



ФГБУ  
Северо-Западный  
Федеральный медицинский  
исследовательский центр им.  
В.И.Исханова» Минздрава России

# СОВМЕЩЕННАЯ ПЭТ-КТ В ОНКОЛОГИИ

Заведующий НИО лучевой диагностики  
профессор Труфанов Е.Б.

# ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА

характеризует и количественно определяет биологически процессы на основе принципов ядерной физики

**«МЕТАБОЛИЗМ ОПЕРЕЖАЕТ МОРФОЛОГИЮ»**

Для этого применяют различные молекулярные зонды, такие как лиганды рецепторов, ферменты метаболизма и моноклональные антитела

В онкологии это позволяет измерять и проводить мониторинг функциональной активности клеток в исследуемой ткани для оценки эффективности противораковой терапии

# Цели ядерной медицины в онкологии

Более определенное определение типа опухолевых изменений

Характеристики метаболизма опухоли

Стандартизация опухолевого забора

Более определенное определение эффекта терапии или побочных явлений

Оценки эффективности терапии, особенно при дистанционной терапии

Терапия радиоуклидами



# Визуализация в области биологии опухолей

Митоз

Пролиферация

Апоптоз

Окислительная

Регенерация

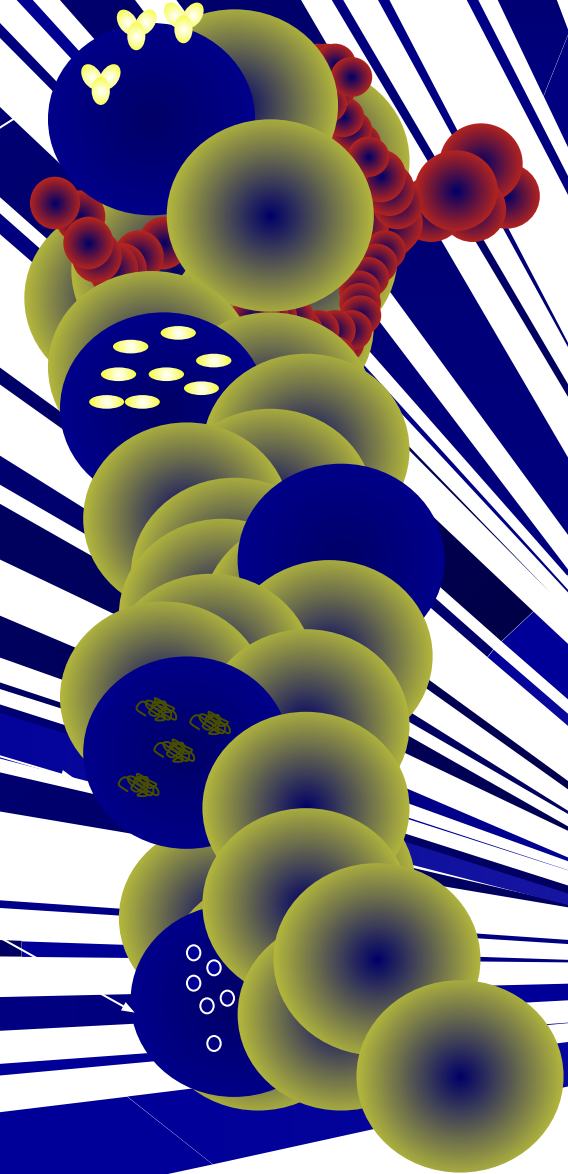
Сигнал

Сигналы  
апоптоза

Трансдукторы  
сигналов

Активность  
ферментов

Каналы

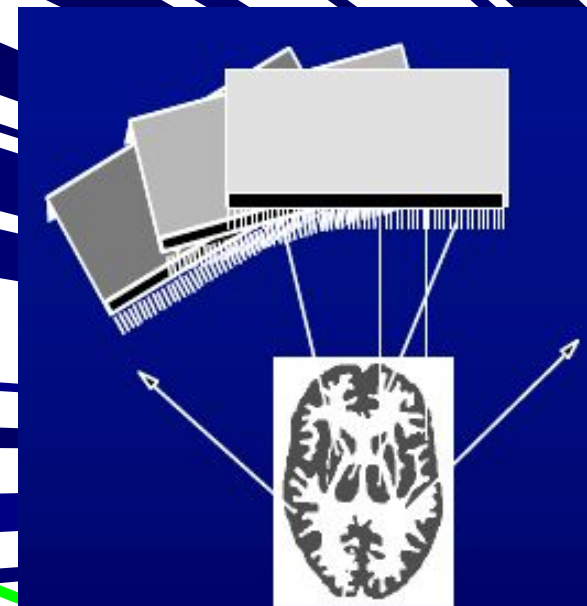


# Радионуклидные методы

Позитронная эмиссионная  
компьютерная томография  
(ПЭТ)



Однофотонная эмиссионная  
компьютерная томография  
(ОФЭКТ)



# Получение совмещённых изображений

**Спиральная компьютерная  
томография (СКТ)**

или

**3D Магнитно-резонансная  
томография (МРТ)**

**Однофотонная и  
позитронно-эмиссионная  
компьютерная томография  
(ОФЭКТ, ПЭТ)**

**Совмещенные изображения  
КТ, МРТ и ОФЭКТ, ПЭТ**

1991 г. – Hasegawa В.Н. и соавт. (Япония) –  
создание первого совмещенного  
ОФЭКТ/КТ сканнера

Первые исследования миокарда морских свинок были успешными, но небольшое поперечное поле зрения и длина сканирования ограничивали применение совмещенного оборудования.

Несколько лет спустя та же группа исследователей представила очередной вариант ОФЭКТ/КТ системы для исследования людей.

2004 год – первый совмещенный ОФЭКТ/КТ  
в клинической практике



# 1994-1995 гг. - Townsend D.W. и соавт. (США) – создание прототипа совмещенного ПЭТ/КТ сканнера

Аппарат состоял из 2-х комплементарных томографов в одном. ПЭТ-компоненты прототипа состояли из неполного вращающегося кольца ПЭТ-томографа и находились на алюминиевом диске КТ-сканера Somatom AR.SP. Все оборудование помещалось внутри компактного гентри, который был лишь немногим уже, чем обычный для КТ.

## ПРЕИМУЩЕСТВА:

- одновременное получение совмещенных структурных и метаболических изображений
- КТ коррекция ослабления для эмиссионных данных ПЭТ (Kinahan P.E. и соавт. 1998) – уменьшение времени обследования в 2 раза по сравнению с традиционным ПЭТ исследованием

## НЕДОСТАТКИ:

- стала недоступна опция наклона гентри
- ограничения поперечного поля зрения до 45 см часто приводили к появлению артефактов на КТ и последующему ухудшению реконструкции эмиссионных данных, сопровождающих КТ-коррекцию

1998 г. – первый опыт клинического применения прототипа ПЭТ/КТ в Питсбургском медицинском центре (США)

- 1999 г. – награда «Изображение года» на Форуме по Ядерной Медицине (Лос-Анджелес)
- 2001г.- наиболее выдающееся научное открытие в рейтинге журнала «Ядерная медицина»

Первый серийный аппарат ПЭТ/КТ «Biograph Duo» был представлен объединением CPS (CTI и Siemens) в 2000 году.

В 2003 году в Военно-медицинской Академии им. С.М. Кирова установлен первый в России совмещенный ПЭТ/КТ «Biograph» (Siemens).



