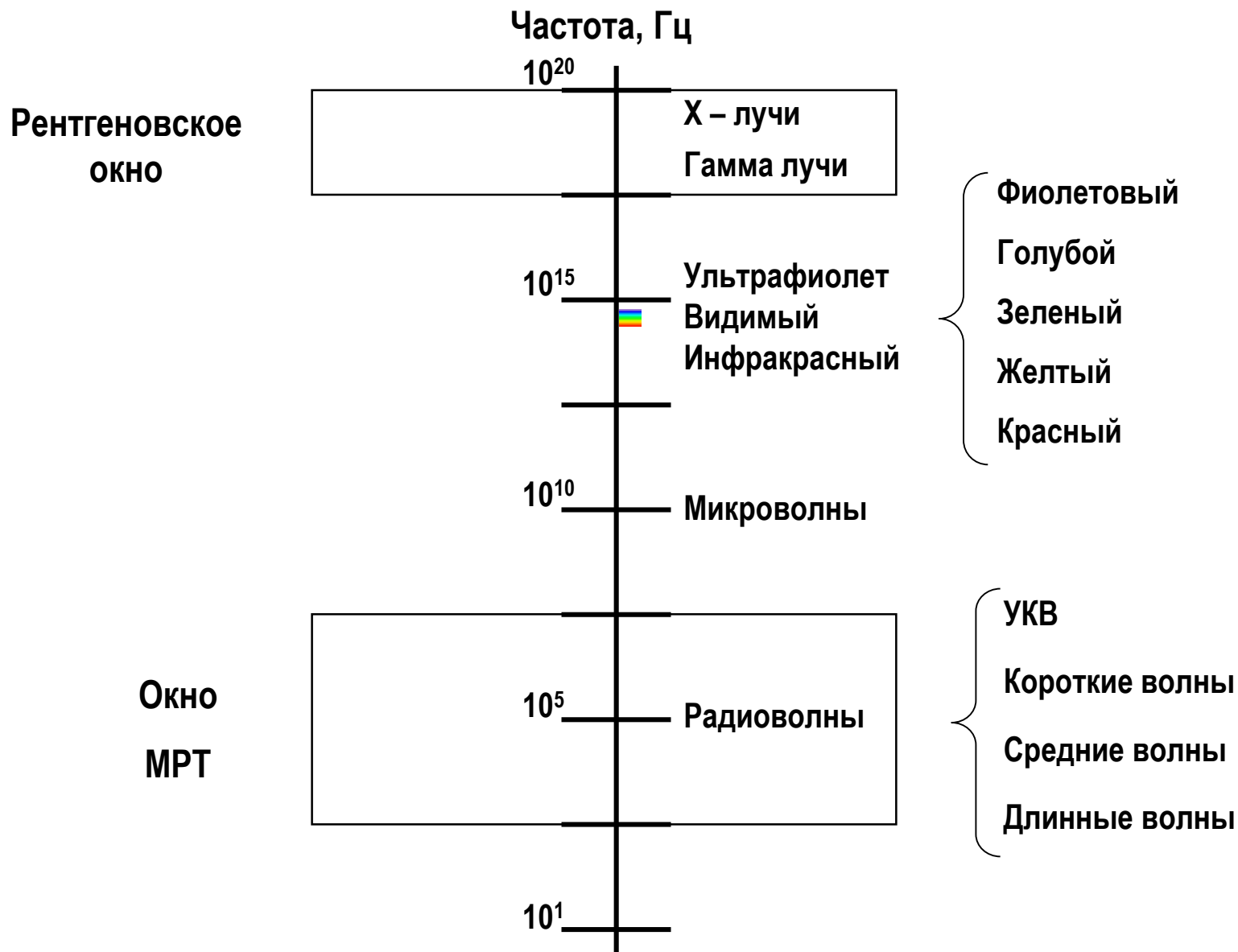


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Физический факультет
Кафедра общей физики физического факультета**

Радиологические инструменты: радионуклидная диагностика

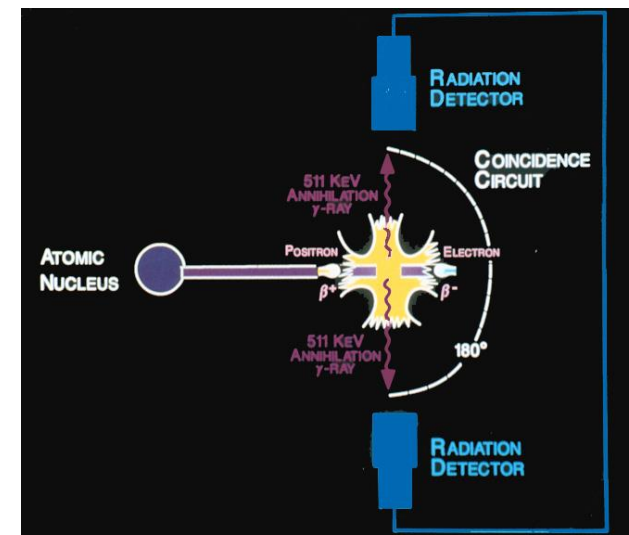
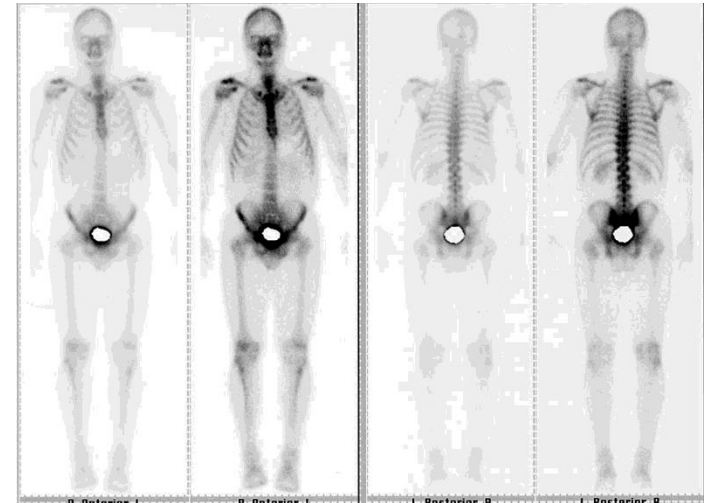
**Проф. Ирина Георгиевна Пальчикова
Проф. Евгений Иванович Пальчиков**

Новосибирск, 2012



Радионуклидная диагностика

- Введение радиоактивных препаратов
- Фотоны высоких энергий
- Ионизирующее излучение
- Детекторы экспозиции



Радионуклидная диагностика

Достоинства

- **Функционирование и анатомия**
- **Подчеркивание изображений**
- **Измерение данных/воспроизводимость**
- **Органоспецифическая**
- **Проекционная или томографическая**
- **Large patient**
- **Лечение**
- **Metabolic --FDG-PET scans**

