

**Рекомендации по изучению материала
лекции «Физические основы томографии»
(Компьютерная томография в медицине)**

По этой теме не будет практического занятия, но **в компьютерный тест на зачете материал лекции обязательно войдет**. Поэтому прорабатывайте лекцию очень внимательно.

Особое замечание для тех, кто ходит на наш электив «Физические методы диагностики в медицине». У вас 7-е и 8-е занятия электива (с 20.04 по 15.05 в целом) посвящены лучевой и радионуклидной диагностике. На 8-м занятии, как вам известно, будет тестирование по этим методам. Без лекции по томографии вряд ли вы сумеете его пройти, тем более что устного прослушивания докладов не будет.

Сами доклады с презентациями, безусловно, присылайте на мой адрес все, кто сделает или уже сделал. Я их, конечно, зачту, при хорошем выполнении.

Итак, каковы главные положения лекции, на что обратить особое внимание.

1. В первой части лекции дано определение и разъяснение ключевых понятий материала. Мы с вами не раз говорили, что недостаточно заучить термин, нужно четко понимать, что он означает, его смысл. Поэтому в лекции прежде всего дано:
 - а) определение и раскрытие по отношению к медицине понятия **«визуализация»**, обратите внимание на три ее этапа;
 - б) суть и сравнение **аналоговых и цифровых** методов обработки информации;
 - в) определение **томографии** как целой группы мощных современных методов исследования, при всей разнице имеющих нечто **общее: сканирование объекта и восстановление затем реального изображения с помощью компьютерной обработки данных на основе соответствующего математического аппарата.**
2. В этой же части кратко описана история возникновения компьютерной томографии. Ее возникновение, становление и развитие связано с именами следующих ученых: И. Радон, А. Кормак, Г. Хаунсфилд, - их вклад обозначен в лекции. Аппаратура для выполнения томографии компьютерный томограф – представляет собой целый комплекс отдельных составляющих, – запомните, что входит в его состав.
3. Во второй части лекции рассмотрена **классификация** методов компьютерной томографии **по виду действующего на объект излучения**. Здесь перечислены основные группы методов и для каждого указаны действующие факторы.

4. В третьей, последней части лекции дана **характеристика конкретных методов**. А именно, указано: на каких явлениях основано получение изображения; какие разновидности методик существуют; каковы особенности разных методов, их недостатки или преимущества, области применения. Это вещи принципиальные, их надо внимательно изучить по лекции, понять и запомнить. В одном из важнейших современных методов, МРТ, приводится также краткий обзор истории его возникновения и приспособления для нужд медицины, в том числе, конечно, с именами ученых, которым мы этим методом обязаны, - желательно знать этих «отцов» метода и вклад каждого в его становление.
5. Помимо всего прочего, **запомните общепринятую аббревиатуру**: первым созданный метод **рентгеновской** компьютерной томографии обозначают чаще всего просто **КТ**, хотя, по стандарту, его было надо было обозначать РКТ или КРТ; **магнитно-резонансная** томография – **МРТ**, а лежащий в ее основе ядерный магнитный резонанс – ЯМР; в **радионуклидных** методах в организм пациента вводятся радиофармпрепараты – РФП, а разновидности **ОФЭКТ** и **ПЭТ** расшифровываются соответственно как однофотонная эмиссионная компьютерная томография и позитронно-эмиссионная томография; **оптическая томография** – **ОТ**.

**Как всегда, позвольте закончить на пожелании удачи
в разборе очень важного материала!**

И, неизменно, – здоровья!

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ В МЕДИЦИНЕ

1. КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ.
2. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ.
3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТДЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ.

Ключевые понятия:

- Визуализация
- Цифровые методы обработки информации
- Томография

1. КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ: ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

(*visualis*, «зрительный») -
общее название
приёмов представления
числовой информации
или
физического явления
в виде, удобном для
зрительного
наблюдения
и анализа.

**Визуализация в
медицине** - неинвазивное
исследование
организма человека
при помощи физических
методов с целью
получения изображения
внутренних структур.

При этом используются

- ультразвуковые волны,
- электромагнитное излучение различных диапазонов,
- потоки элементарных частиц.