**18F- фтордезоксиглюкоза** - основний РФП для ПЭТ  
сучасної ядерної онкології

**11C - метионин** - метаболізм амінокислот

18F - фторметаболізм кетонних тіл

**11C - тимидин** - 20` синтез ДНК

18F - фторцитидиназол - 10` гіпоксія

18F - фтортимидин - 110` синтез ДНК

15O - вода - 2` перфузія

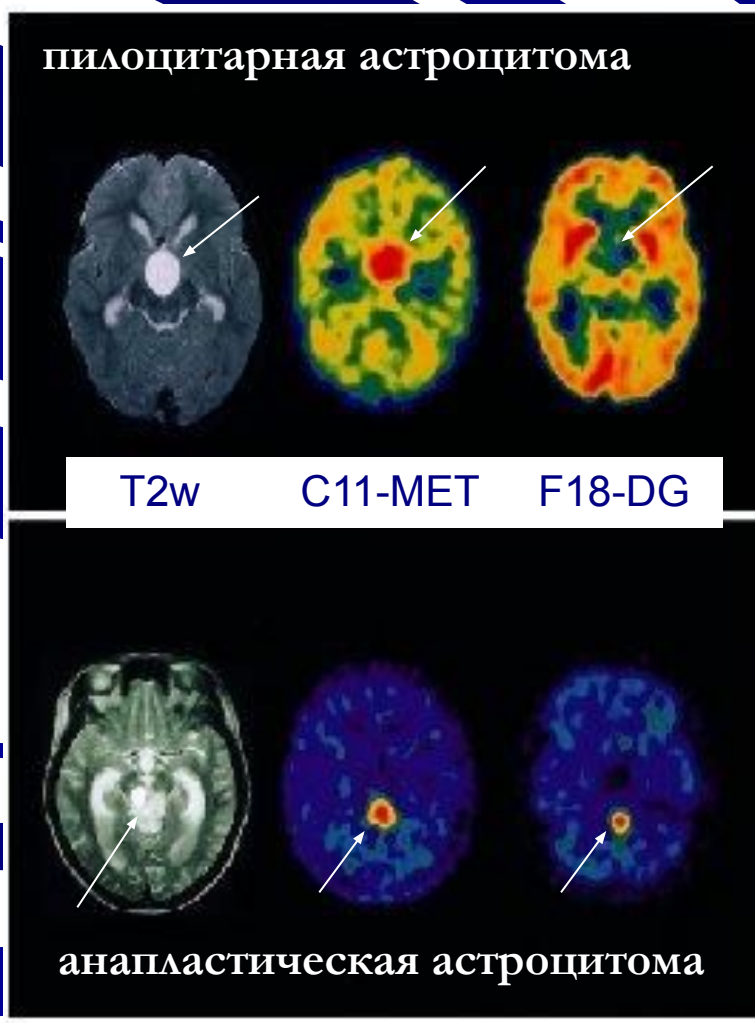
18F - фторметилтирозин - 110` транспорт АА

**11C - холин** - метаболізм ацетилхоліна

18F - фторметилтирозин - 110` транспорт АА

124I - йод фторо дезокси арабіноз - 110` тимидинкіназа  $\rightarrow$   $^{124}I$  - тимидин

# Определение гистологической характеристики опухоли in-vivo

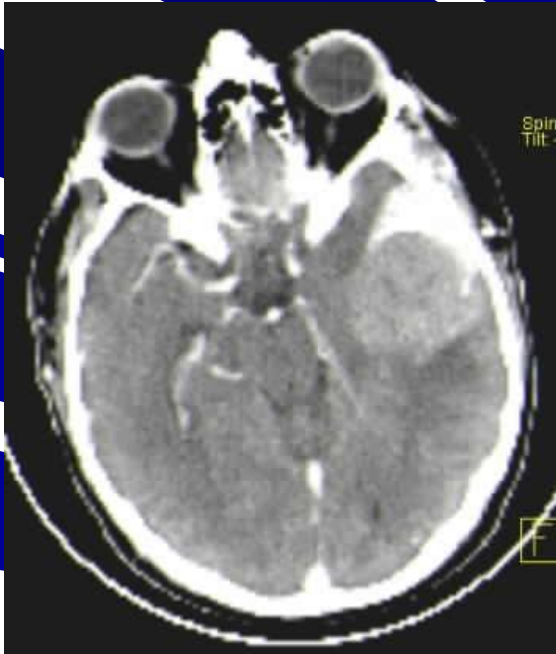


Обе опухоли хорошо определяются С-11 метином

В то же время только анапластическая форма имеет высокое FDG накопление

Будущее: транспорт аминокислот

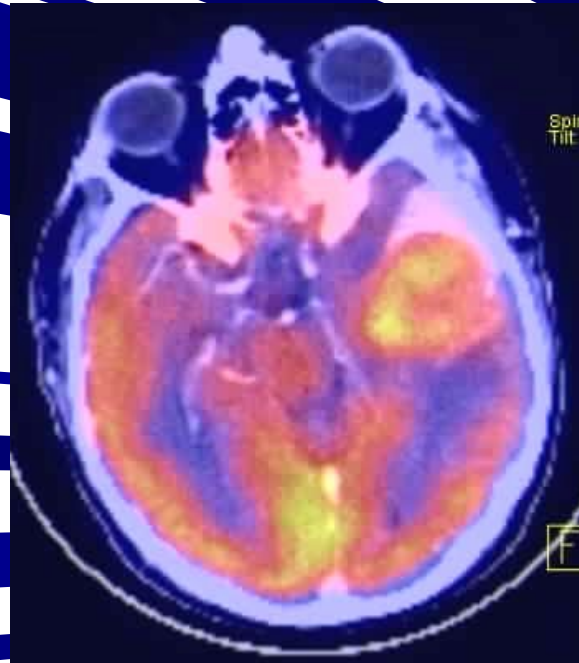
# Глиобластома



**КТ**

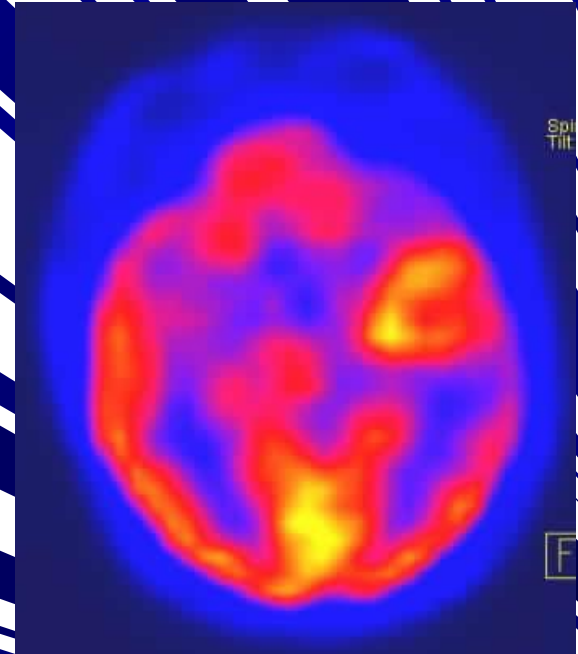
- гетерогенная структура
- перифокальный отёк
- «масс-эффект»
- контрастное усиление
- некрозы

**ПЭТ / КТ**



**ПЭТ**

- гиперметаболизм 18-ФДГ
- участки гипометаболизма 18-ФДГ в зоне некроза



# Показания к проведению ПЭТ, при которых ее эффективность доказана клинически

- Немелкоклеточный рак легкого (N и M-стадиярование, рецидив)
- Мелкоклеточный рак легкого (стадиярование, рецидив, повышение риска операции)
- Колоректальный рак (диагностика рецидива)
- Эпителиальная мезэнхиома (стадиярование, рецидив)
- Стадирование холкинской лимфомы (стадиярование III)
- Опухоли головы и шеи (N - стадирование)
- Дифференцированный рак щитовидной железы
- Дифференциация опухоли в поджелудочной железе
- Дифференциация лимфомы
- Рак молочной железы

# Рак с неясной первичной локализацией

- ▶ Обнаружение метастазов в фокусе часто является первичным симптомом ракового заболевания. В 5-10% всех метастатических состояний первичной стадии обнаруживаются метастазы в лимфоузлах.
- ▶ После гистопатоморфического анализа такие опухоли чаще всего переходят к целому ряду обследований. Выживаемость в течение 5 лет после лечения 100% (при выявлении первичного очага) и 50% (при невыявленном первичном очаге)

В этих случаях ПЭТ/КТ с ФДГ является особенно ценным

- определяет метаболический статус
- проводится обследование всего тела
- позволяет дифференцировать неясные изменения при КТ
- 30 - 40% случаев ПЭТ/КТ с ФДГ локализует первичный очаг



## Опухоли головы и шеи

- ▶ Одними из самых распространенных злооплазий (мест по числу) являются опухоли головы и шеи. Чаще всего встречаются плоскоклеточные карциномы из эпителия ротоглотки.
- ▶ Выживаемость в течение 5 лет в зависимости от локализации опухоли составляет 30-90%.
- ▶ Как правило, интенсивное лечение ФДТ проводится с учетом гистологической характеристики опухоли (чаще плоскоклеточная).