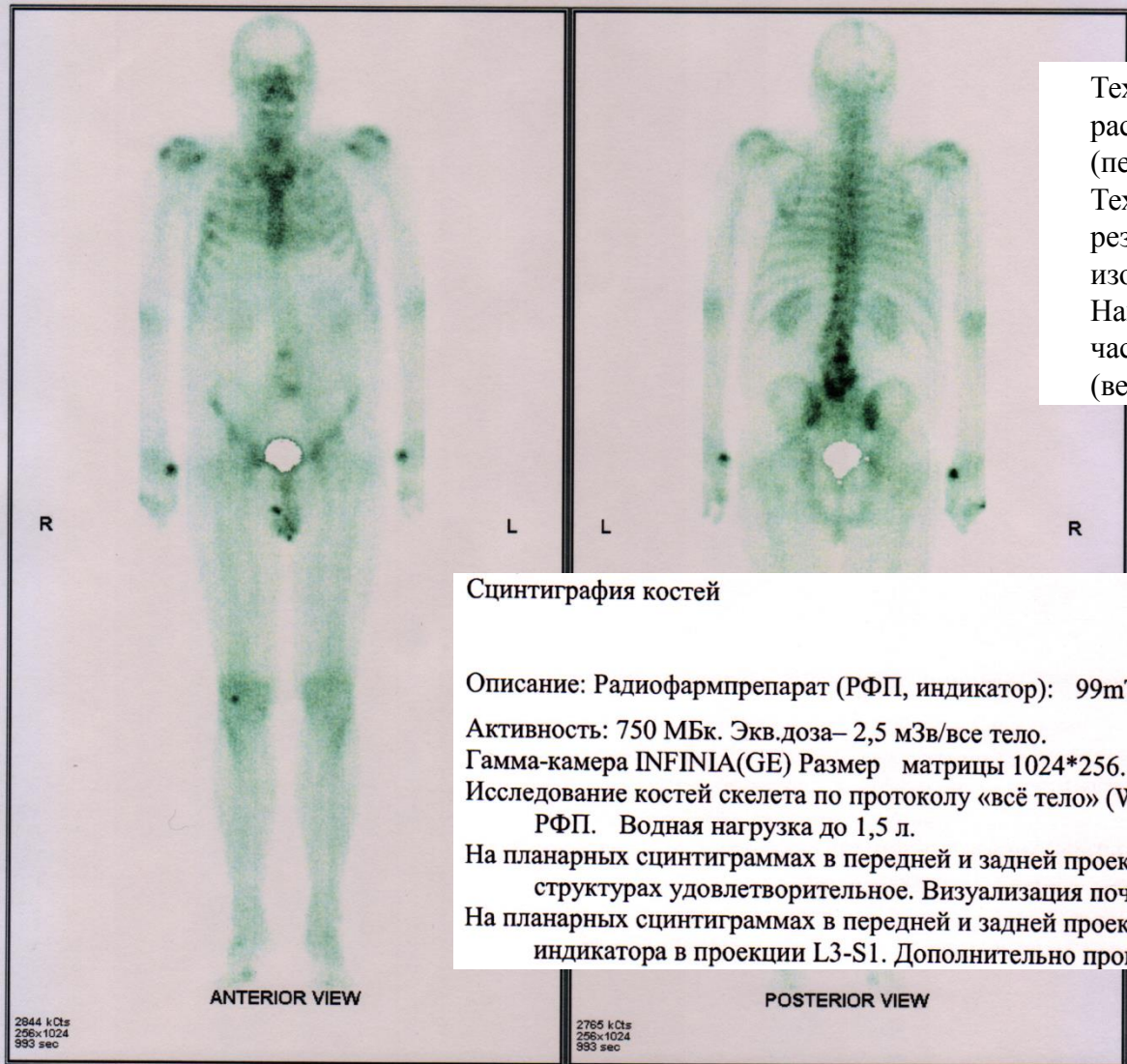
Радионуклидная диагностика

Недостатки

- Пропускная способность/ движение/ стоимость
- Ионизирующее излучение
- Детализация изображения
- Ограниченный обзор / органоспецифическая
- Большая область облучения
- Особенности использования

Поиск метастазов рака предстательной железы

BONE STUDY



Технеций-99 является дочерним продуктом β -распада нуклида ^{99}Mo (период полураспада составляет 65,94 часа): Технеций-99 также претерпевает бета-распад, в результате которого образуется стабильный изотоп рутения ^{99}Ru :
Наиболее вероятным является испускание бета-частиц с энергией 0,2935 МэВ (вероятность составляет 99,9984 %)

Клиника Мешалкина.
Отделение лучевой и радиоизотопной диагностики.
Через 3 часа после введения.
Всё тело – спереди и сзади

Сцинтиграфия костей

Описание: Радиофармпрепарат (РФП, индикатор): $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Фосфотех("Диамед", Россия)

Активность: 750 МБк. Экв.доза– 2,5 мЗв/все тело.

Гамма-камера INFINIA(GE) Размер матрицы 1024*256. Коллиматоры – LEHR.

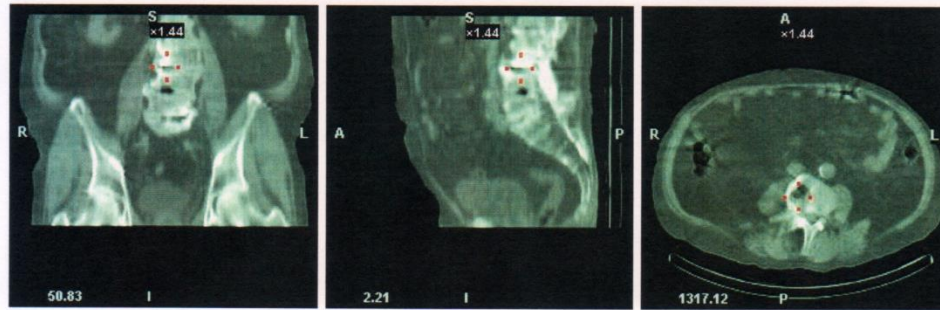
Исследование костей скелета по протоколу «всё тело» (Whole body) выполнено ч/з 3 часа после введения РФП. Водная нагрузка до 1,5 л.

На планарных сцинтиграммах в передней и задней проекциях накопление индикатора в костных структурах удовлетворительное. Визуализация почек отчётливая.

На планарных сцинтиграммах в передней и задней проекциях визуализируются очаги гиперфиксации индикатора в проекции L3-S1. Дополнительно проведена ОФЭКТ поясничного отдела позвоночника