**Создание изображений
внутреннего строения и
функционирования
органов –**

**фундаментальная задача
медицинской науки.**

**Диагностика заболеваний,
лечение и управление
терапевтическими
процедурами
опираются на данные,
получаемые медицинской
визуализацией.**

**Физики сыграли главную
роль в разработке приборов
и методов для этих целей.**

**Все виды медицинской
визуализации включают
три этапа:**

- 1. Образование
пространственного
изображения.**
- 2. Его фиксация и
воспроизведение.**
- 3. Запись и архивация
изображения в
удобной для наблюде-
ния, хранения и пере-
дачи на расстояние
форме.**

КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ: МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

АНАЛОГОВЫЕ И ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ.

- **АНАЛОГОВЫЕ
МЕТОДЫ:**

используются
детекторы
с непрерывной реакцией
на действующий фактор.
Так, в классических
методиках
рентгенодиагностики
при изменении дозы излу-
чения меняется степень
потемнения пленки
или интенсивность
флуоресценции экрана.

Все цифровые технологии
работают на базе
первичной информации,
собранной аналоговыми
методами.

- **ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ:**

1) в них первичная
информация сначала
представляется в виде
цифровой матрицы –
строк и колонок чисел;

числа могут отражать
интенсивность эхо-сигнала
при УЗ- исследовании,
интенсивность света с
флюоресцентного экрана
в рентгеноскопии и т.п.

2) далее цифровая
матрица
преобразуется
в матрицу видимых
элементов изображения
– *пикселей*,

где каждому пикселю
присваивается один из
оттенков серой шкалы.

Общим преимуществом
цифровых методов
является возможность
обработки и хранения
данных с помощью
компьютера.



КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ: ТОМОГРАФИЯ

Томография –
общее название группы
методов,
в которых производится
сканирование,
т.е. послойный
просмотр в разных
проекциях,
органов или их частей
с помощью различных
излучений.

Затем путем сложных
математических
преобразований
и мощного компьютера
восстанавливается
истинное изображение
объекта.

"tomos" – слой , "grapho" - пишу

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ

**В основе методов
компьютерной
томографии
лежит идея австрий-
ского математика
Иоганна Радона.**



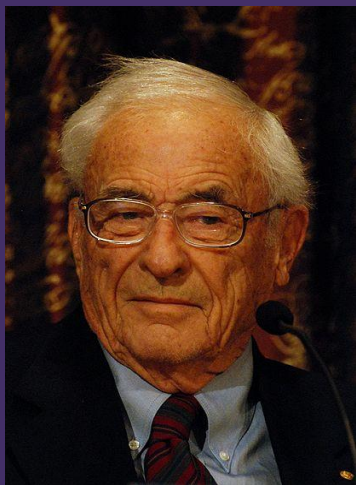
**Иоганн Карл
Август Радон,
1887-1956**

**Если получить ряд проекций -
"отображений" - объекта,
то с помощью
определенной
последовательности
математических
преобразований можно
восстановить изображение
объекта в целом.**

**В 1917 г. он разработал
теоретические основы
реконструкции
трехмерных изображений
по совокупности
двумерных проекций.**

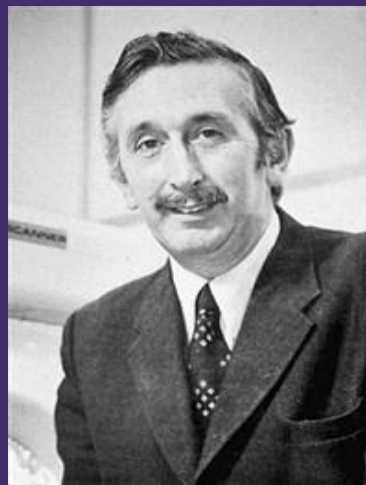
Немного об истории

**Математический аппарат
был усовершенствован
позднее
южноафриканским,
впоследствии
американским физиком
Алланом Кормаком.**



**Аллан
Маклеод
Кормак,
1924-1998**

**Вскоре после этого
первый в мире
компьютерный томограф
на основе рентгеновского
излучения
создал английский физик
Годфри Хаунсфилд.**