ПЭТ и ПЭТ/КТ является особенно ценным для

- определения регионарного метастазирования
- определения отдаленных метастазов
- определения «синхронных раков» (пищевод и легкие)
- контроля терапии и рецидива

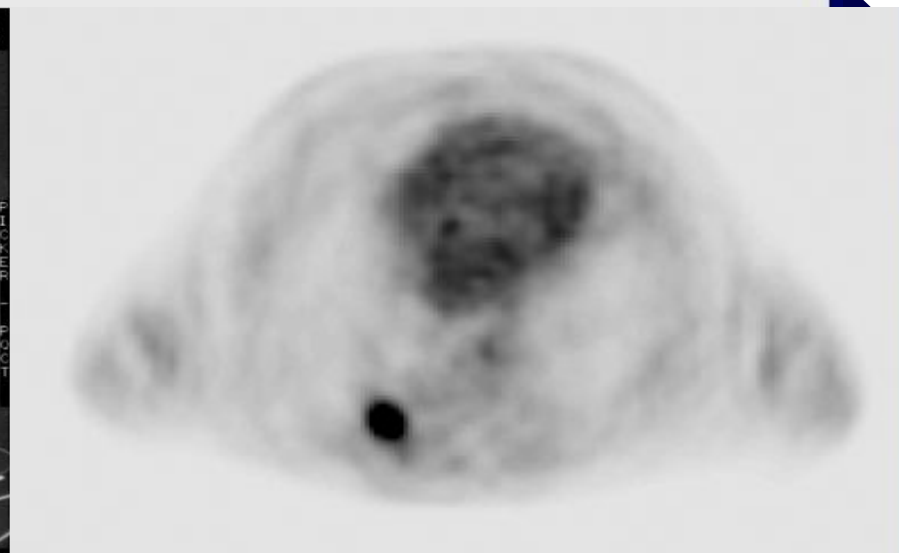
# Первичные неоплазии легкого

- ▶ Группа раков с мелкими узлами (патология 90%):
  - высокозлокачественный рак
  - недифференцированные группы (облачные карциномы)
  - аденокарциномы
- ▶ Эпидемиология:
  - 18% всех опухолевых патологий у мужчин и 12% у женщин

## ПЭТ и ПЭТ/КТ является особенно ценным

- определение злокачественности солитарных узлов легких
- стадирование метастазов в лимфатических узлах (N2/N3)
- выявление отдаленных метастазов
- контроль терапии и рецидива

# Анализ ПЭТ с ФДГ у больных с солитарными узлами в легких

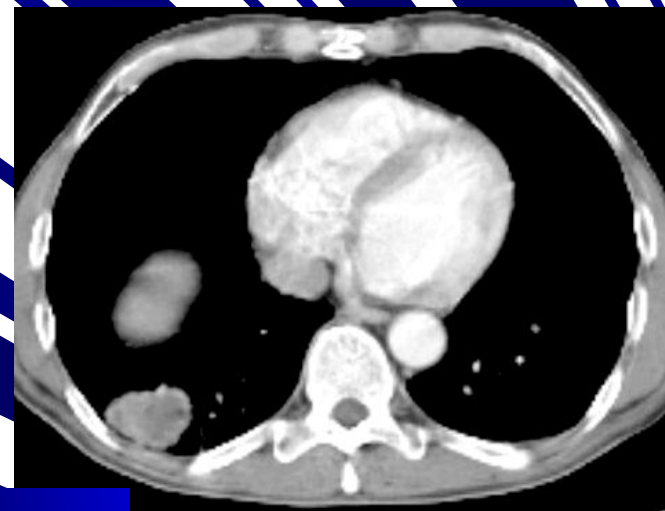
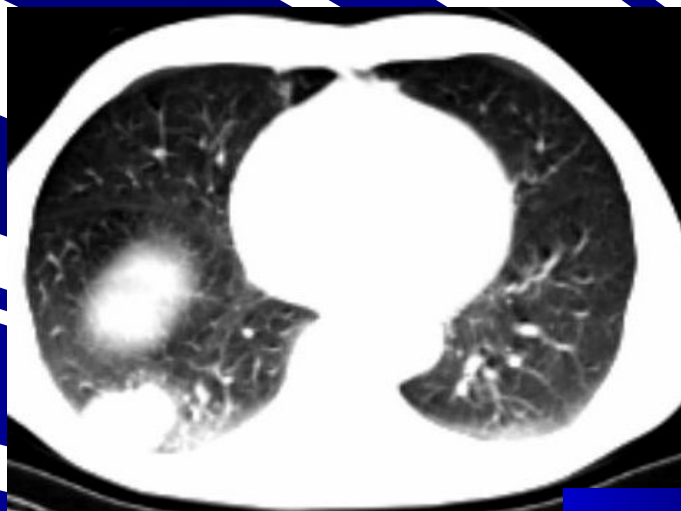


# Стадирование рака легкого

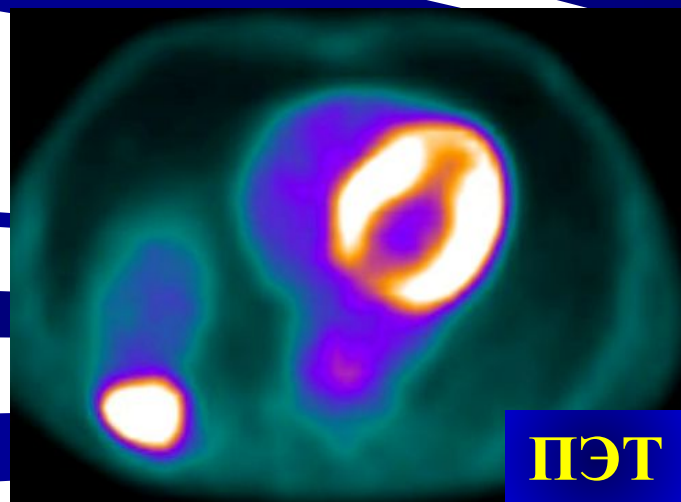
Размер лимфоузлов – недостаточный критерий злокачественности!

Размер	1 см	> 1 до 2 см	> 2 см
38 % метастаз		61 % метастазов	84 % метастазов
20 %			16 % воспаление

