Департамент образования города Москвы   
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы «Школа №1505 Преображенская»

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

на тему

**Методы и аппаратура инструментальной диагностики**

Выполнил (а):   
Горячева Софья Олеговна

Руководитель:   
Воробьева Екатерина Андреевна

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (подпись руководителя)

Рецензент:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (подпись рецензента)

Москва

2018/2019

Оглавление

[Введение 2](#_Toc532857489)

[Глава первая: Особенности и применение инструментальной диагностики в медицине 5](#_Toc532857490)

[Эндоскопические методы 5](#_Toc532857491)

[Принцип работы эндоскопов 6](#_Toc532857492)

[Методы лучевой диагностики 7](#_Toc532857493)

[Рентгенологический метод 8](#_Toc532857494)

[Рентгенографя 9](#_Toc532857495)

[Рентгеноскопия 10](#_Toc532857496)

[Флюорография 11](#_Toc532857497)

[Томография 12](#_Toc532857498)

[Компьютерная томография 12](#_Toc532857499)

[Радионуклидный метод исследования 14](#_Toc532857500)

[Радионуклидная визуализация 15](#_Toc532857501)

[Клиническая радиометрия 16](#_Toc532857502)

[Ультразвуковой метод 16](#_Toc532857503)

[Магнитно-резонансный метод 19](#_Toc532857504)

# Введение

В медицине важнейшим этапом в процессе лечения пациента, безусловно, является правильная постановка диагноза. Для этого требуется грамотное проведение диагностики. Именно поэтому актуальна разработка и внедрение в практику новых медицинских технологий. Развитие диагностических систем позволяет по­вышать эффективность лечебно-диагностического процесса и сокращать экономические и трудовые потери. Возрастает роль и значение инструментальных методов исследования. На данный момент в практику активно внедряются новые диагностические технологии отслеживания состояния внутренних органов и широко применяются во многих областях медицины: кардиология, гастроэнтерология, пульмонология, онкология, неврология и другие области.

Инструментальная диагностика представляет собой важный раздел комплексного исследования пациентов и включает в себя эндоскопические, ультразвуковые, рентгенологические, радиоизотопные, электрометрические и другие методы обследования. В зависимости от характера заболевания врач назначает исследование, дающее наибольшее количество информации в конкретном случае. Каждый из инструментальных методов исследования позволяет выявить конкретные особенности органа или его функцию. Именно поэтому одному пациенту могут быть назначены несколько разных исследований в общей программе диагностики заболеваний. Исследования не дублируют друг друга, а дополняют, позволяют раскрыть все процессы, происходящие в исследуемой системе или органе, выявить характер соотношений с другими органами и тканями.

Медицинская физика - профессия XXI века. Во многих университетах создаются отделения, кафедры и центры для подготовки специалистов в этой сфере. Разработка и развитие высокотехнологичного оборудования, а также использование новейших технологий диагностики и лечения вызвали необходимость в подготовке специалистов, обладающих комплексными знаниями — по физике, компьютерным технологиям и медицине. На данный момент большинство медиков используют возможности современных приборов не более чем на 10-20%. Поэтому столь важны медицинские физики, которые смогут грамотно эксплуатировать сложную технику и создавать новую, развивая перспективные направления науки. Медицинская физика - это соединение фундаментальных знаний по физике и понимания общих принципов функционирования организма человека.

**Проблемой** данного исследования является узкая специализация медицинских сотрудников, работающих в области диагностики, и несоответствие уровня подготовки специалистов современным техническим разработкам.

Необходимость и повсеместное использование инструментальной диагностики определяют **актуальность** проблемы данного исследования.

**Цель:**  изучить особенности основных методик и аппаратуры инструментальной диагностики и рассмотреть различные возможности обучения на специалиста в сфере медицинской физики.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие **задачи**:

1. Изучить особенности методов инструментальной диагностики и принципы работы ее аппаратуры
2. Определить область использования инструментальных диагностических методов
3. Изучить возможности обучения на специалиста в сфере медицинской физики

# Глава первая: Особенности и применение инструментальной диагностики в медицине

Особенность инструментальных методов заключается в том, что они требуют использования электрохимической, оптической, радиохимической и иной аппаратуры.

## Эндоскопические методы

***Эндоскопические методы*** используются для исследования пищевода (эзофагоскопия), желудка (гастроскопия), 12-перстной кишки (дуоденоскопия), тонкой кишки (энтероскопия), всей толстой кишки (колоноскопия), сигмовидной и прямой кишок. Современная эндоскопия в процессе диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта позволяет не только проводить исследование, но и делать забор материала для морфологического исследования (биопсия). Также с помощью эндоскопии можно проводить лечение. Через эндоскоп можно удалить полипы, остановить кровотечение, провести лазеротерапию, прижигание, обкалывание лекарственными средствами язв, эрозий.