**Годфри
Ньюболд
Хаунсфилд,
1919-2004**

**Впервые метод
томографии в клинике
был применен в 1971 г. в
госпитале города
Уимблдона.**

**Вскоре метод начал
«победное шествие»
по всему миру.**

**Это ознаменовало
новую эру в
медицинской
диагностике.**

**В 1979 г. А. Кормаку и
Г. Хаунсфилду
была присуждена
Нобелевская премия по
физиологии и медицине
«за развитие
компьютерной
томографии».**

**Интересно, что Кормак и
Хаунсфилд познакомились
лишь в Стокгольме за день
до вручения премии.**

ТОМОГРАФЫ

**МЕДИЦИНСКИЕ
ПРИБОРЫ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
КОМПЬЮТЕРНОЙ
ТОМОГРАФИИ
НОСЯТ НАЗВАНИЕ
«ТОМОГРАФЫ».**

**Томограф представляет
собой комплекс
аппаратуры для
получения, обработки
и регистрации
информации.**



Рентгеновский комп. томограф

**Комплекс
компьютерного
томографа включает:**

- источник излучения
- системы расположения человека и установки координат съема информации
- детекторы излучения
- высокопроизводительные компьютеры
- сложное математическое обеспечение
- специализированные помещения с системами регистрации для медперсонала

*Суть всех
томографических
методов
одна и та же:
математическое
компьютерное
моделирование
исследуемых структур
и процессов с
последующей
визуализацией.*

2. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ТОМОГРАФИИ

*Но принципы получения
первичной
информации
в конкретных методах
различны –
в зависимости от
используемого в
данном методе
излучения.*

*Соответственно
имеются различия и
в конструкции
томографов, и в
математическом
обеспечении.*

Существует
несколько способов
классификации методов
КТ.

Мы рассмотрим
классификацию

ПО ВИДУ

действующего на объект
ИЗЛУЧЕНИЯ.

Основные методы

Название метода

- Рентгеновская компьютерная томография (РКТ)
- Магнитно-резонансная томография (МРТ)
- Радионуклидные методы (ОФЭКТ, ПЭТ)
- Оптическая томография

Действующие факторы

- Рентгеновское излучение
- Постоянное магнитное поле и радиоволны СВЧ-диапазона
- Радиоактивные излучения, визуализация в гамма-лучах
- Излучение оптического диапазона, в основном ИК

3.1. Рентгеновская компьютерная томография

Сканирование производится с помощью рентгеновского излучения.

Получение изображения основано на поглощении рентгеновских лучей веществом, при этом разные ткани поглощают излучение по-разному.

В классической рентгеноскопии и рентгенографии изображение получается на флюоресцирующем экране или на специальной фотопленке.

**НЕДОСТАТКИ
КЛАССИЧЕСКИХ
МЕТОДИК:**

- При прохождении рентгеновских лучей через несколько фрагментов коэффициенты ослабления последовательно увеличиваются, и каждый следующий фрагмент дает заметно меньший вклад в общую картину.

Увеличение же начальной интенсивности крайне нежелательно, так как при этом растёт лучевая нагрузка на пациента.

- Соседние ткани часто имеют **малые отличия** в коэффициентах ослабления, а при возникновении очагов патологий происходят **малые изменения** этих коэффициентов.

Поэтому тканевая контрастность может быть небольшой.

Методом КРТ восстанавливается истинное изображение исследуемого объекта. Это – первый в истории развития томографии вообще метод, и необходимый математический аппарат впервые был разработан И.Радоном именно для КРТ.

Отдельные изображения (срезы) получают с помощью вращения вокруг пациента рентгеновской трубки.

В исследуемых тканях часть фотонов рентгеновского излучения поглощается или рассеивается, а другая распространяется до специальных высокочувствительных детекторов.

Рентгеновская КТ значительно превосходит обычную рентгенографию в разрешении по контрастности.

(КТ-детекторы на два порядка более чувствительны к различиям в интенсивности излучения, чем рентгеновская пленка.)