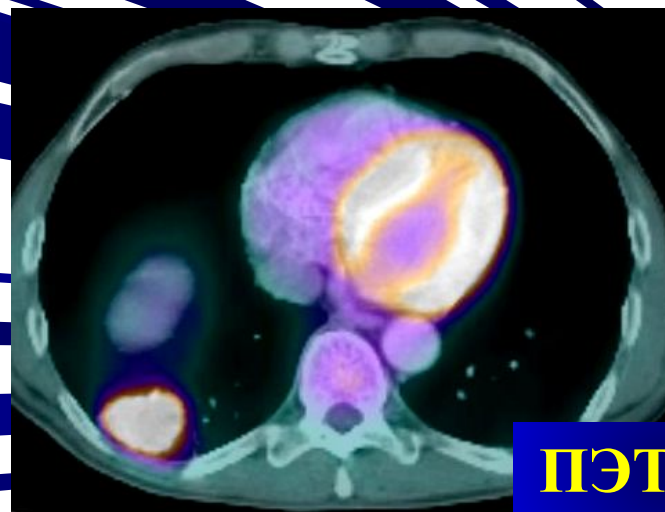
# Периферический рак легкого



**КТ**

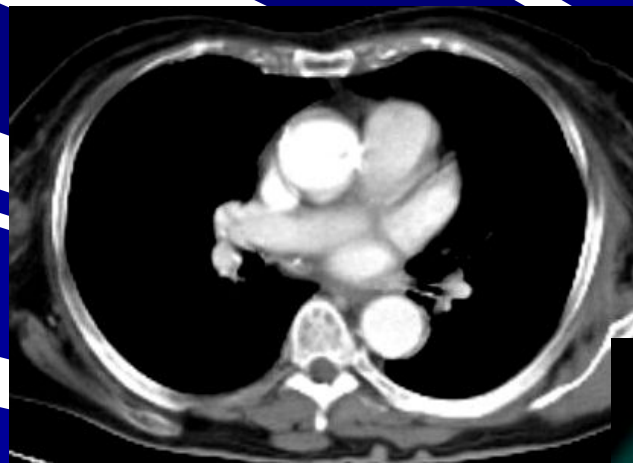


**ПЭТ**



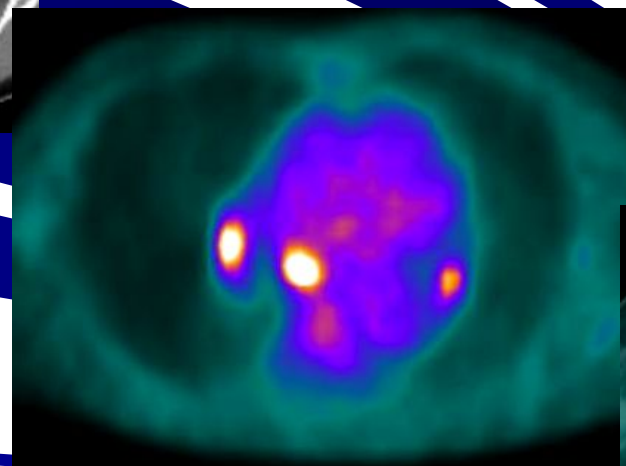
**ПЭТ / КТ**

# Периферический рак легкого

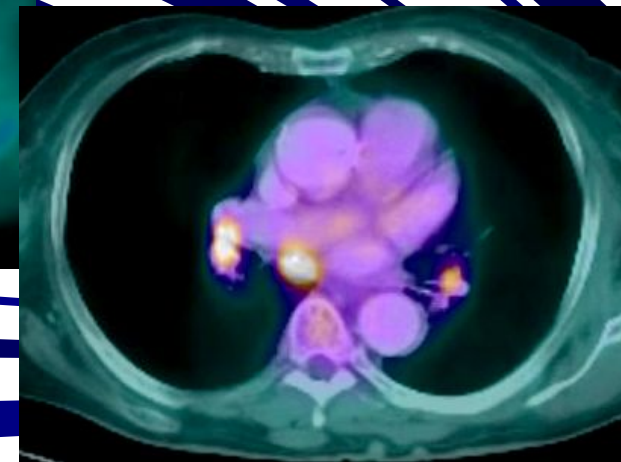


**КТ**

множественные метастазы в  
лимфатические узлы средостения



**ПЭТ**



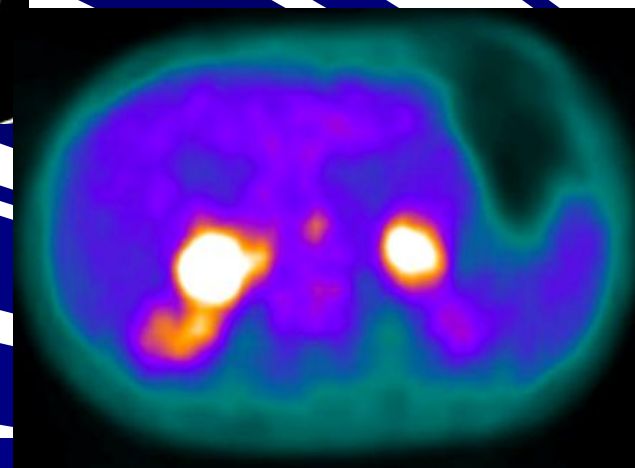
**ПЭТ / КТ**

**КТ**

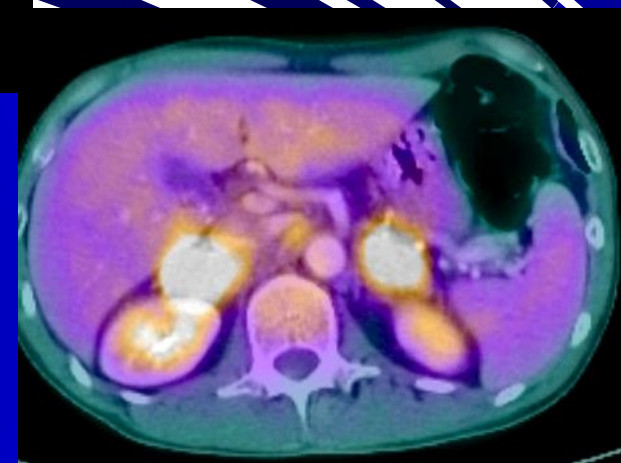


**Центральный рак правого  
легкого**

**ПЭТ**



**ПЭТ / КТ**



**с метастазами  
в надпочечники**

# Ходжкинские лимфомы (ХЛ)

- ▶ Занимают 1% от всех неоплазий, но являются ведущей причиной смерти в возрастной группе 20-40 лет. Злокачественных лимфом с предшествующим лечением и большим диапазоном клинических проявлений, встречаются чаще у лиц мужского пола.
- ▶ Гистология: узлоково-склерозированная (60%), смешанная клеточная (20%), лимфоцитопеническая и гистиоцитарные ХЛ (до 20%).

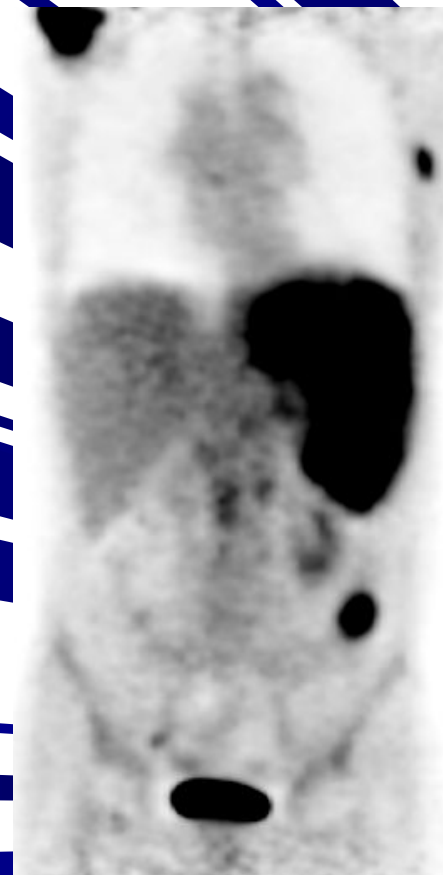
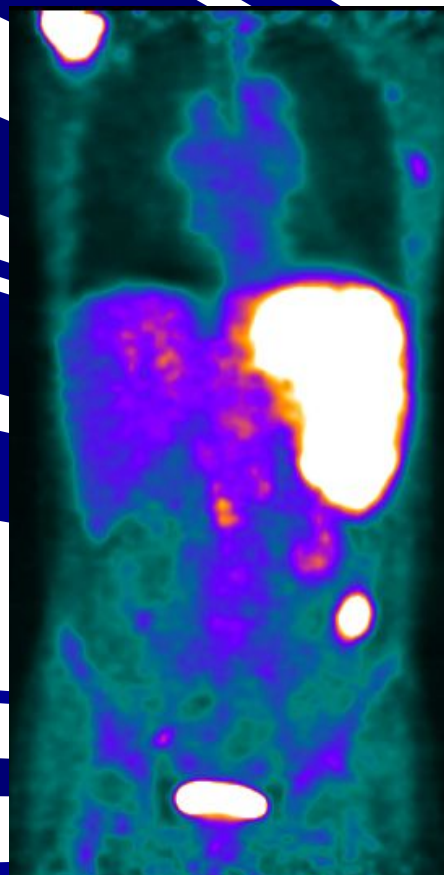
Прогноз: Стадия и успех терапии напрямую зависят от объема поражения, выживаемость в течении 10 лет при ст. I-II - 80%

**ПЭТ и ПЭТ/КТ является особенно ценным**

- дополнительная информация при стадировании
- определение тактики лечения
- определение отдаленных метастазов
- контроль терапии и рецидива