Поиск метастазов рака предстательной железы

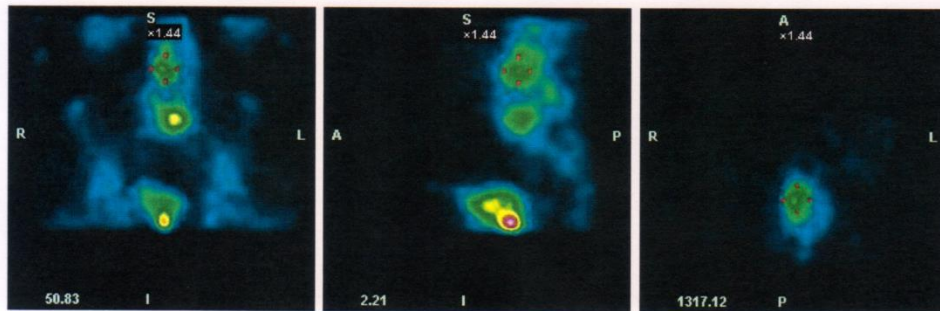
Тот же сканер INFINIA
Тот же пациент



CT Coronals

CT Sagittals

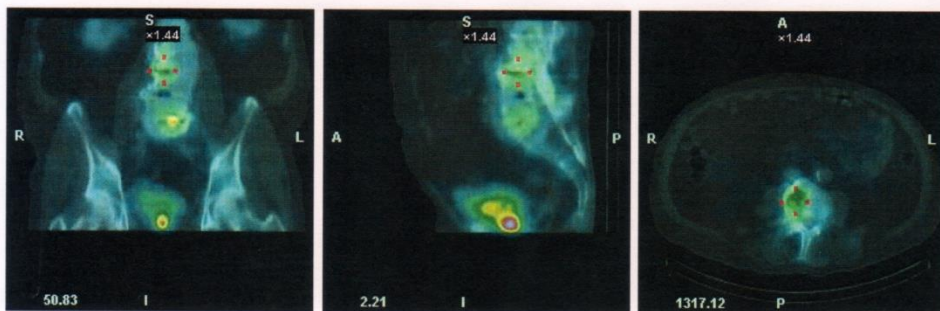
CT Transaxials



NM Coronals

NM Sagittals

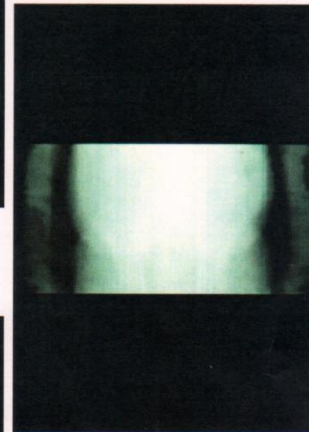
NM Transaxials



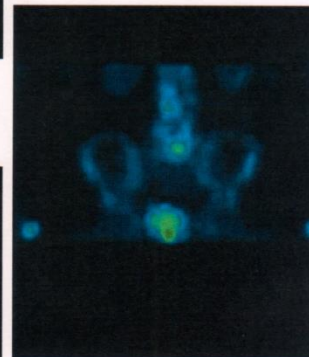
Fused Coronals

Fused Sagittals

Fused Transaxials



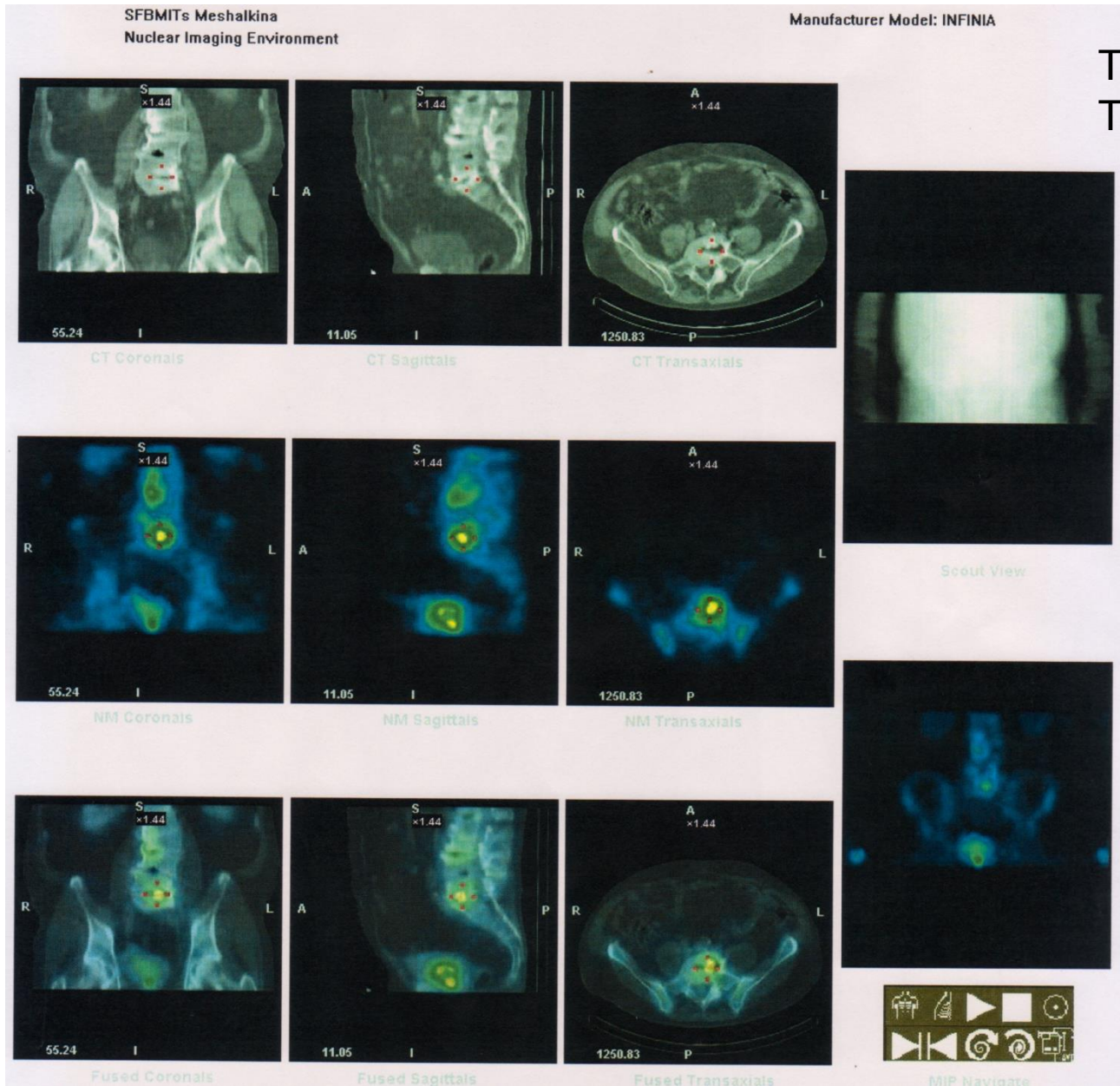
Scout View



MIP Noisefree

Томографические
срезы, прицельные
снимки.
Выявление очагов
концентрации изотопа

Поиск метастазов рака предстательной железы



Тот же сканер INFINIA
Тот же пациент

Томографические
срезы, прицельные
снимки.

Исследование
динамики
распределения
изотопа.

ИЗОТОПЫ

Как правило, в ПЭТ применяют изотопы химических элементов, представленных в живых биологических системах в большом количестве. Чаще всего для мечения РФП при ПЭТ используют углерод (^{11}C), азот (^{13}N), кислород (^{15}O) и фтор (^{18}F) (табл. 1), которые могут замещать стабильные изотопы, имеющиеся в норме в биологических молекулах, и при этом не изменять физиологических характеристик этих молекул. Изотопы, испускающие позитроны, обычно обладают настолько высокой удельной радиоактивностью, что для получения интересующей информации, как правило, бывает достаточно очень незначительного количества РФП. Относительно короткий период полураспада изотопов, используемых в ПЭТ, способствует снижению дозы облучения и позволяет проводить повторные исследования через короткие промежутки времени.

Очень важно, чтобы изотопы были доступны: изготавливаемы на месте или быстрая доставка

РФП _ радиоактивные фармацевтические препараты,

ПЭТ- позитронно-эмиссионная томография

Верхний индекс обозначает количество нуклонов в ядре.

Таблица 1

Физические характеристики основных позитрониспускающих изотопов

Изотоп	Период полураспада (мин)	Длина пробега (мм)
^{11}C	20,4	4,1
^{13}N	9,96	5,4
^{15}O	2,07	8,2
^{18}F	109,8	2,4

РФП, применяемые в ПЭТ, являются или мечеными естественными веществами, присутствующими организму, или же химическими аналогами таких веществ. Примером химического аналога может служить ^{18}F -флуородиокси глюкоза (ФДГ), в которой водород в молекуле глюкозы заменен изотопом ^{18}F . Примером естественного субстрата является вода, меченная ^{15}O (H_2^{15}O).

Характер накопления РФП зависит от его свойств. Например, H_2^{15}O распределяется пропорционально мозговому кровотоку (МК). Для оценки МК используют агенты, свободно проникающие сквозь гематоэнцефалический барьер (табл. 2). Эти вещества называют потокозависимыми (flow-limited), поскольку их накопление в веществе мозга определяется скорее МК, чем диффузией РФП в вещество мозга. При этом обычно применяют различные модификации методики Кети — Шмидта (Kety S.S., Schmidt C.F., 1948), в которой МК оценивают по степени накопления и вымывания препарата на капиллярном уровне. Был разработан также метод исследования кровотока при непрерывной ингаляции ^{15}O (Jones T. et al., 1976). В этом случае устойчивая концентрация H_2^{15}O в мозге определяется уровнем МК и периодом полураспада ^{15}O (2 мин).

ФДГ, так же как и глюкоза, проникает в клетку и фосфорилируется ферментом гексокиназой. Но в отличие от образующегося при этом глюкозо-6-фосфата ФДГ-6-фосфат не подвергается дальнейшему метаболизму, а накапливается внутри клетки пропорционально уровню обмена глюкозы. ФДГ, как и другие РФП, меченные ^{18}F , имеет относительно длительный период полураспада (110 мин). Этого может быть достаточно, чтобы синтезировать РФП в одном месте, а проводить само ПЭТ-исследование — в другом.

