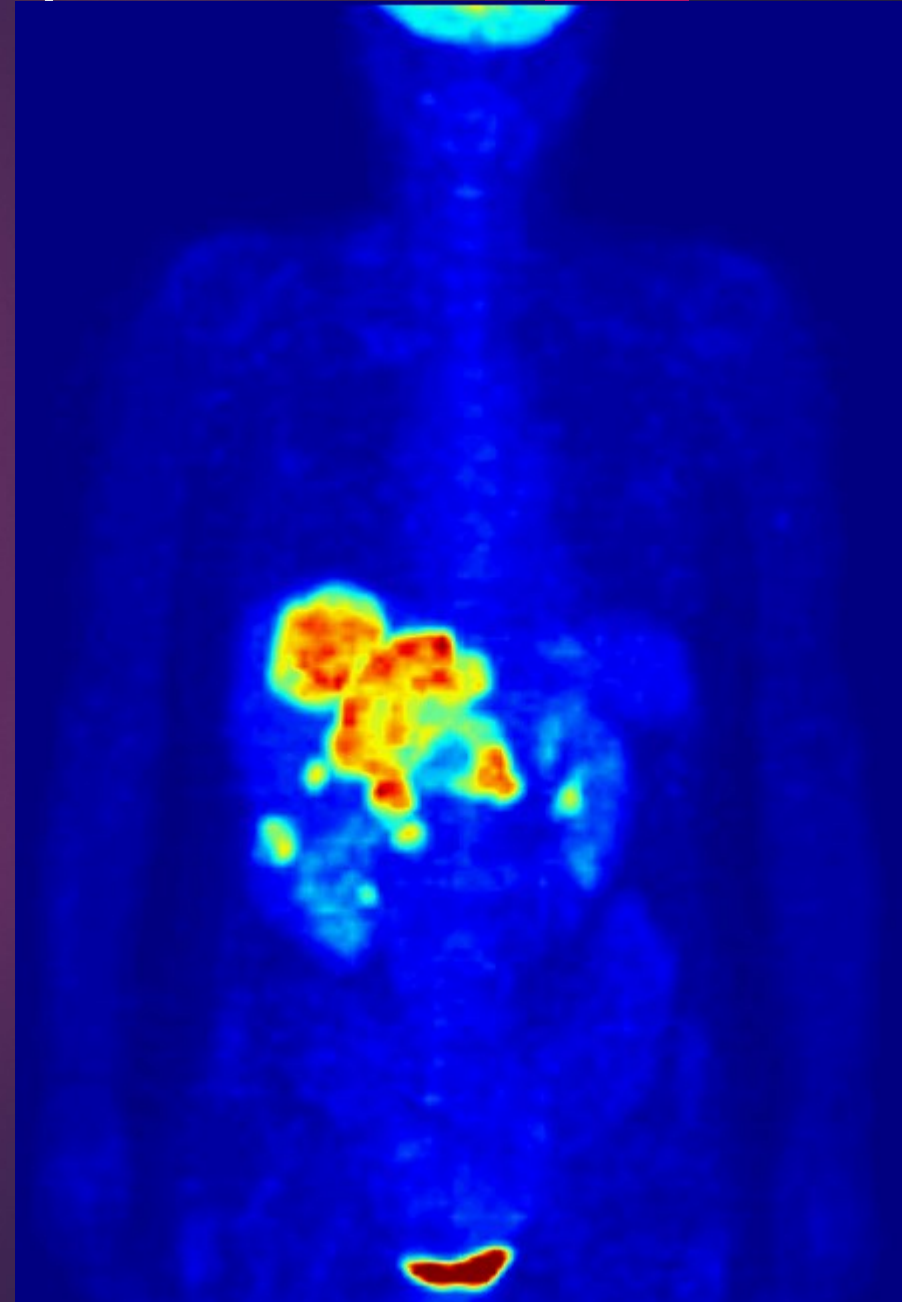
### Показник (SUV)

напівавтоматичний параметр накопичення трасера; залежить від технічних факторів, часу після ін'єкції і догляду за хворим.

# Молекулярна та гібридна візуалізація

## Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ)

- ▶ **Принцип:** Введення радіофармпрепарату (найчастіше  $^{18}\text{F}$ -ФДГ). Ракові клітини споживають більше глюкози і "свіяться".



# Гібридні технології: PET/CT vs PET/MR

## Переваги і недоліки гібридних систем

### PET/CT

швидке виконання, широка доступність, точна кореляція метаболічних даних із КТ-анатомією;

Недолік — променеве навантаження, обмежена контрастність м'яких тканин порівняно з МРТ.