# Ходжкинская лимфома ПЭТ-КТ с ФДГ



# Гастроинтестинальные опухоли

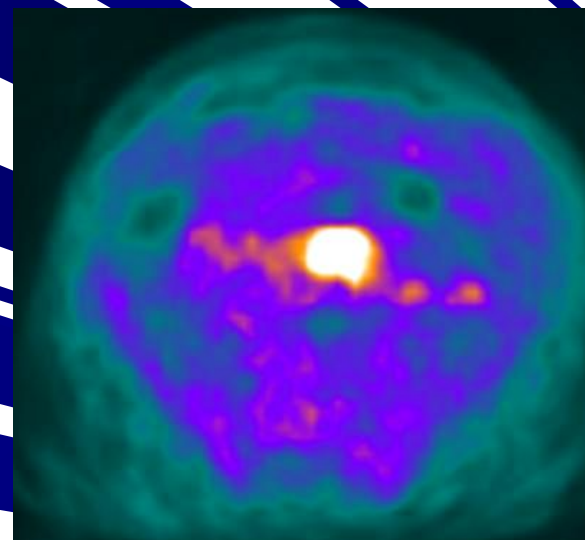
Изменение стадий 36%, изменение резекта 32%

2. Определена эффективность терапии
3. Предоперационная подготовка к частым инвазиям в секции печени
4. 8% определяется тактика лечения
5. 50% определяется хирургическое лечение
6. 50% выявляются метастазы

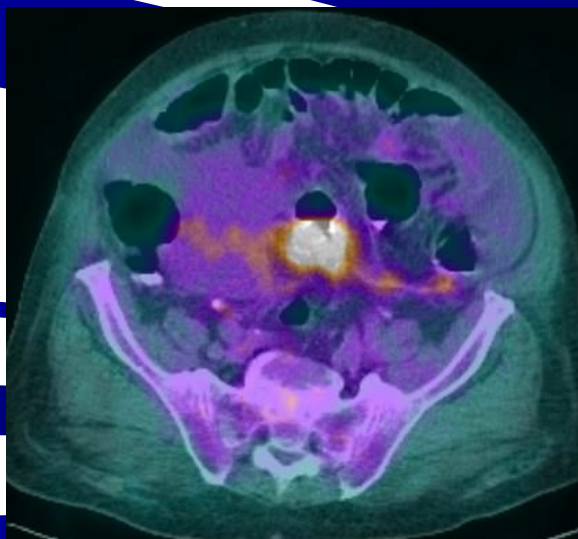
# Рак ректосигмоидного отдела толстой кишки



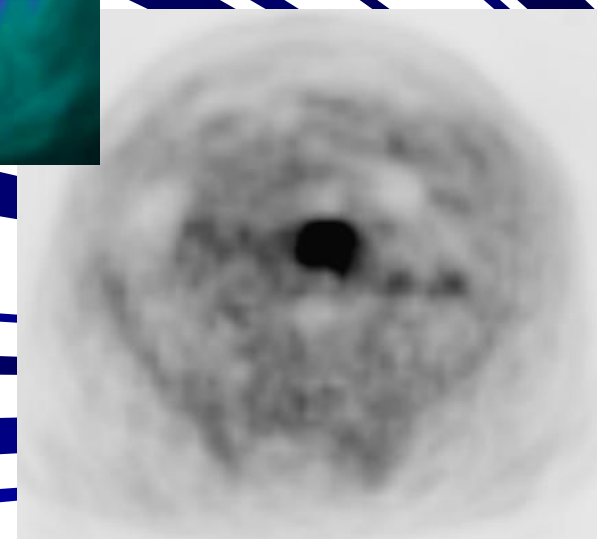
КТ



ПЭТ

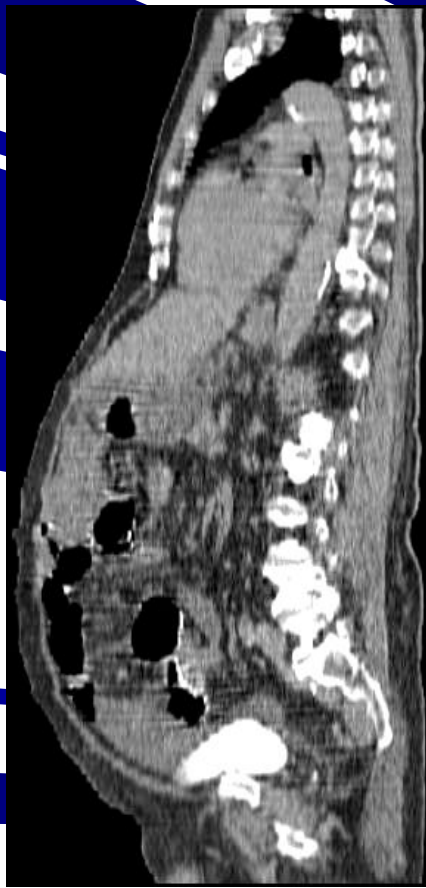


ПЭТ / КТ

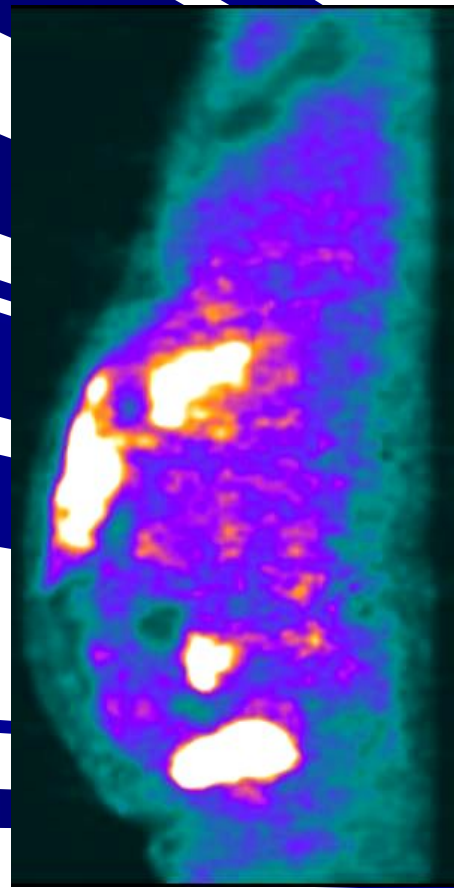


Рак ректосигмоидного отдела  
толстой кишки (тот же больной)

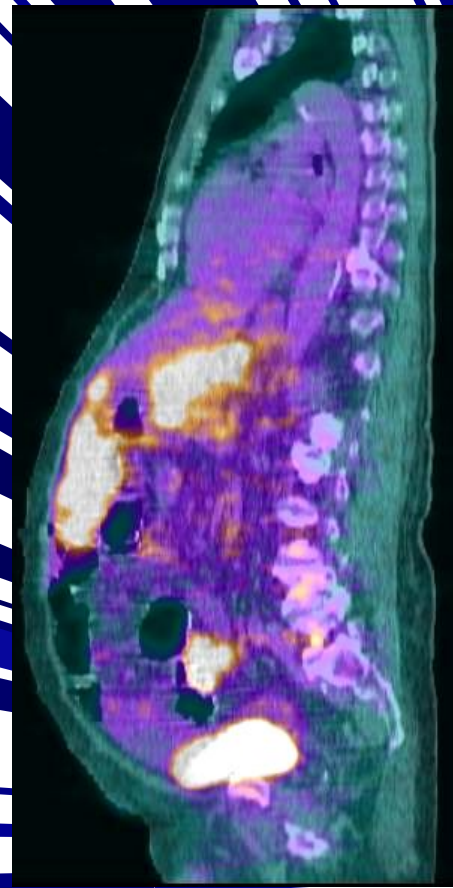
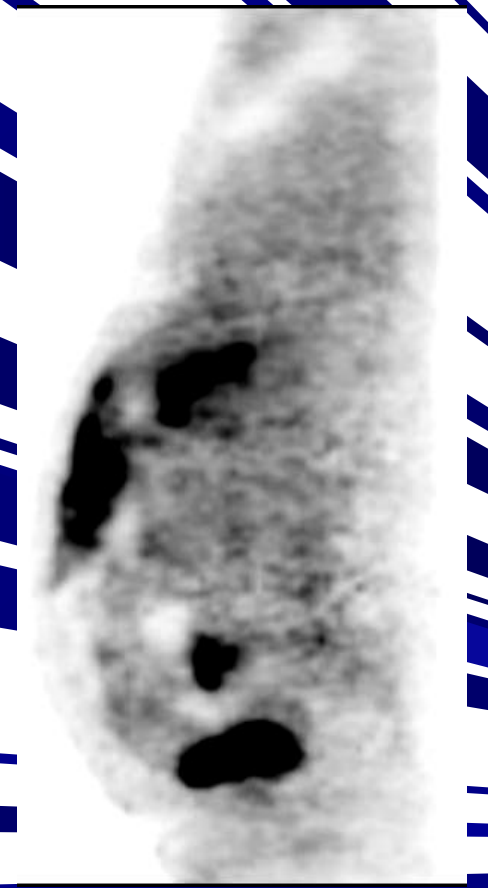
после операции брюшной полости