В некоторых случаях используют аналог вещества или препарат, избирательно связывающийся с каким-либо ферментом и изолирующий его активную форму, что позволяет оценить активность данного фермента. Как правило, такие реакции являются необратимыми и поэтому высокая удельная активность РФП имеет особо важное значение. В

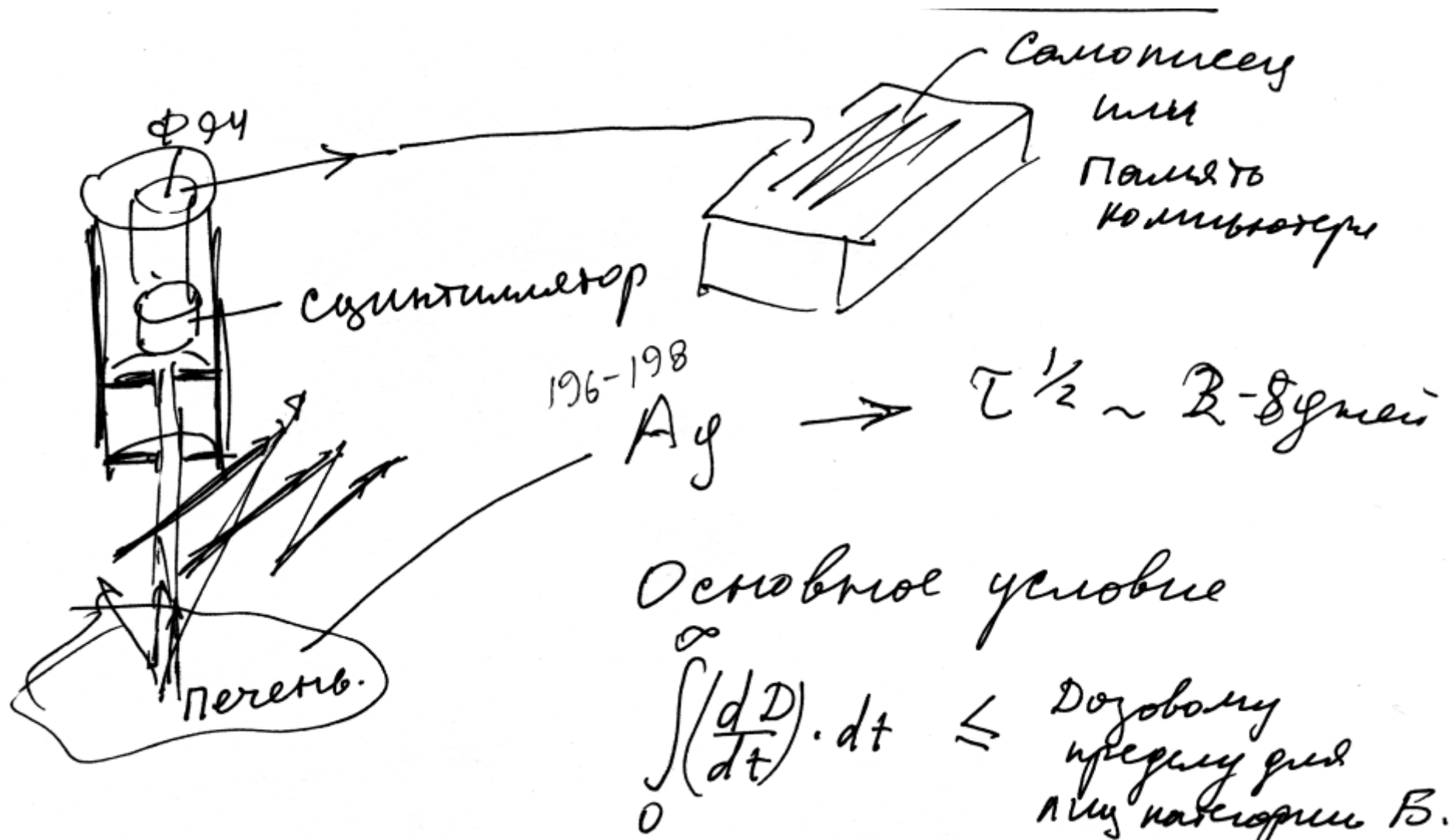
Для исследования рецепторов используют радиолиганды — вещества, связывающие позитрон-испускающие изотопы с молекулами (рецепторами), которые имеют известные фармакокинетические свойства (Mintun M.A. et al., 1984; Perlmutter J.S., Moerlein S.M., 1999). Как правило, используют метод картирования, при котором изображение иллюстрирует распределение того или иного рецептора в мозге. При этом уровень накопления РФП определяется преимущественно количеством (концентрацией) рецепторов в данной области и сродством лиганда к этим рецепторам. Соотношение концент-