***Диагностическая******эзофагоскопия***осуществляется с помощью гибких эндоскопов, которые позволяют тщательно осмотреть все отделы пищевода, изучить целостность слизистой оболочки, ее цвет, складчатость, подвижность, проверить функция пищевода — перистальтику, наличие ригидности стенок, изменения в зависимости от дыхания и сокращений сердца. Лечебную эзофагоскопию часто проводят с помощью жесткого эндоскопа, так как через его широкий тубус можно провести в пищевод различные инструменты под зрительным контролем. При подозрении на заболевания пищевода назначается плановая эзофагоскопия для подтверждения или исключения злокачественного процесса в пищеводе, оценки эффективности терапевтического или хирургического лечения, проведения лечебных манипуляций и хирургических вмешательств. Если есть подозрение на наличие инородного тела в пищеводе, перфорацию или повреждение пищевода, стенозы и кровотечение, проводится экстренная эзофагоскопия. Противопоказанием к эзофагоскопии является крайне тяжелое общее состояние больного. При местных изменениях пищевода (ожог, значительная деформация входа в пищевод) эзофагоскопия также невозможна.

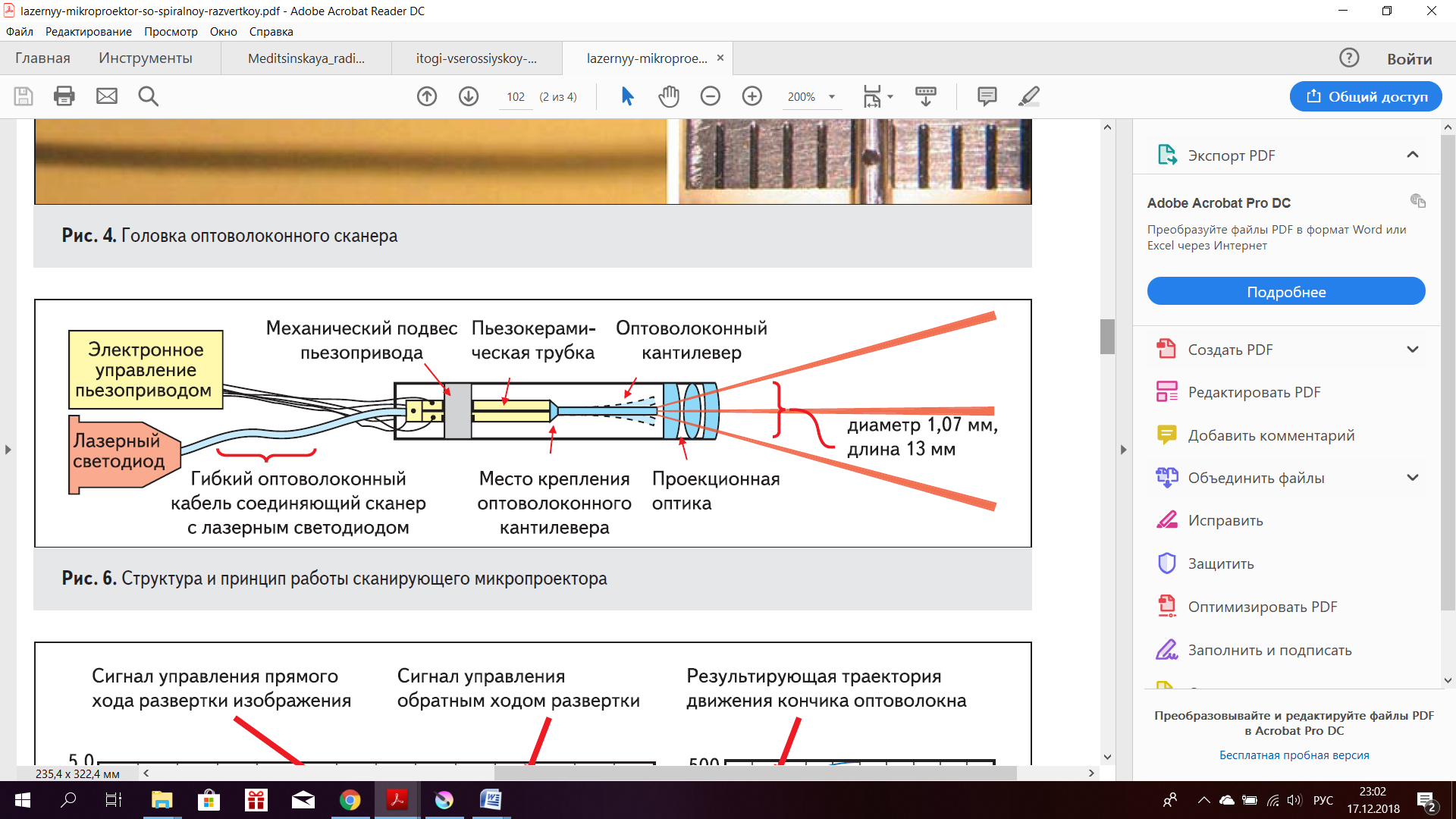
Когда необходимо выявить изменения в желудке, которые могут влиять на выбор рационального метода лечения, проводится плановая ***гастроскопия***. Экстренная гастроскопия выполняется для выявления причин желудочного кровотечения, удаления инородных тел из желудка и так далее.