**КТ**



**ПЭТ**

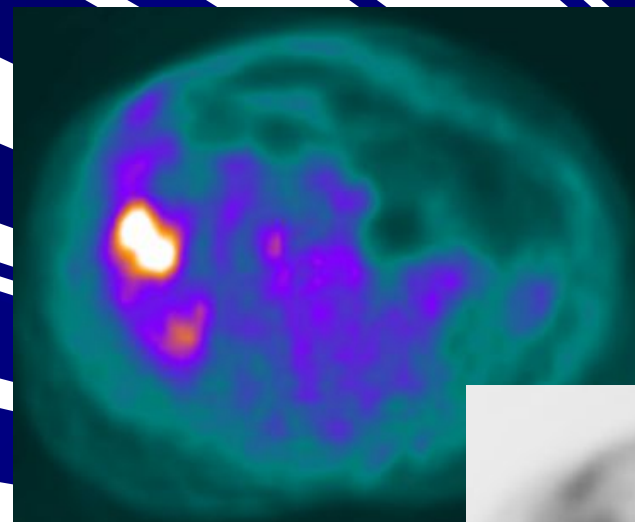


**ПЭТ / КТ**

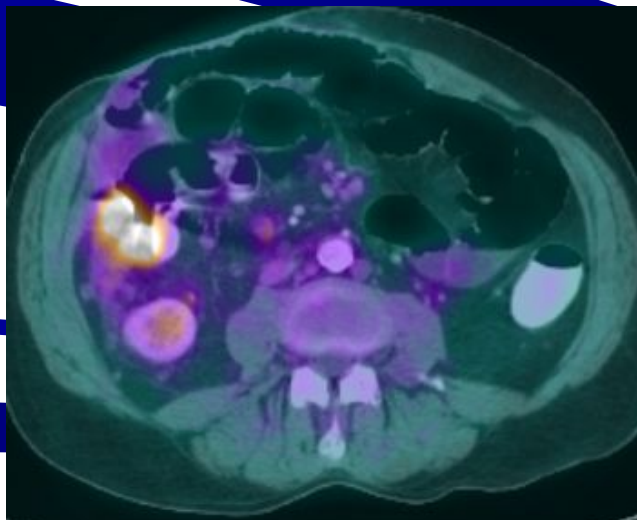


**КТ**

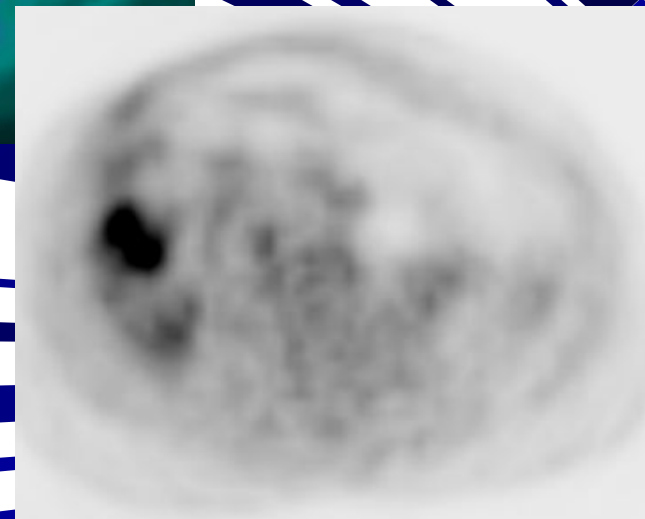
Рак слепой кишки  
(рецидив)



**ПЭТ**



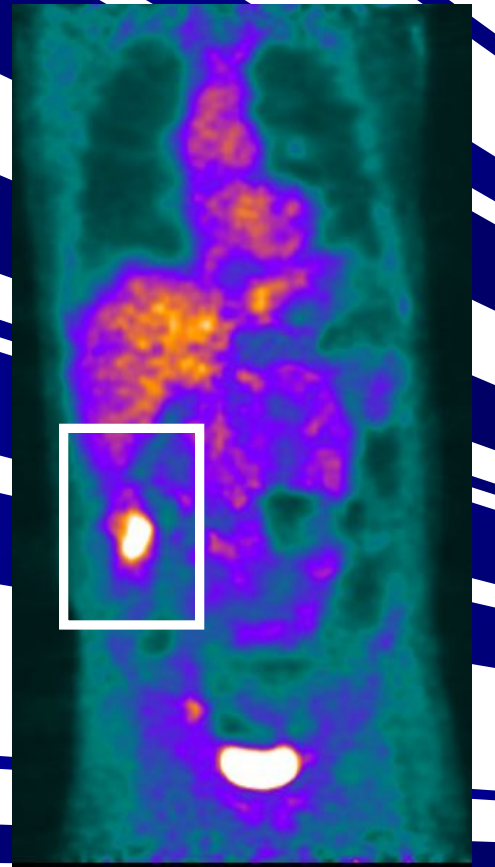
**ПЭТ / КТ**



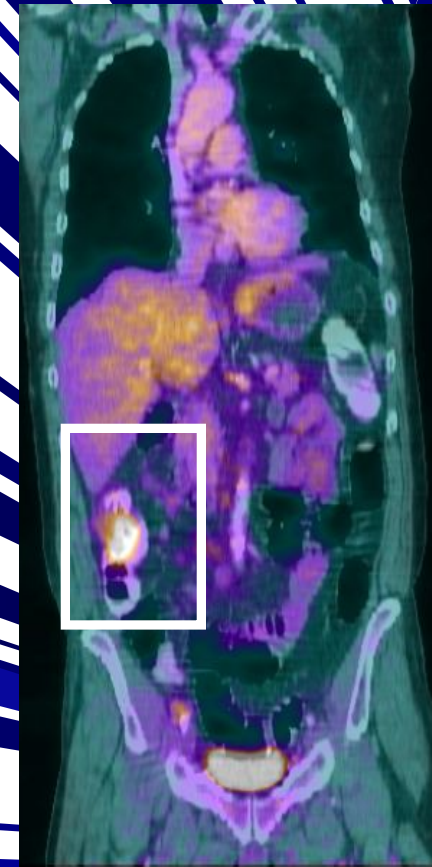
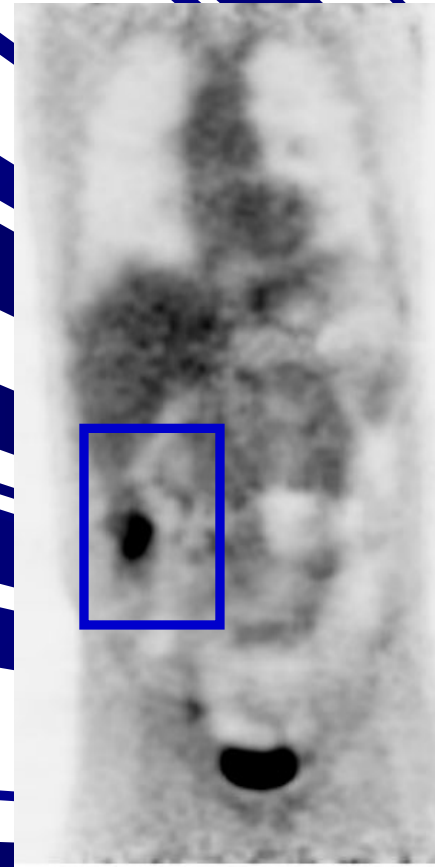
Рак слепой кишки  
(рецидив)