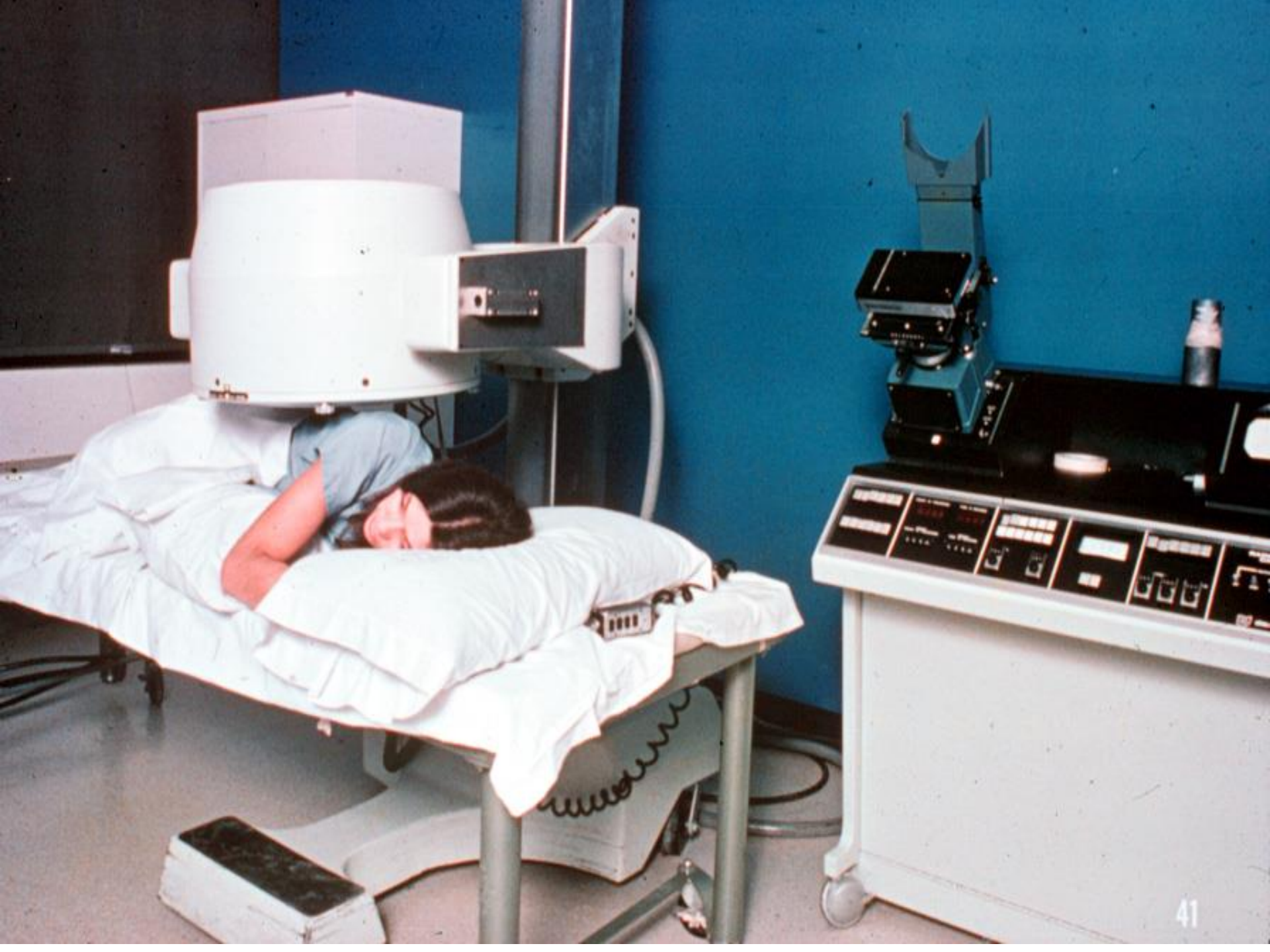
Таблица 2

**Биологические вещества, меченные позитрониспускающими
изотопами и применяемые в ПЭТ**

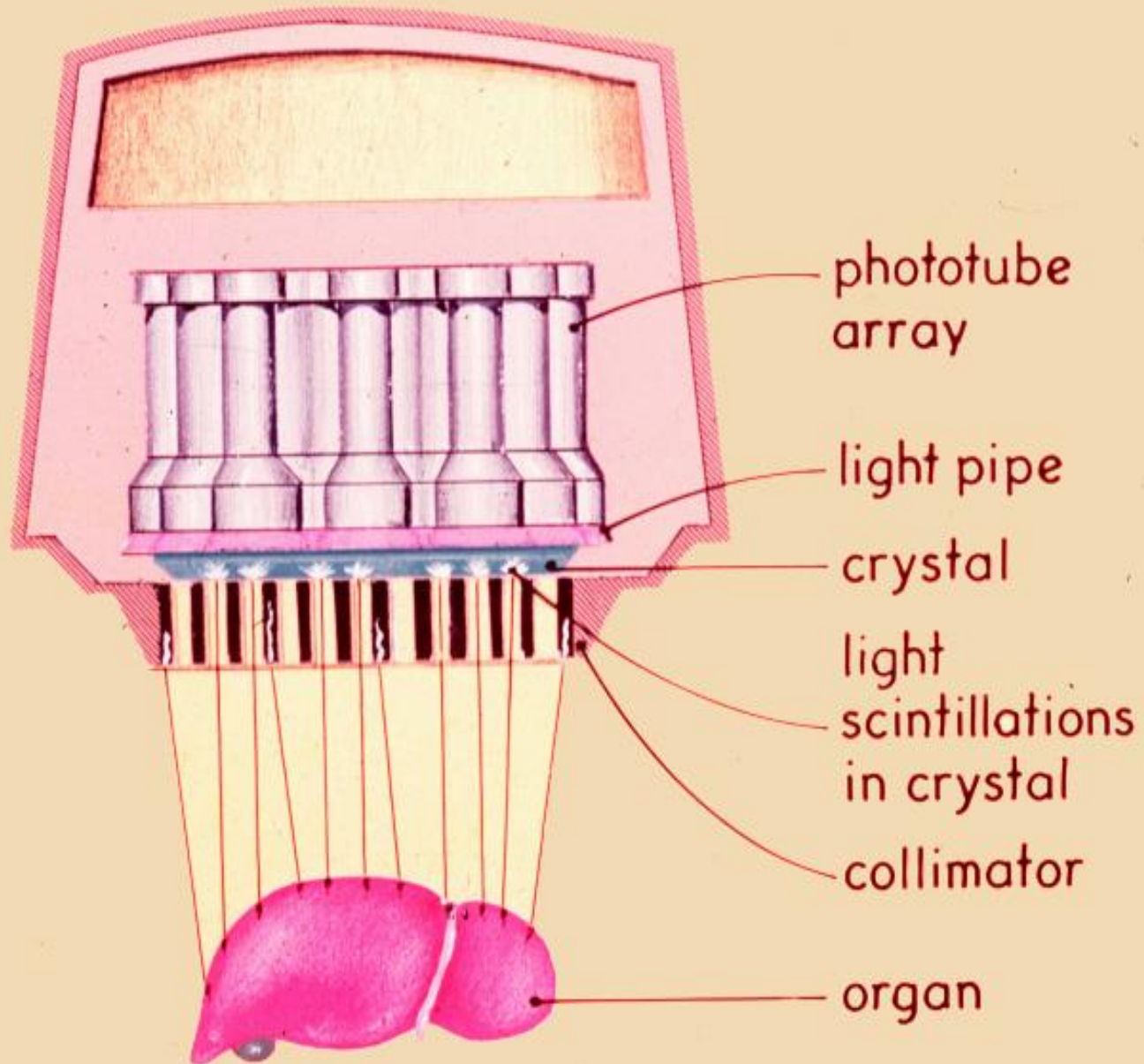
РФП	Применение
[¹⁵ O]H ₂ O, [¹⁵ O]бутанол, C ¹⁵ O ₂	Мозговой кровоток
¹¹ CO, C ¹⁵ O	Объем крови в мозге
¹⁵ O ₂	Обмен кислорода
[¹⁸ F]флуордезоксиглюкоза	Обмен глюкозы
[¹¹ C]метионин, [¹¹ C]холин, [¹¹ C]тирозин, [¹¹ C]лейцин, [¹¹ C]валин, [¹¹ C]фенилаланин	Обмен аминокислот
[¹¹ C]пальмитиновая кислота, [¹¹ C]метилгептадекановая кислота	Обмен свободных жирных кислот
[¹³ N]глутамат, [¹³ N]аланин, [¹³ N]аспарат	Активность трансаминаз
[¹¹ C]раклоприд, [¹¹ C]метилспирерон, 6-[¹⁸ F]флуородопамин, [¹⁸ F]спирерон	Дофаминовые рецепторы
[¹¹ C]карфентанил [¹¹ C]эторфин, [¹¹ C]дипренорфин	Опиатные рецепторы
[¹¹ C]флумазенил, [¹¹ C]флунитразепам	Бензодиазепиновые рецепторы
[¹¹ C]скополамин [¹¹ C]бензтропин, [¹¹ C]тропилбензилат, [¹¹ C]метилпиперидилбензилат	Мускариновые холинергические рецепторы
[¹¹ C]никотин	Никотиновые ацетилхолиновые рецепторы
[¹⁸ F]алтансерин, [¹⁸ F]сетоперон	Серотониновые рецепторы
[¹¹ C] доксепин	Гистаминовые H ₁ рецепторы
6-[¹⁸ F]флуоро-L-DOPA, 4-[¹⁸ F]флуоро-m-тирозин	Пресинаптическая дофаминергическая система
[¹¹ C]эфедрин, [¹⁸ F]флуорометараминол	Адренергические окончания
[¹¹ C]тимидин, [¹⁸ F] флуордеоксиуридин, [⁷⁶ Br] бромдеоксиуридин, [¹²⁴ I] йододеоксиуридин	Синтез ДНК (пролиферация клеток)
[¹¹ C] депренил	Моноаминоксидаза В (астроциты)