**Современные
компьютерные
томографы
могут различать ткани,
плотность которых
отличается
всего на 0,1 %.**

**Диагностические
возможности метода
очень велики.**

**КРТ применяют для
диагностики большого
числа различных
заболеваний –
в травматологии,
онкологии,
кардиологии и т.д.**

**Так, КРТ является
эффективным методом
выявления
опухолей сердца,
осложнений инфаркта
миокарда,
заболеваний перикарда.**

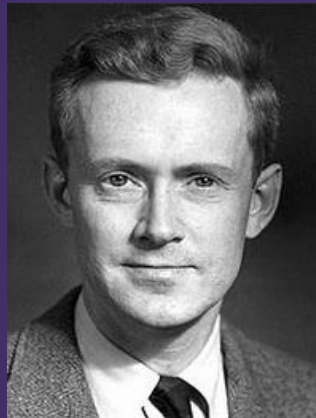
3.2. Магнитно-резонансная томография

Вслед за РКТ начали бурно развиваться томографические методы диагностики на основе других излучений – в особенности метод МРТ.

Интересна история создания метода МРТ.



1905-1983



1912-1997

МРТ для визуализации использует радиоволны СВЧ-диапазона.

В его основе лежит явление ядерного магнитного резонанса (ЯМР),

открытое в 1946 г. физиками швейцарцем Феликсом Блохом и американцем Эдвардом Миллсом Перселлом.

Суть ЯМР:

**вещество, ядра которого
имеют магнитный
момент,**

**в сильном постоянном
магнитном поле
поглощает энергию
слабого
электромагнитного
излучения**

СВЧ-диапазона.

**Поглощение
обусловлено
переориентацией
магнитных моментов
ядер и переходом ядер
на возбужденный
энергетический
уровень.**

**Открытие было отмечено
присуждением авторам
в 1952 году Нобелевской
премии по физике
за развитие новых
методов для ядерных
магнитных измерений.**

Более 30 лет метод применялся учеными не с медицинской целью.

Использовать ЯМР для получения изображения органов тела человека

позволили работы английского физика

Питера Мэнсфилда (1933-2017) и американского химика Пола Лотербура (1929-2007).

Метод позволяет изучать

организм человека на основе насыщенности тканей организма водородом.

Ядро водорода содержит один протон, обладающий магнитным моментом.

После возбуждения протонов водорода радиочастотным излучением резонансной для протонов частоты в постоянном магнитном поле высокой напряженности они возвращаются в основное состояние, и при этом выделяется энергия.

Выделенная энергия регистрируется системой сбора данных томографа, и на основании этих данных происходит формирование изображения того или иного органа или ткани. Качество изображения повышается при увеличении индукции магнитного поля.

Первые томографы имели индукцию всего 0,005 Тл (тесла);

в современных она составляет обычно от 0,7 до 3 Тл.

Для точного определения пространственной локализации сигнала используются дополнительные, «градиентные» поля, которые обеспечивают выборочное возбуждение протонов конкретной области.

Параметры сигнала ЯМР определяются рядом характеристик исследуемого объекта,

то есть зависят от его структуры и состояния. Они могут изменяться в зависимости от функционирования органа или при появлении патологии, что и позволяет использовать явление ЯМР для диагностики в медицине.

**П. Мэнсфилд и
П. Лотербург в своих
исследованиях шли
разными путями.**

**Мэнсфилд показал, как
в принципе
радиосигнал,
полученный от
прибора,
может быть
математически
обработан и
интерпретирован в
изображение.**

**Лотербург изобрёл
способ определения
происхождения
радиоволн,
излучаемых ядрами
объекта исследования,
с помощью градиента
магнитного поля.**

**В 2003 г. Мэнсфилд и
Лотербург получили
Нобелевскую премию
по физиологии и
медицине
«За изобретение метода
магнитно-резонансной
томографии».**

НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ, 2003 год



Первые ЯМР-томографы появились в клиниках в 80-е годы XX столетия.

В 1986 г. термин «ЯМР-томография»

был заменен на термин «МР-томография»,

т.е. из названия метода исчезло упоминание о ядерности.

Это было сделано в связи с радиофобией людей после Чернобыльской аварии

и позволило методу безболезненно войти в повседневную практику.

Современные МР-томографы имеют самую высокую тканевую контрастность из всех существующих видов томографов.

Другое их чрезвычайно существенное преимущество –

отсутствие лучевой нагрузки на пациента и персонал,

поскольку в методе не используются ионизирующие излучения.

В современной медицине МРТ применяется для оценки морфологического состояния и функций практически всех органов.