КТ



ПЭТ



ПЭТ / КТ

## Злокачественная меланома

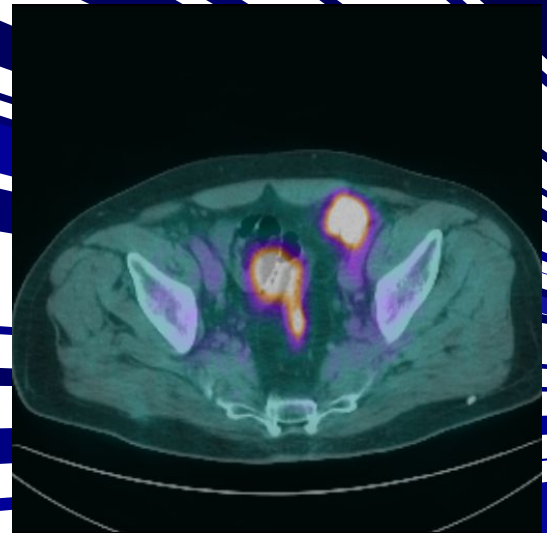
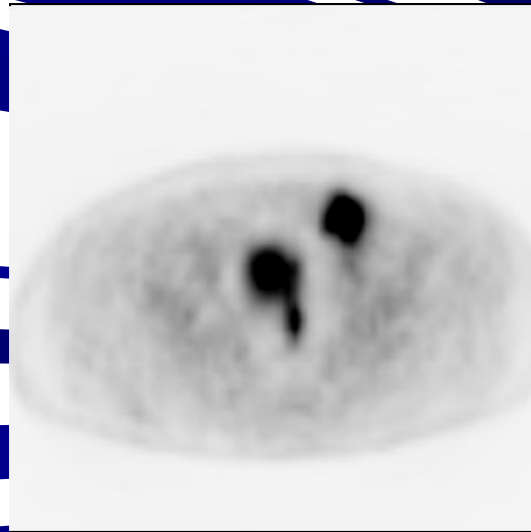
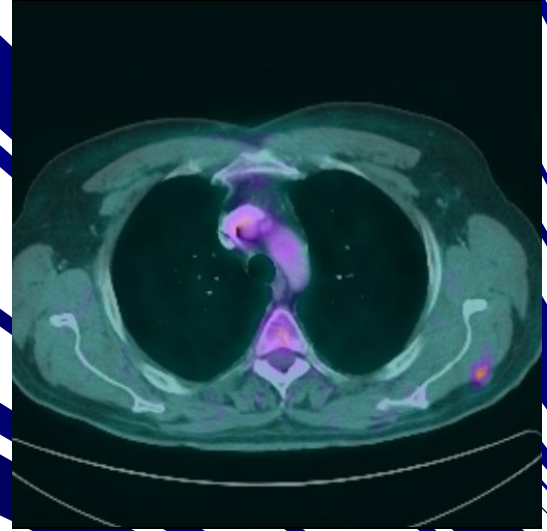
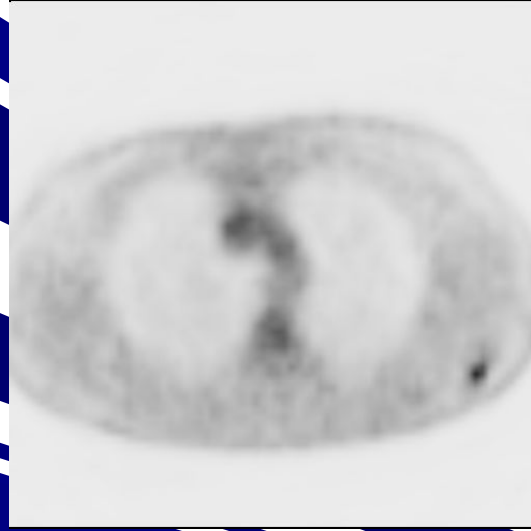
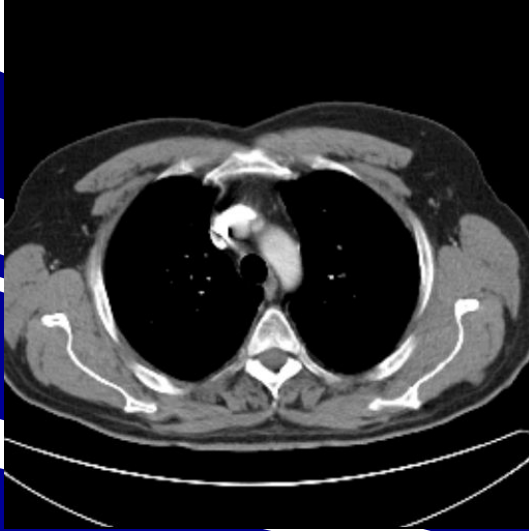
- Обнаружение при размерах первичного узла > 1.5мм
- При подозрении на поражение метастатическими узлами

Обязательно в стадии III и IV

Чувствительность 72-100%, специфичность 83-91%

26%

# Стадирование меланомы (состояние после удаления меланомы – метастазы в лимфоузлы)





# Нейроэндокринные опухоли: дифференцированный рак щитовидной железы

Рестадирование при  $^{141}\text{I}$ -нейротропных очагах

Рестадирование при  $^{123}\text{I}$ -позитивных очагах

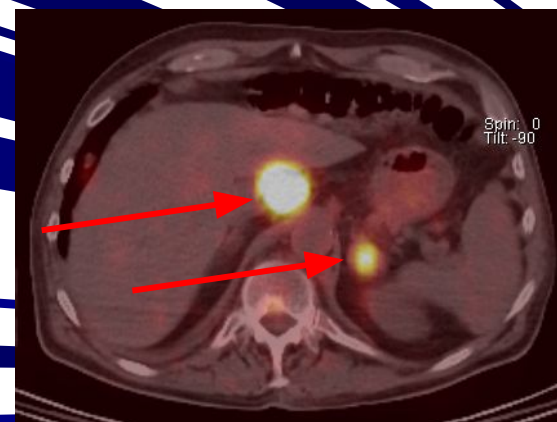
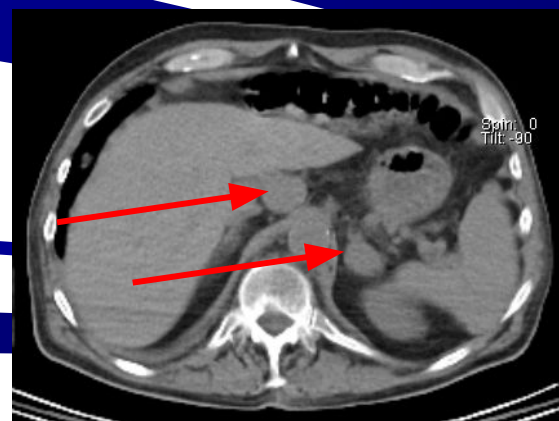
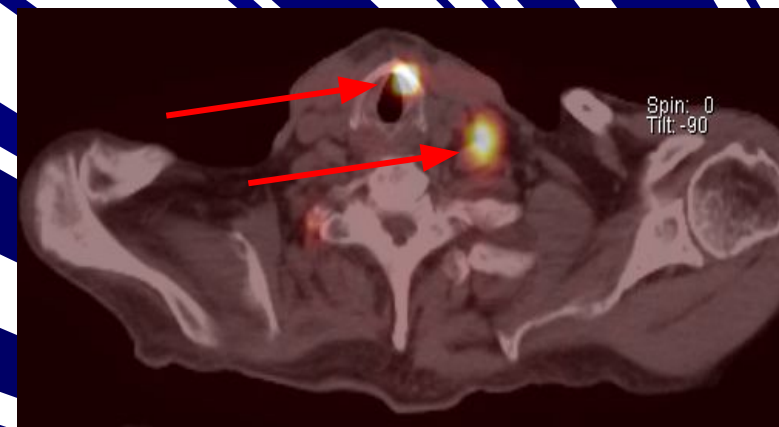
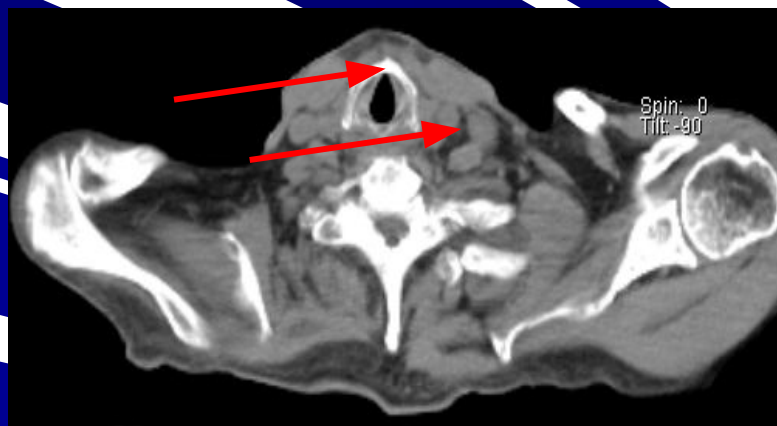
Изменение тактики