Изоотопное сканирование

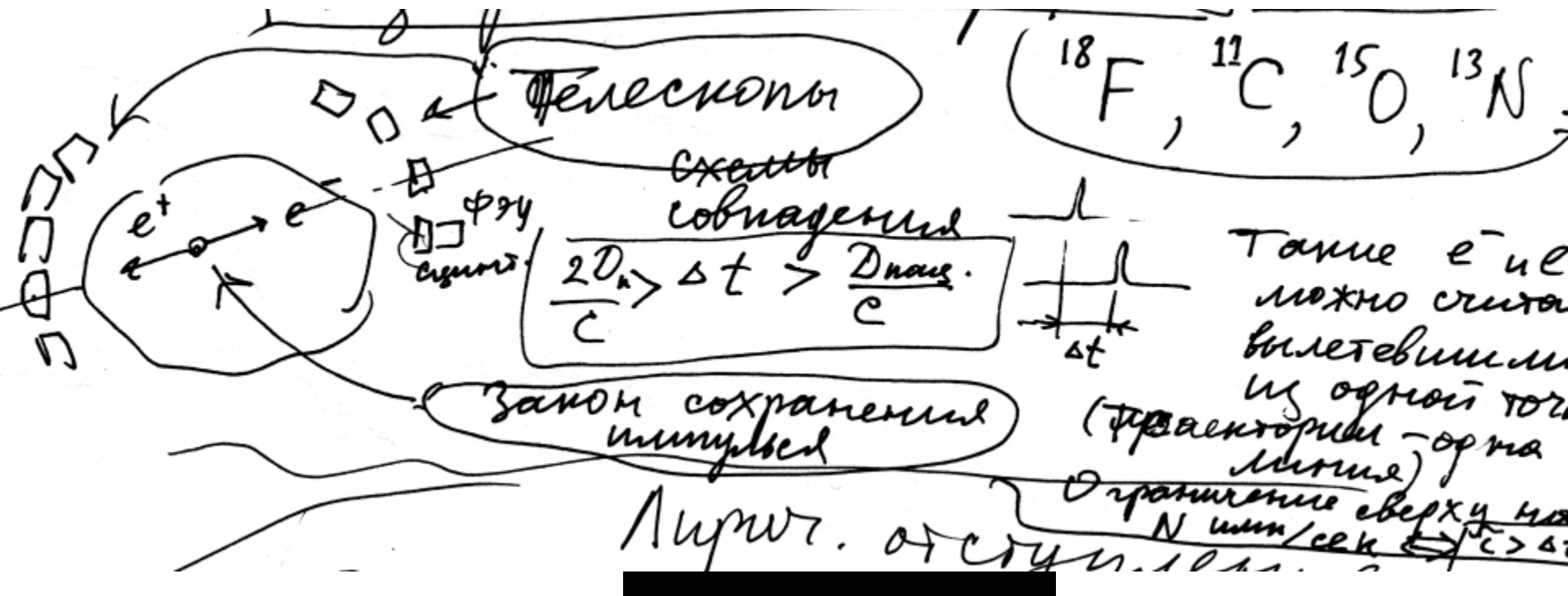




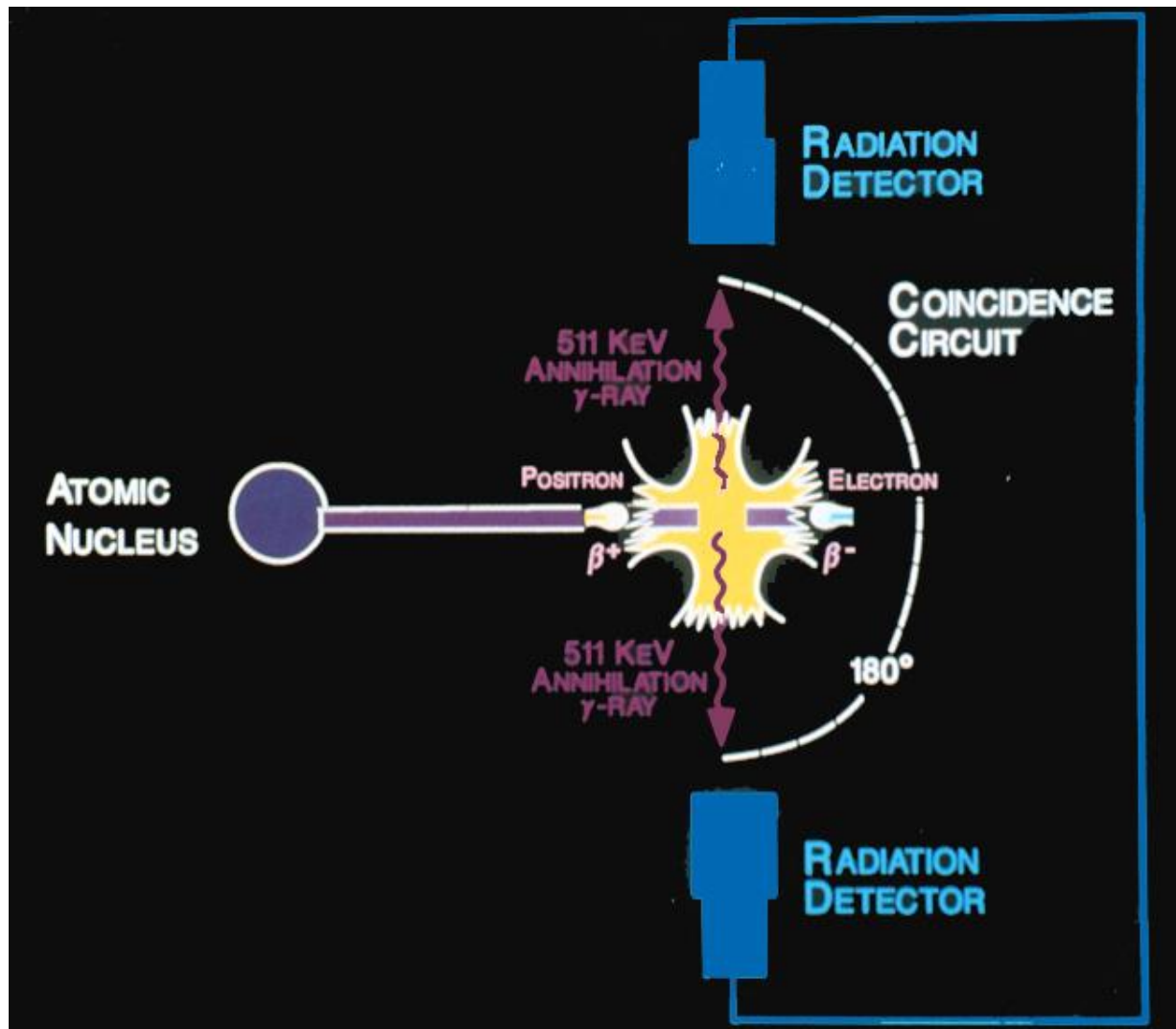
Anger Scintillation Camera



Позитронно-эмиссионная томография (PET)



Позитронно-эмиссионная томография (PET)

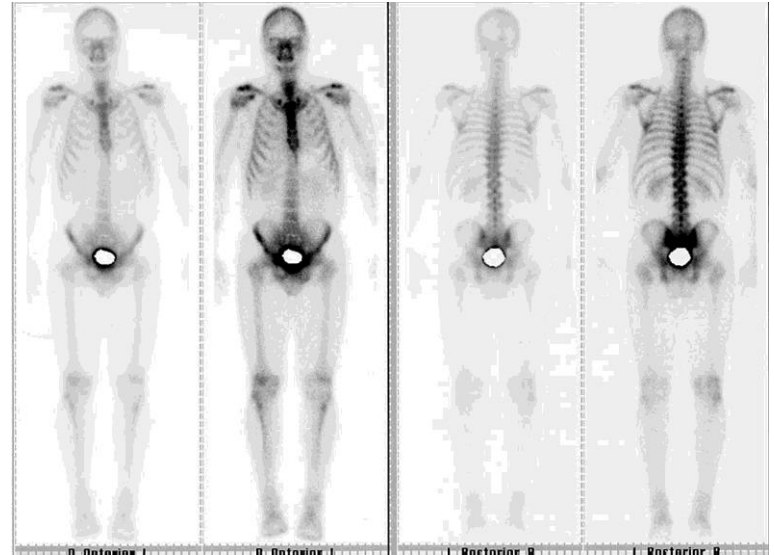


Характеристики идеального изотопа

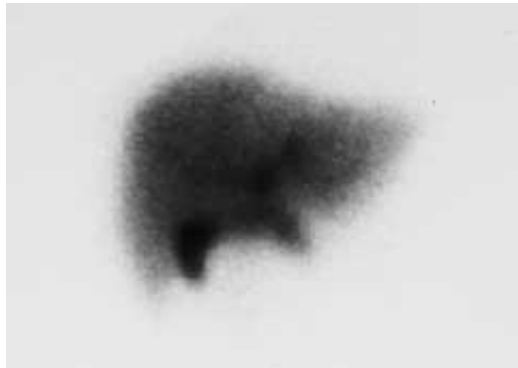
- 1. Источник только гамма излучения**
- 2. Энергия излучения от 100 KeV до 200 KeV**
- 3. Короткое время полу-распада**
- 4. Доступность**
- 5. Хорошие химические свойства**