### PET/MR

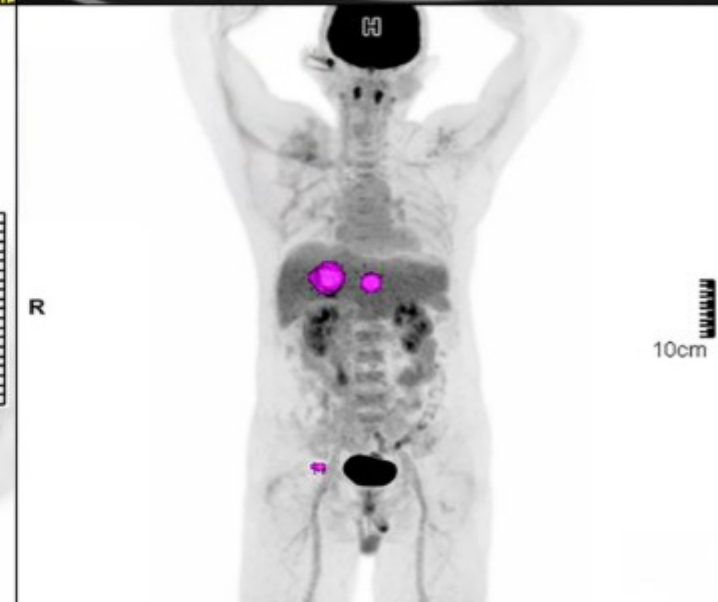
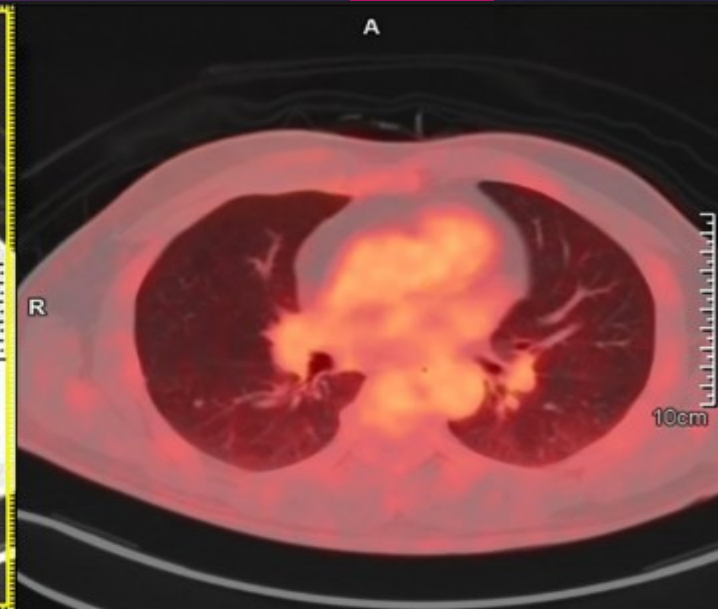
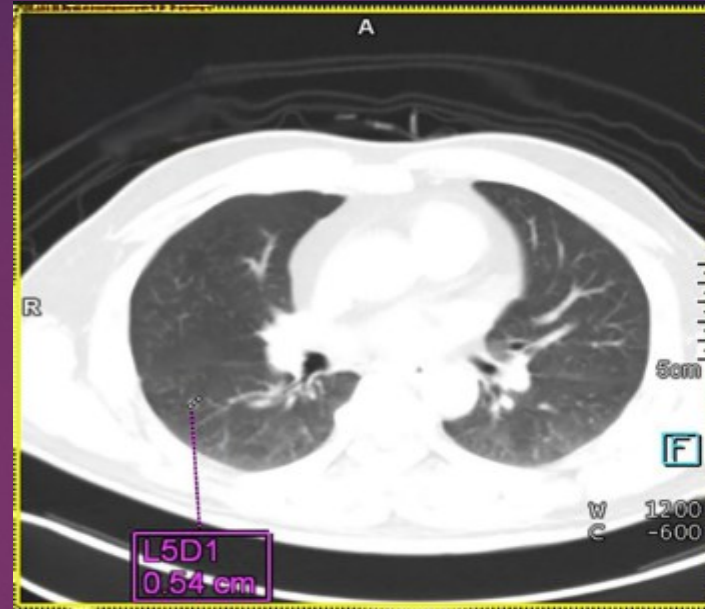
краща контрастність м'яких тканин, корисна в невроонкології, гінекології, печінці; дозволяє комбінацію PET-інформації з DWI/DCE;

Недолік — вища вартість, довше сканування, менша доступність.

У деяких нозологіях PET/MR показав вищу виявлюваність первинних пухлин чи кращу локальну оцінку.