стадирование: 22%

52%

# ПЭТ-КТ

при раке щитовидной железы с использованием  $^{124}\text{I}$ : определение места биопсии, операции, дозиметрия

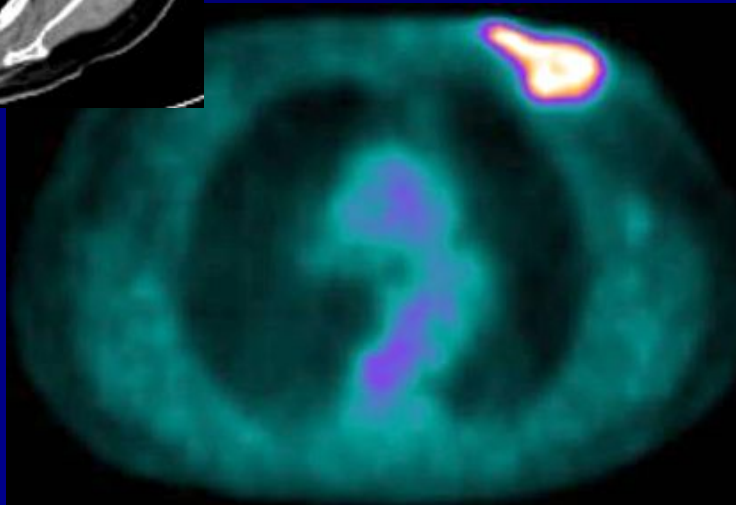


**КТ**

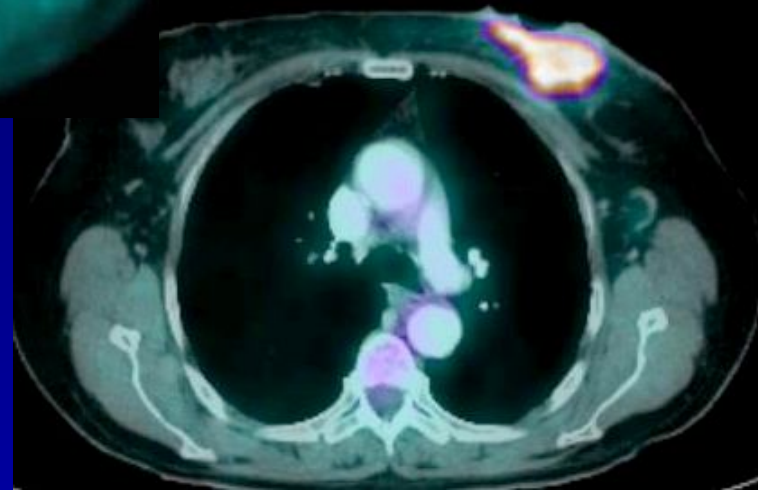


**РАК МОЛОЧНОЙ**

**ПЭТ** **ЛЕЗЫ**



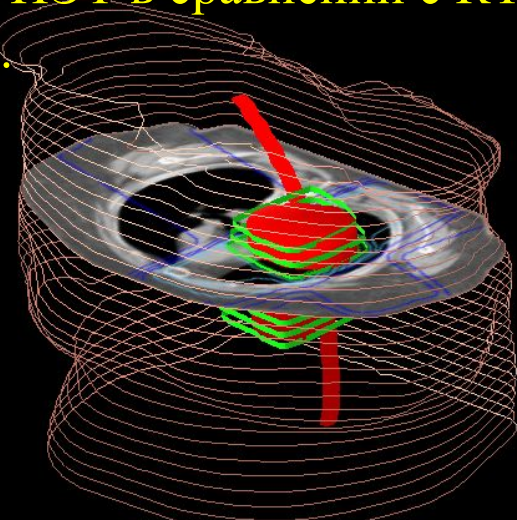
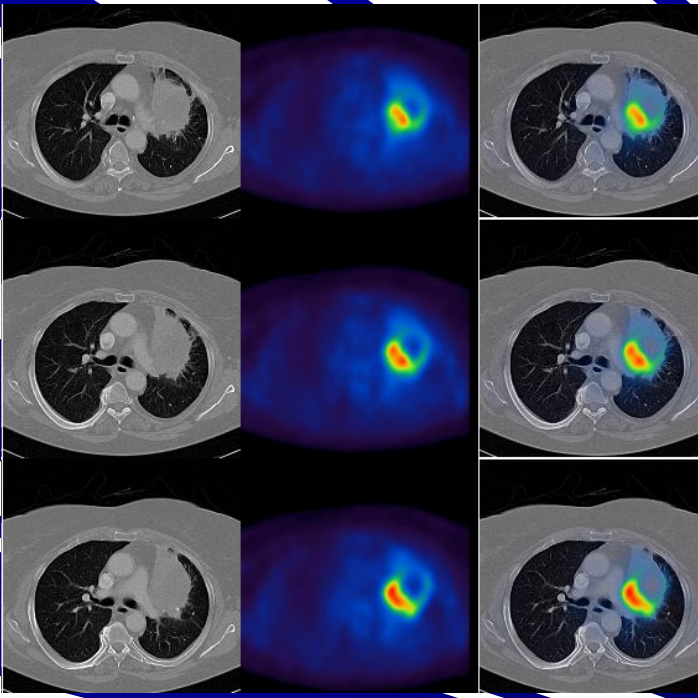
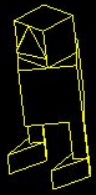
**ПЭТ / КТ**



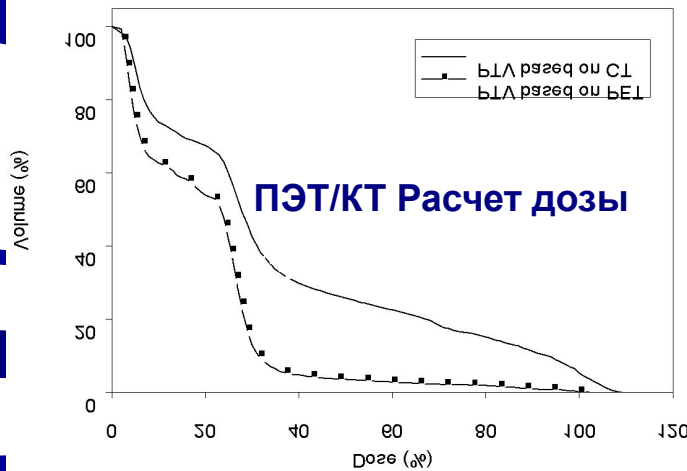
# Неопухолевый захват ФДГ

1. Препаративные процессы
2. Некоторые доброкачественные заболевания
3. Физиологические реакции после интубации
4. Аутоиммунные заболевания
5. Паранеопластический синдром

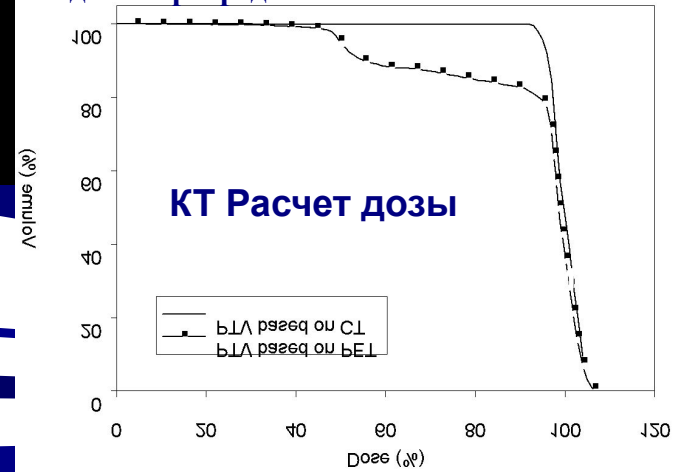
НМРЛ: Значительно меньший планируемый объем облучения по данным ПЭТ в сравнении с КТ (ателектаз).



Изодозное распределение



Изодозное распределение



# Заключение

**Только комплексное использование морфологических и функциональных методов визуализации является надежным инструментом точной и своевременной диагностики для эффективного лечения онкологических заболеваний**



**Благодарю за внимание!**