С его помощью осуществляют диагностику патологий сердца, нарушений системы кровообращения, заболеваний суставов и позвоночника, новообразований, деструктивных процессов, врожденных или приобретенных аномалий развития.

Метод имеет большое значение при оценке состояния пациента после перенесенных инфарктов и инсультов.



3.3. Радионуклидные методы

Основаны
на регистрации и
измерении
различных видов
ядерных излучений от
радиоактивных
веществ,
которые вводятся в
организм пациента в
составе
радиофармпрепаратов,
РФП.

РФП – соединения,
имеющие
радиоактивную метку
и при введении в
организм
включающиеся в
естественные
процессы
метаболизма.

Молекула-носитель
определяет пути и
характер
распространения
препарата в теле
пациента.

Радиоактивная метка - радионуклид

Радионуклид – нестабильный атом, спонтанно распадающийся с выделением радиоактивного излучения, которое и используется для визуализации. Введение производится внутривенно, реже ингаляционно.

В однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) используют в качестве радионуклидов технеций-99 или таллий-201, испускающие гамма-лучи.

В позитронной
эмиссионной
томографии (ПЭТ)
радиоактивной меткой
служат
изотопы кислорода или
фтора (^{15}O , ^{18}F),
испускающие
позитроны.

В теле пациента
свободный позитрон
реагирует
с ближайшим
электроном,
что приводит к
образованию двух
гамма-фотонов,
разлетающихся в
противоположных
направлениях.

Таким образом, ПЭТ
основана на эффекте
аннигиляции
позитронов и
электронов.

Но в обоих методах в
конечном счете
визуализация
производится в
гамма-лучах.

Детекторами гамма-
фотонов служат
сцинтилляционные
гамма-камеры.
Регистрация в них
основана на эффекте
сцинтилляции –
образовании световых
вспышек
при взаимодействии
электромагнитного
излучения
со специальными
регистрирующими
кристаллическими
пластинами.

**Радионуклидные
методы**
позволяют получать
динамическое
изображение органа;
анализ характера и
динамики
распределения РФП
предоставляет
возможность судить
о функциональных
процессах в нем,
изменениях на тканевом
и клеточном уровнях.

**ОПТИЧЕСКАЯ
ТОМОГРАФИЯ (ОТ) –**
сравнительно молодой
метод, в котором для
визуализации
используется лазерное
излучение
оптического диапазона,
в основном ближний
ИК и красный свет.
Высокая
информативность и
безопасность метода
обещают ему большое
будущее.

Особенности и сложности создания систем

Принципиальное отличие ОТ

Взаимодействие
оптического лазерного
излучения
с биологическими
тканями носит сложный
характер:
кроме поглощения,
большую роль начинают
играть **рассеяние**,
преломление, отражение.

1. Вошедший в биологическую среду лазерный луч «размывается», траектории фотонов становятся криволинейными.

Это не позволяет использовать математический аппарат, базирующийся на преобразованиях Радона.

2. Для задач ОТ необходимы новые, более информативные схемы измерений.

Потенциальные преимущества ОТ

- Использует практически безвредное для человека маломощное (порядка десятков мВт) излучение ближнего ИК-диапазона.
- Позволяет получить существенно больше информации, имеющей важное диагностическое значение.
- Конструкция оптического томографа проще и дешевле, чем у систем, применяемых в КТ и МРТ.

В настоящее время над созданием систем для ОТ работают исследователи разных стран, в том числе и нашей.

Некоторые системы уже внедряются в клиническую практику. – СТЛМ (США)



Возможное применение

Области применения ОТ

ОТ лучше всего подходит для исследования мягких тканей, поэтому наиболее удачные объекты – молочные железы и ткани головного мозга.

В особенности важна возможность применения ОТ для исследования внутренних структур головного мозга новорожденных.



В офтальмологии с помощью ОТ производится визуализация структур глаза с измерением их параметров, оценкой состояния и выявлением мельчайших морфологических изменений.



Ссылка для прохождения тестирования

После изучения лекции необходимо пройти тестирование при помощи сервиса Гугл-формы.

Пожалуйста, корректно заполняйте поля ФИО, факультет и номер группы.

<https://clck.ru/N9LiC>