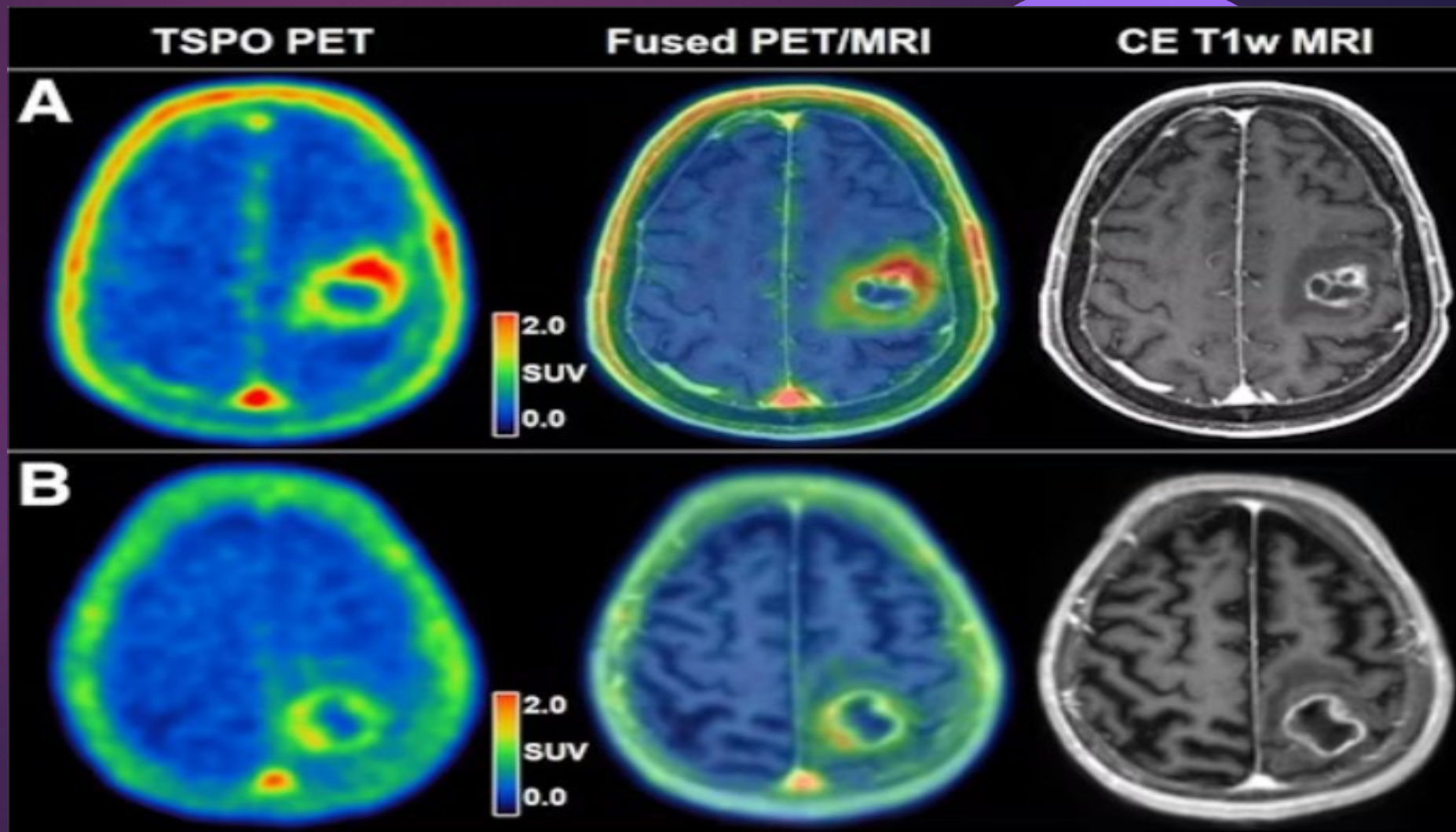
# Гібридний метод: ПЕТ/КТ

- ▶ **Інновація:** Поєднання ПЕТ (функція) та КТ (анатомія) в одному сканері.
- ▶ **Застосування:** Первинне стадіювання, оцінка відповіді на лікування.



# Гібридний метод: ПЕТ/МРТ

- ▶ **Переваги:**  
Найвища якість візуалізації м'яких тканин, мозку, малого тазу та відсутність променевого навантаження від КТ (критично для дітей)