***Энтероскопия*** — это метод обследования тонкой кишки. Тонкая кишка является самым сложным участком ЖКТ для проведения эндоскопического исследования. Это обусловлено ее большой протяженностью, подвижностью и особенностями расположения. Существуют различные варианты энтероскопии. При помощи модифицированных фиброгастродуоденоскопов можно рассмотреть либо верхние отделы тонкой кишки (*еюноскопия*), либо конечные отделы (*илеоскопия*). Существует методика *капсульной энтероскопии*, которая приобретает популярность в наше время. Это исследование заключается в том, что пациент проглатывает капсулу, в которой располагаются миниатюрная видеокамера и передатчик. Камера передвигается по тонкой кишке, фиксирует внешний вид слизистой оболочки и передает данные на компьютер врача. Однако такая методика имеет ряд недостатков, например, невысокое качество изображения. Также отсутствует возможность выполнять манипуляции, в том числе биопсию или терапевтические процедуры.

***Колоноскопия*** — метод в диагностике заболеваний толстой кишки, который выполняется с помощью специального аппарата — колоноскопа. У колоноскопа есть специальные приспособления для фоографирования, выполнения биопсий и удаления различных патологических новообразований. Исследование позволяет оценить состояние слизистой оболочки всей толстой кишки. В настоящее время колоноскопия является наиболее информативным методом ранней диагностики новообразований толстой кишки, язвенного колита, болезни Крона и др. При проведении колоноскопии возможно удаление доброкачественных опухолей, остановка кровотечений, извлечение инородных тел, реканализация стенок кишок и другие манипуляции.

### Принцип работы эндоскопов

Классические эндоскопы представляют собой жгут, состоящий из множества стеклянных оптоволоконных нитей, которые можно разделить на центральные и перефирийные. Центральные волокна обеспечивают пиксельную «доставку» изображения, а периферийные волокна, расположенные по окружности оптоволоконного жгута, осуществляют подсветку зоны наблюдения от внешнего источника света. Для медицинских приложений, чем тоньше жгут, тем более он удобен, однако разрешение эндоскопа зависит от числа волокон в центральной части жгута. Передача изображения производится по системе: один пиксель — одно оптоволокно. Кантиливера (продолговатый подвижный элемент, закрепленный с одного конца) крепится к торцу трубки пьезопривода, внутри которой проходит оптоволокно. Через него передается модулированный поток света от лазерного светодиода. Светоизлучающий кончик световодного волокна движется по спирали. Сигнал изображения поступает в обычном формате растровой развертки, а затем буферизуется в видео-ОЗУ.



*(Структура и принцип работы сканирующего микропроектора. Александр Самарин. Лазерный микропроектор со спиральной разверткой)*

Однако классические эндоскопы имеют ряд недостатков. Для большего разрешения нужен жгут большого диаметра; полученное изображение имеет «сотовую» структуру с темными границами; эндоскопы, с увеличением числа оптоволокон, теряют гибкость; другими недостатками являются высокая цена; хрупкая конструкция. Однако разработана альтернативная архитектура — SFE (Scanning Fiber Endoscope), в которой вместо связки волокон для передачи изображения используется всего одно сканирующее оптоволокно, что позволяет уменьшить толщину жгута.Микропроектор отличается от ряда других проекторов с механической разверткой луча. Первое отличие заключается в его размере: головка сканера имеет форму цилиндра диаметром всего 1,07 мм и длиной 13 мм. Второе отличие — это спиральная развертка луча (по спирали Архимеда). При таких малых размерах обеспечивается угол сканирования — около 100°. В других устройствах для достижения такого широкого угла потребовалась бы дополнительная оптика и больше пространства.