Примеры

■ **BONE.**
Кости



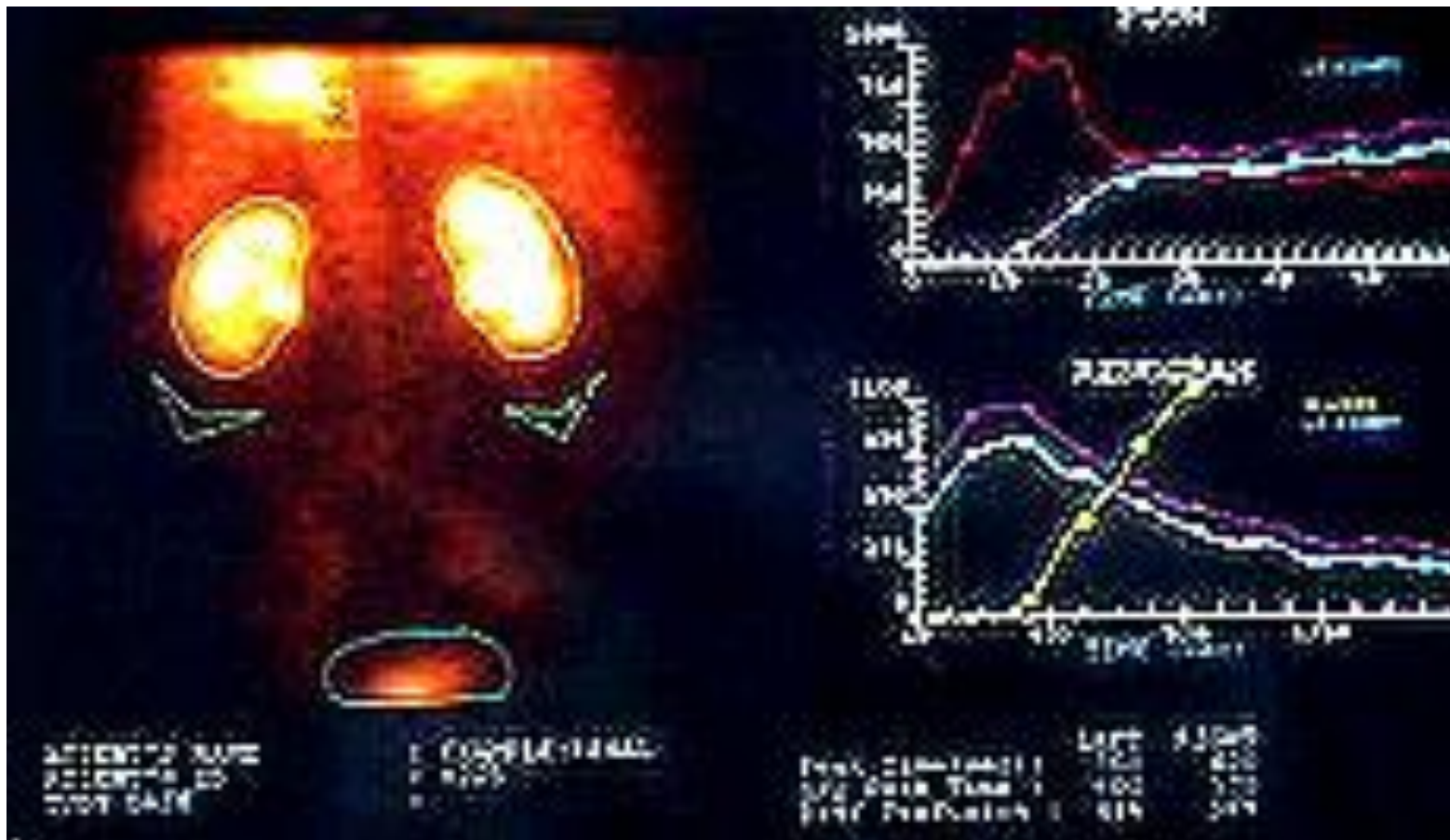
- **HEPATOBIILIARY**
- **гепатобилиарный**