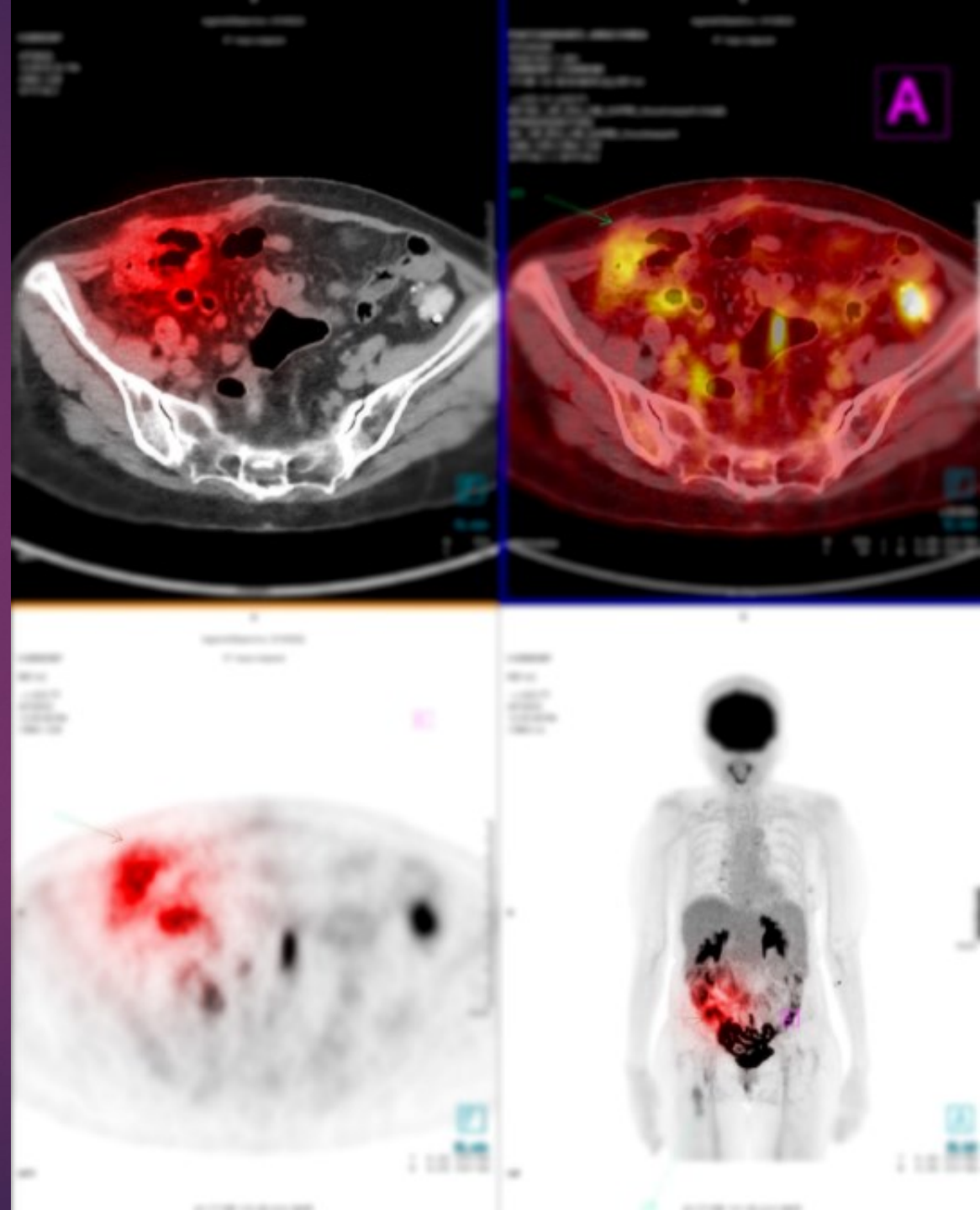


# Нові специфічні радіофармпрепарати (РФП)

## ► Інноваційні РФП:

-**PSMA**: Революція в діагностиці раку простати

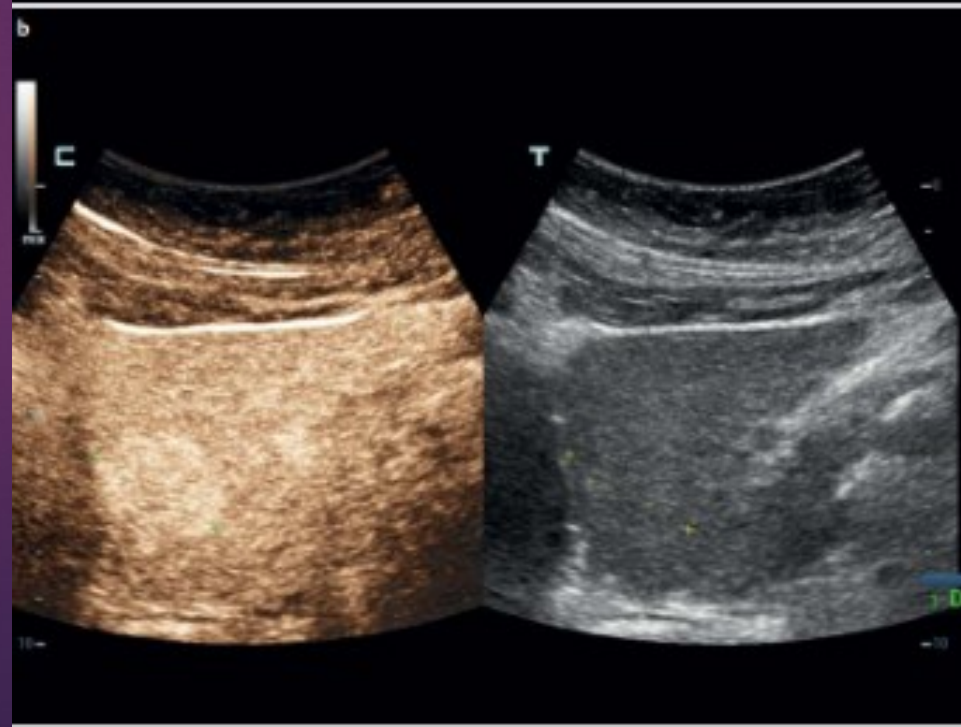
-**DOTATATE**: Для нейроендокринних пухлин



# Інновації в УЗД та оптиці

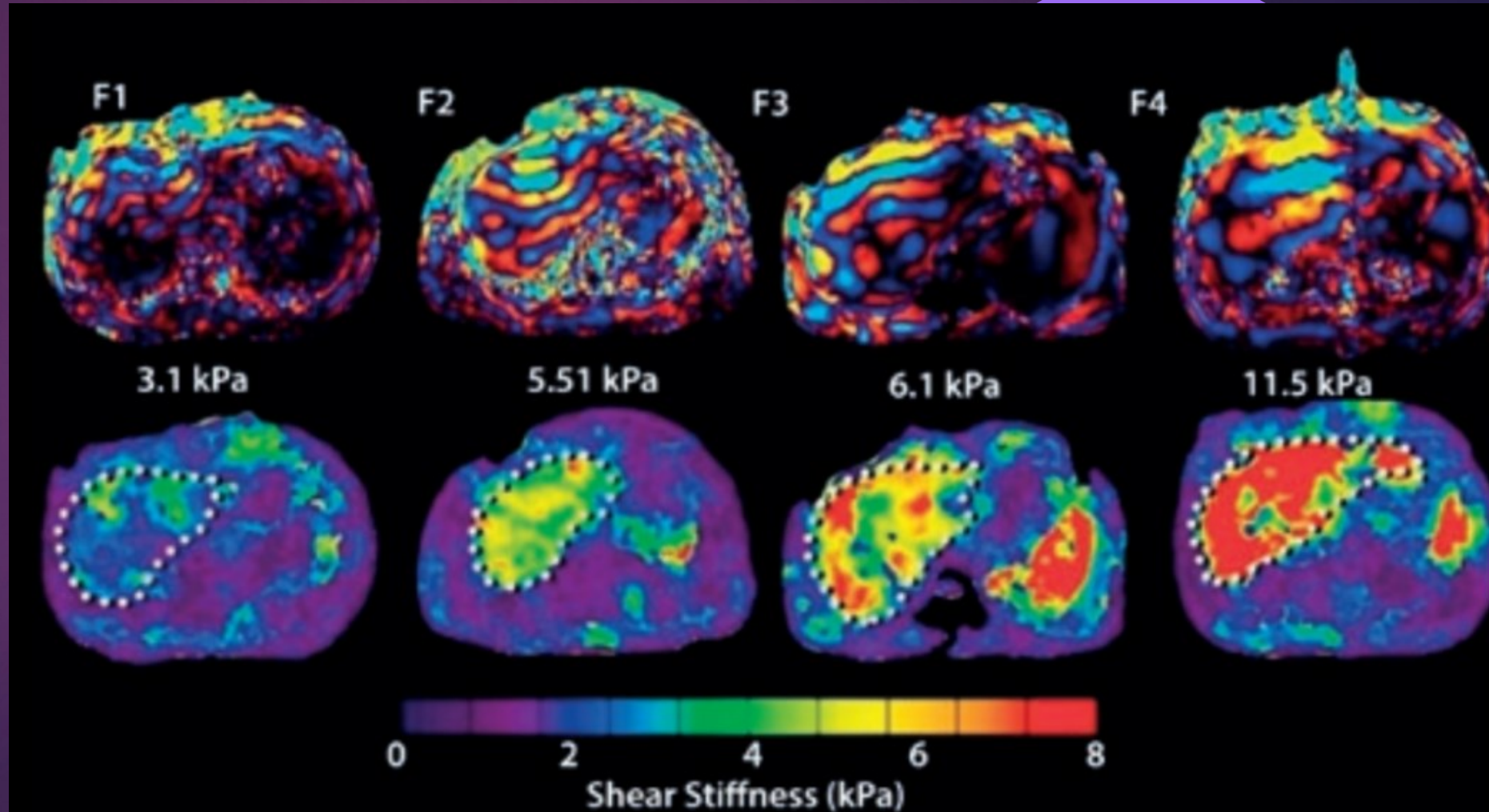
## УЗД з контрастним підсиленням (CEUS)

- ▶ **Принцип:** Введення мікробульбашок газу для оцінки васкуляризації пухлини в реальному часі.



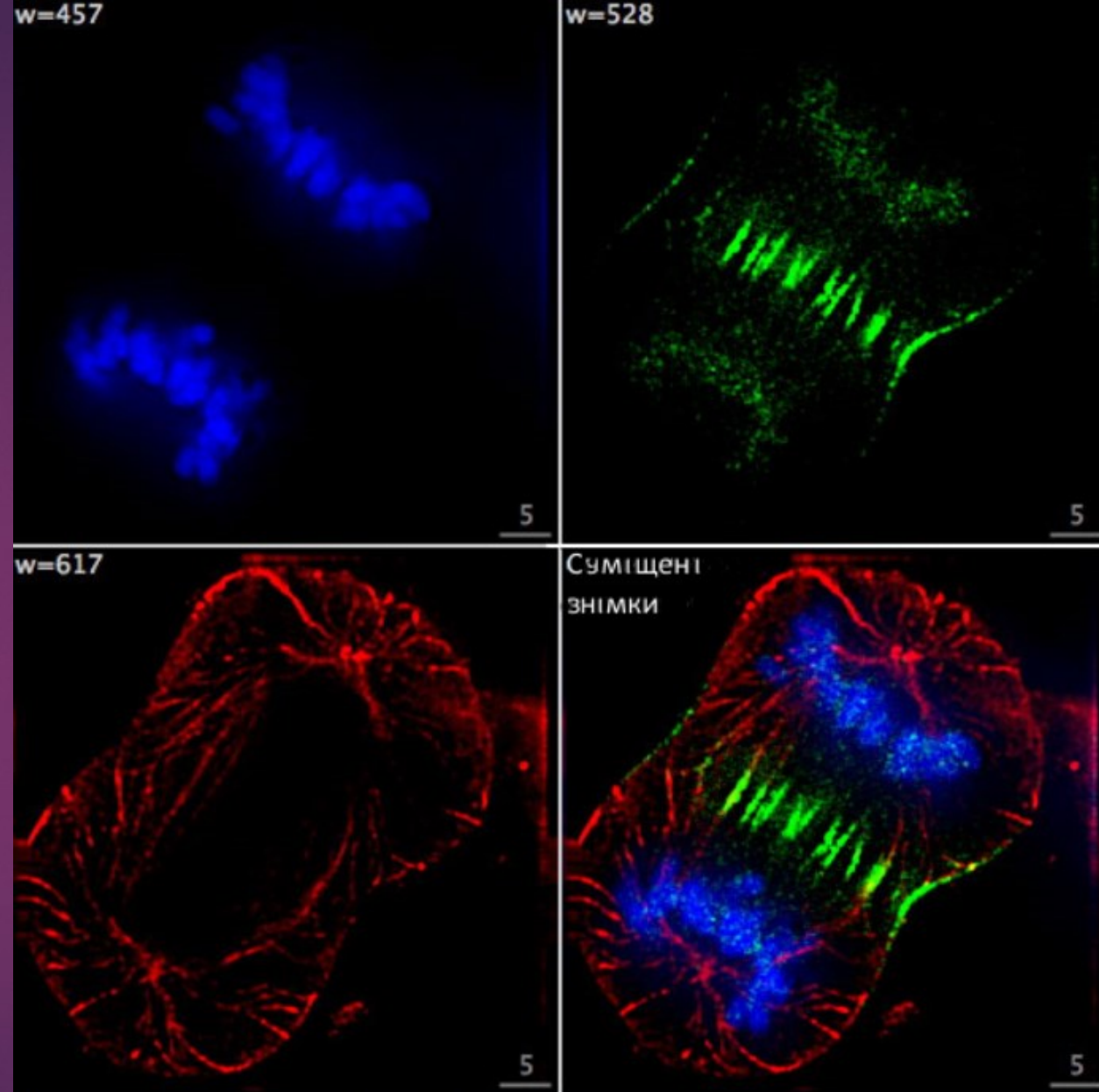
# Еластографія (УЗД та МР)

- ▶ **Принцип:**  
Вимірювання жорсткості тканин. Злоякісні пухлини, як правило, жорсткіші.