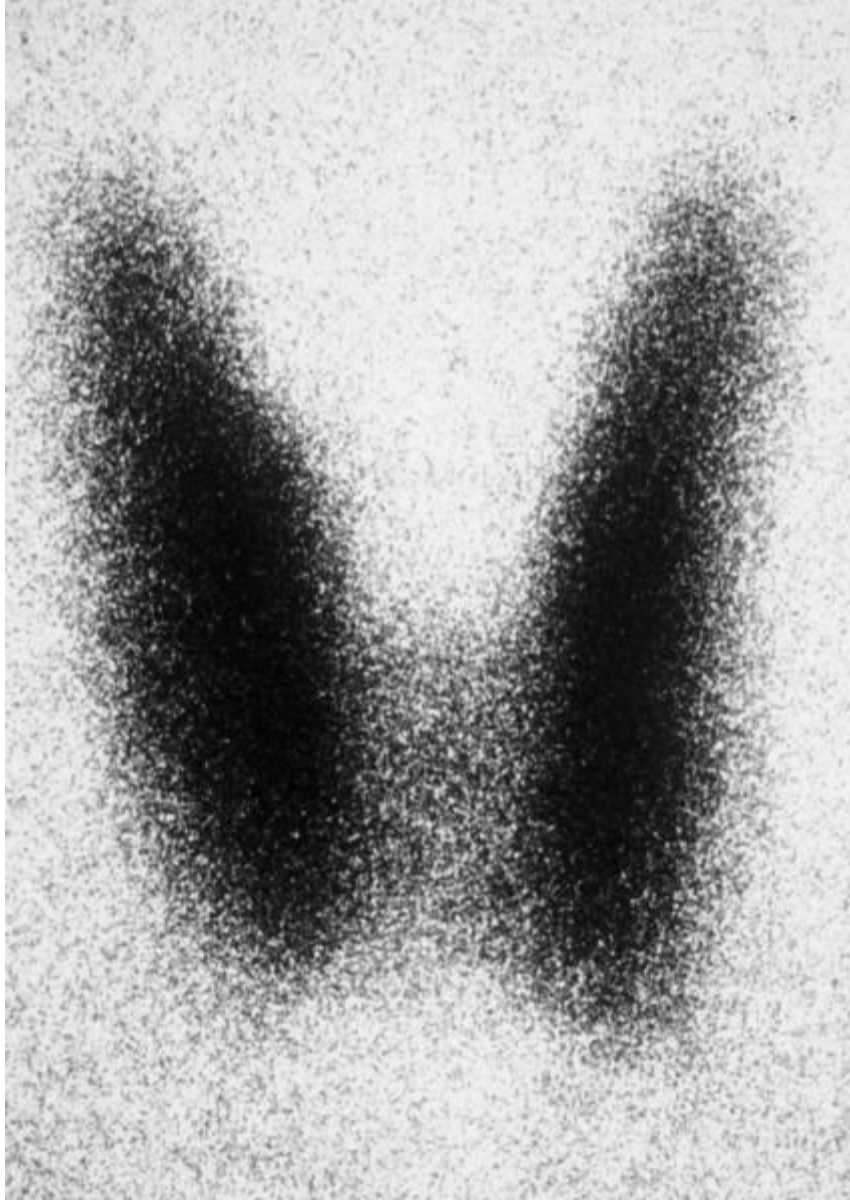


■ **RENAL**
■ **почечный**

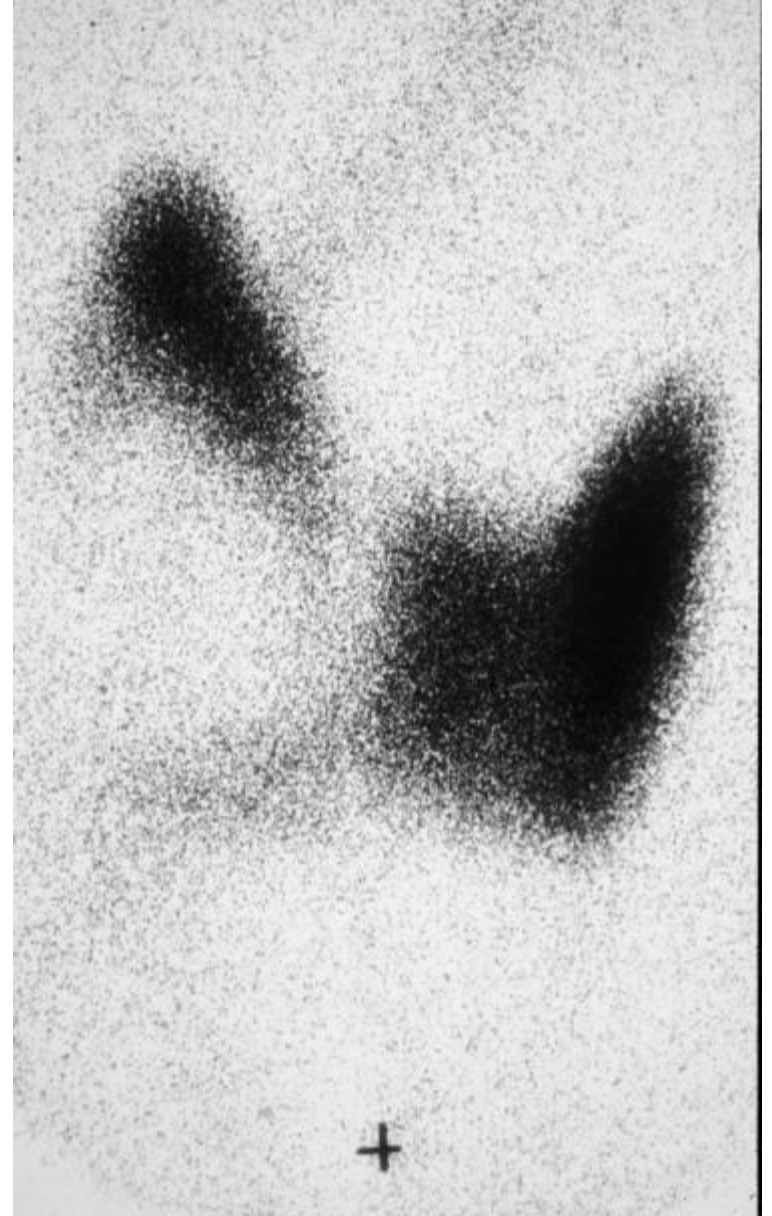
Примеры

- RENAL
- почечный



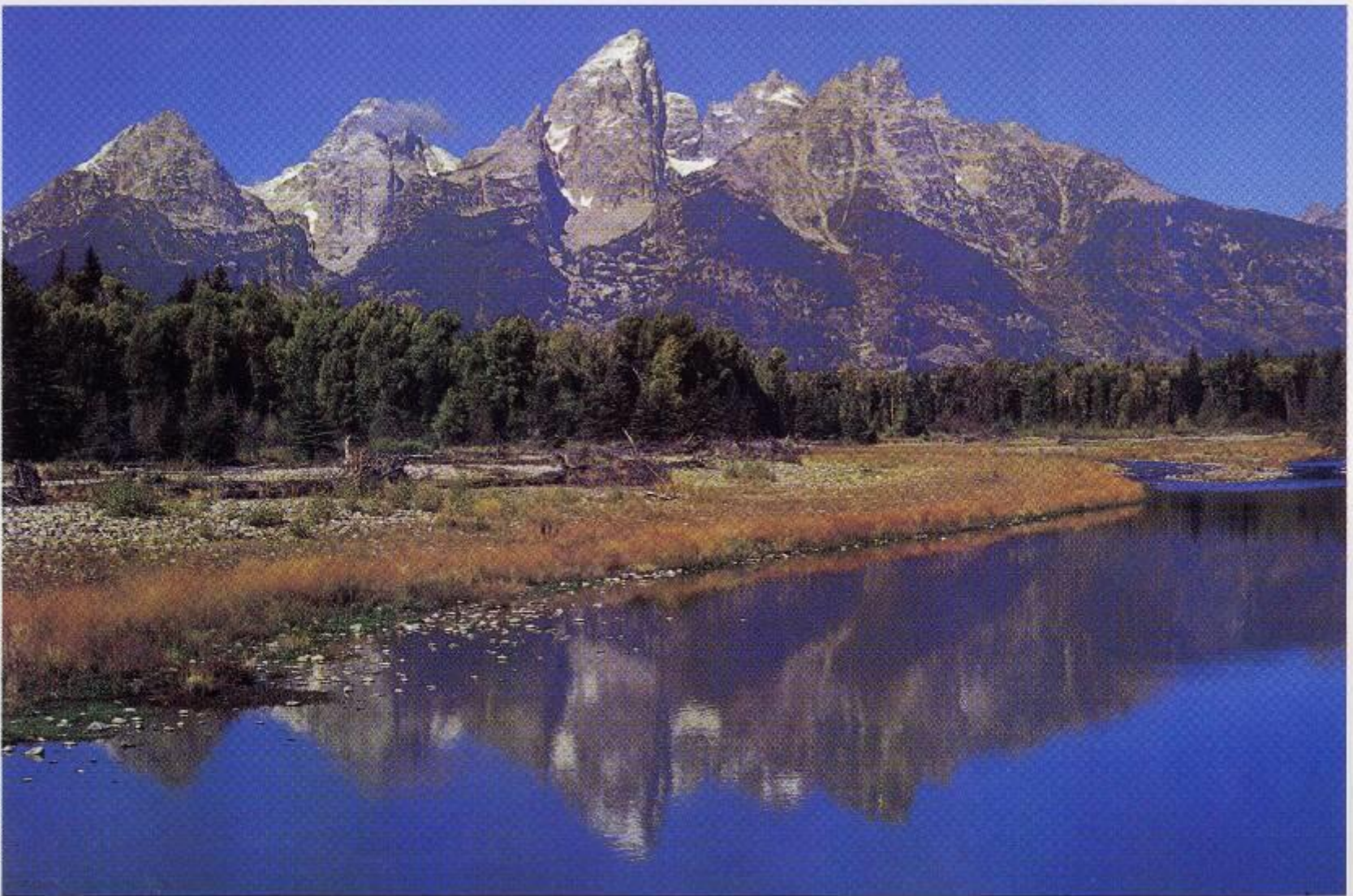


Normal Thyroid



Hypo-functional nodule

(Leica R8 camera, Leitz Summicron-R 50-mm lens, f-stop 8, 1/250 second, with a tripod, Kodachrome Professional 100VS)



Grand Teton Range, Wyoming

The Grand Teton Range and adjacent Jackson Hole form a majestic landscape of numerous alpine lakes, glaciers, and forests. Seen here on a pristine morning from Schwabacher's Landing on the Snake River, Grand Teton is the highest peak at 13,770 feet. Much of its eastern face is occupied by Shield Glacier, so named for its frying pan shape.

Photograph by Joachim F. Sailer, MD, Seattle, Washington