# Флуоресцентна візуалізація (NIR)

- ▶ **Принцип:** Хірург під час операції використовує спеціальну камеру і бачить, де "світиться" пухлина (після введення барвника ICG).



Ракова клітина під час поділу. Зображення отримане з використанням конфокального флуоресцентного мікроскопа. Спеціальні методи введення флуоресцентних маркерів та використання декількох світлофільтрів дозволяють спостерігати одночасно за декількома об'єктами.

# Клінічні рекомендації: коли яку модальність застосовувати



## Легені

тонкошарова КТ — первинне дослідження; FDG-PET/CT — для стадіювання і оцінки ураження позалегенових органів.



## Молочна залоза

мамографія + УЗД; МРТ — при сумнівному результаті, для планування операції; FES-PET — при ER+ рецидивах/метастазах (у вибраних випадках).



## Простата

PSA-залежна тактика — PSMA-PET/CT при підозрі на рецидив; MRI-простату для локальної оцінки.



## Лімфоми

FDG-PET/CT — стандарт для стадіювання та оцінки відповіді.



## Нейроендокринні пухлини

<sup>68</sup>Ga-DOTATATE PET/CT — «золотий стандарт» для SSTR-позитивних пухлин.

# Практичні аспекти: контрастні агенти та безпека

## Контраст і безпека

### Йодовмісні агенти (КТ)

ризик нефропатії та алергічних реакцій; обережність при нирковій недостатності.

### Гадоліній (МРТ)

загалом безпечний; в окремих випадках — ризик нефрогенного системного фіброзу (NSF) при тяжкій нирковій дисфункції; питання накопичення слідів гадолінію в мозку — предмет дослідження.

### ПЕТ-трасери

променеве навантаження; індивідуальна оцінка ризик/користь.

- ☐ Мінімізувати променеве навантаження шляхом вибору МРТ/УЗД там, де це обґрунтовано.

# Недоліки та обмеження

## Ключові обмеження сучасних методів

1. **Доступність і вартість:** PET/CT і PET/MR не завжди доступні в регіонах; висока вартість трасерів і обладнання.
2. **Хибні позитиви/негативи:** запалення/інфекція — псевдопозитиви у FDG-PET; деякі пухлини малометаболічні — FDG-негативні.
3. **Стандартизація:** відсутність універсальних порогів ADC, SUV; радіоміка потребує стандартизації та зовнішньої валідації.

# Перспективні напрямки й дослідження

Куди рухається візуалізація пухлин

1

## Розвиток нових трасерів

таргетні антитіла, рецепторні маркери (наприклад, динозавроподібне розширення PSMA-підходів).

2

## Інтеграція multi-omics

радіоміка + геноміка для неінвазивної характеристики пухлини.

3

## AI-підтримка

для автоматичної сегментації, кількісного аналізу і прогнозу.

4

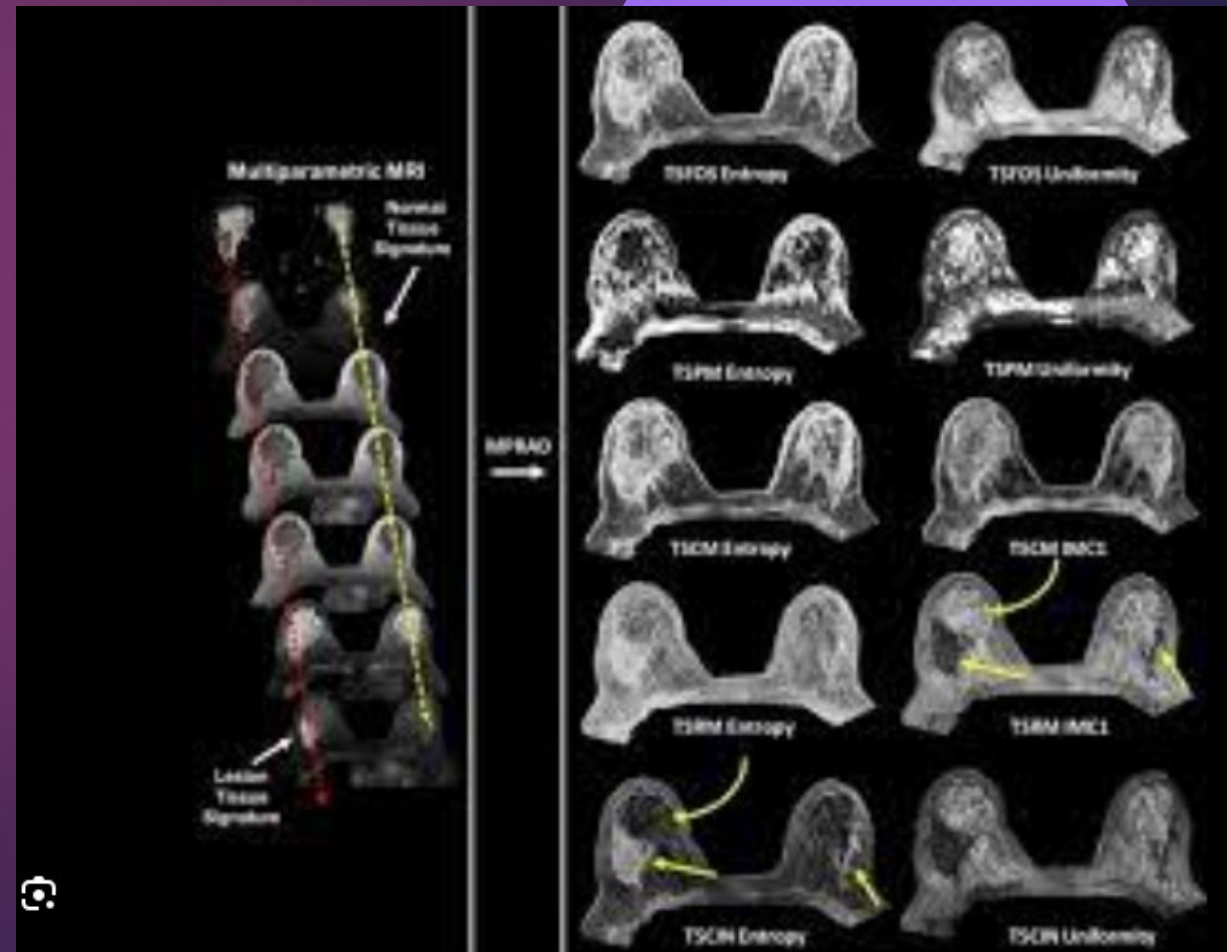
## Персоналізована медицина

образний менеджмент терапії (adaptive therapy) на основі ранніх маркерів відповіді.

# Майбутнє діагностики

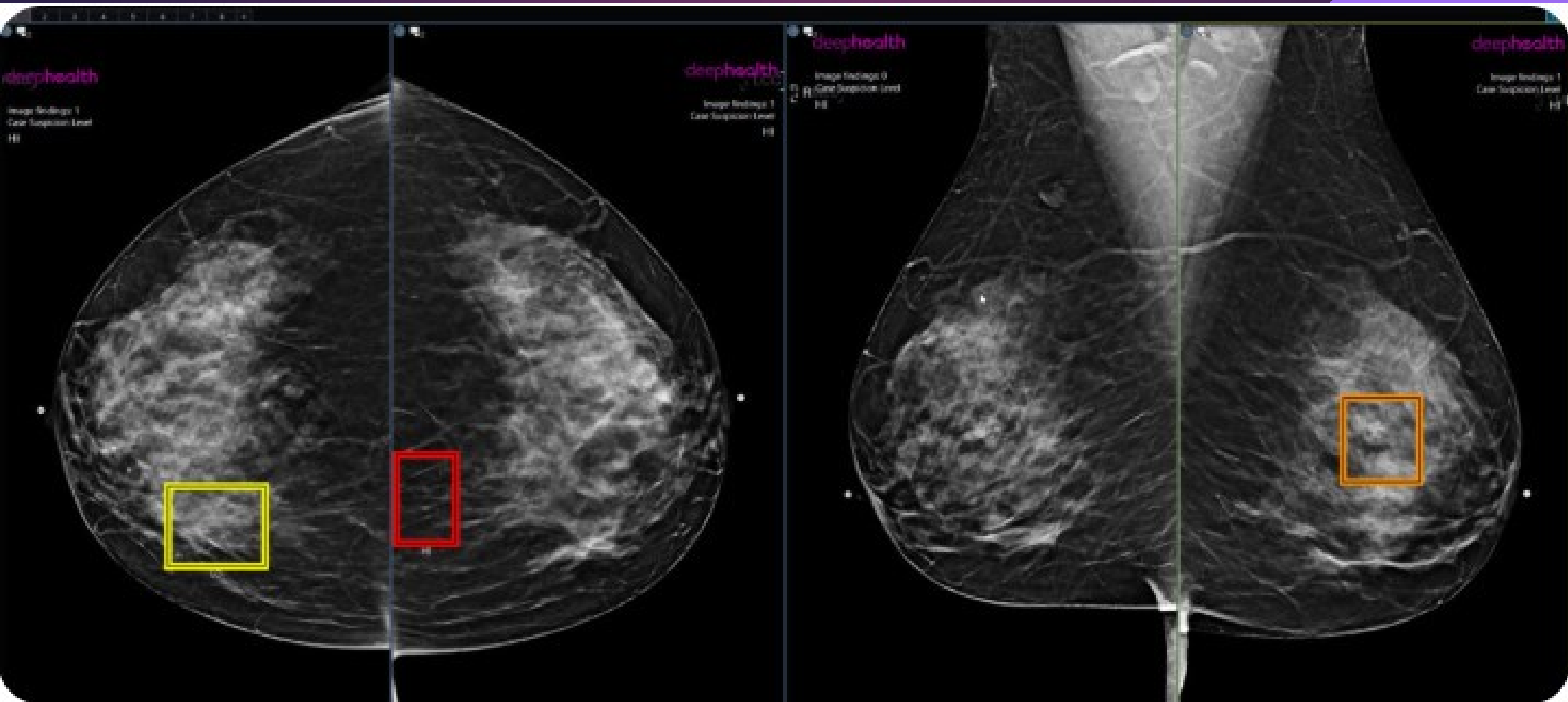
## Радіоміка (Radiomics)

- ▶ **Що це?** "Глибокий аналіз" медичних зображень. Програма витягує сотні параметрів, які не бачить око, для створення "цифрового відбитка" пухлини.



# Штучний інтелект (AI) в радіології

- ▶ **Роль AI:** Допомога у виявленні дрібних вогнищ, автоматична сегментація пухлин, класифікація злоякісності.



# Клінічний кейс

Пацієнт К.

- Чоловік, 63 роки
- Скарги: хронічний кашель, слабкість

## КТ грудної клітки:

- Вузол 2,3 см у верхній долі правої легені
- Чіткі межі, помірна щільність
- Локальне стадіювання → планувалася операція

## FDG-PET/CT

- Множинні лімфатичні осередки
- Осередки в печінці → позалегеневе ураження
- PET виявив метаболічно активні ділянки, непомітні на КТ

## Зміна стадіювання

До PET	Після PET
Локальний вузол	Позалегеневе ураження (печінка + лімфовузли)
Операбельний	Показана системна терапія

## Вплив на лікування

1. Локальна операція неефективна
2. Призначена системна терапія (хіміо/імунотерапія)
3. Мультидисциплінарна консультація для планування лікування

Отже:

КТ → анатомія вузла, локальна оцінка

PET → точне виявлення позалегеневих осередків

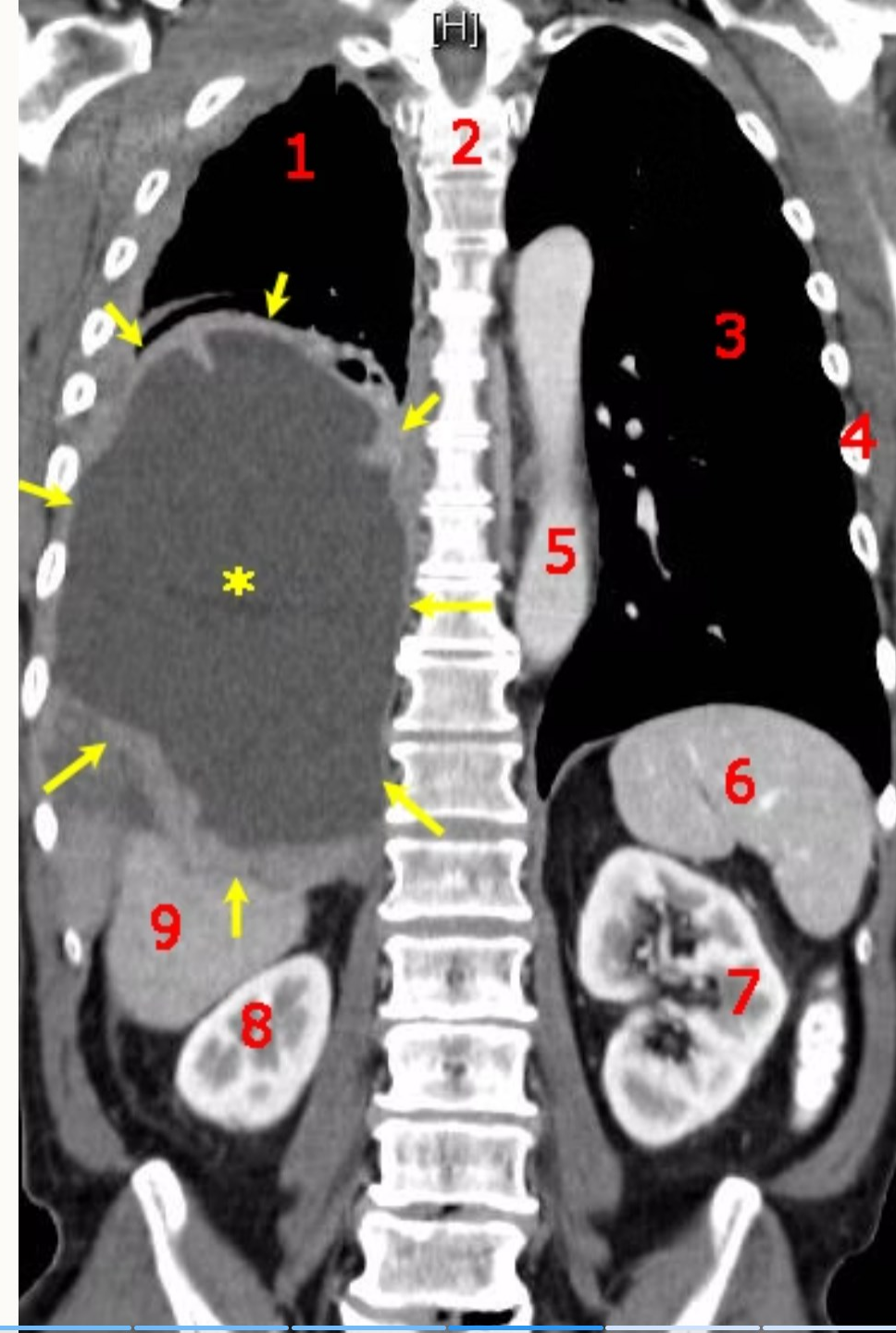
Зміна стадіювання → зміна стратегії лікування

Уникнення непотрібної операції, адекватне планування терапії

# Висновки

## Ключові тези

- Візуалізація — ключовий компонент сучасної онкології; кожна модальність має свою нішу.
- **FDG-PET/CT** — центральний інструмент для багатьох солідних пухлин і лімфом;
- **DWI/DCE-MRI** і **CT-perfusion** дають цінну функціональну інформацію про пухлинні властивості.
- Інтеграційний підхід (MDT) та стандартизовані протоколи — запорука якісної візуалізації.



**ДЯКУЮ  
ЗА УВАГУ**