## Методы лучевой диагностики

Существующие методы лучевой диагностики можно подразделить на рентгенологические, радионуклидные, магнитно-резонансные и ультразвуковые методы.

### Рентгенологический метод

Рентгенологический метод основывается на качественном и количественном анализе пучка рентгеновского излучения, прошедшего через тело человека. Этот способ используется при изучении строения и функций различных органов и систем. По назначению рентгенодиагностические аппараты принято делить на *универсальные* (общего назначения), позволяющие производить рентгеновское просвечивание и рентгеновские снимки всех частей тела, и *специализированные*.

Типовой рентгенодиагностический аппарат состоит из питающего устройства, излучателя (рентгеновская трубка), устройства для коллимации пучка, рентгеноэкспонометра и приемников излучения. Также у некоторых аппаратов имеется дополнительный компьютерный терминал. При прохождении через тело человека пучок рентгеновского становится слабее. Тело человека – это неоднородная среда, поэтому в разных органах излучение поглощается в разной степени из-за различной толщины и плотности ткани. При равной толщине слоя излучение сильнее всего поглощается костной тканью, почти в 2 раза меньше паренхиматозными органами и свободно проходит через газ, который находится в легких, желудке и кишечнике. Из этого следует: чем сильнее исследуемый орган поглощает излучение, тем интенсивнее его тень на приемнике излучения, и наоборот, чем больше лучей пройдет через орган, тем прозрачнее будет его изображение.

Для получения дифференцированного изображения тканей, примерно одинаково поглощающих излучение, применяют искусственное контрастирование. В организм вводят вещества, поглощающие рентгеновское излучение сильнее (рентгенопозитивные вещества) или слабее, чем мягкие ткани (рентгенонегативные вещества), тем самым создавая достаточный контраст с исследуемыми органами. Рентгенопозитивные вещества созданы на основе тяжелых элементов - бария или йода. В качестве рентгенонегативных контрастных веществ используют газы - закись азота, углекислый газ. Рентгеноконтрастные вещества должны создавать высокую контрастность изображения, не наносить вред организму при введении и быстро выводиться из него. Иногда рентгенологическое исследование проводят с двумя рентгеноконтрастными веществами (и с рентгенопозитивным, и с рентгенонегативным). Такой метода называется *двойное контрастирование.* Существуют два различных способа контрастирования органов. Первый основывается на прямом механическом введении контрастного вещества в полость органа. При втором способе орган поглощает контрастное вещество из крови, концентрирует и выделяет его.

В рентгенологической практике в качестве контрастных веществ применяют препараты сульфата бария (BaSO4) и йодсодержащие растворы органических соединений.

#### Рентгенографя

*Рентгенографи*я (рентгеновская съемка) – это получение фиксированного рентгеновского изображения на твердом носителе (в подавляющем большинстве случаев на рентгеновской пленке). В цифровых рентгеновских аппаратах это изображение может быть зафиксировано на бумаге, в магнитной или магнитно-оптической памяти или получено на экране дисплея.

*Пленочная рентгенография* выполняется на универсальном рентгеновском аппарате или на специальном штативе, предназначенном только для этого вида исследования. Исследуемая часть тела располагается между рентгеновским излучателем и кассетой, внутренние стенки которой покрыты усиливающими экранами. Между этими экранами помещается рентгеновская пленка. *Усиливающие экраны* содержат люминофор, который светится под действием рентгеновского излучения. Таким образом, воздействуя на пленку, люминофор усиливает фотохимическое действие излучения. Усиливающие экраны нужны для того, чтобы уменьшить экспозицию, а значит, и радиационное облучение пациента. Существуют стандартные и скоростнее экраны. С*тандартные, мелкозернистые* имеют мелкое зерно люминофора, пониженную светоотдачу, но очень высокое пространственное разрешение, которые применяют в остеологии. С*коростные, наоборот, имеют* крупные зерна люминофора, обладают высокой светоотдачей и пониженным разрешением. Их используют при проведении исследования у детей и быстродвижущихся объектов, например, сердца.

Для *цифровых* способов *получения рентгеновского изображения* характерно представление рентгеновского изображения в цифровом варианте. Различают следующие системы цифровой рентгенографии:

1. электронно-оптическая цифровая рентгенография;
2. сканирующая цифровая рентгенография;
3. цифровая люминесцентная рентгенография;
4. цифровая селеновая или силиконовая рентгенография (прямая цифровая рентгенография).

Цифровая рентгенография имеет ряд достоинств: высокое качество изображения, пониженная лучевая нагрузка и удобство хранения (изображения сохраняются на магнитных носителях).

При *электронно-оптической цифровой рентгенографии* рентгеновское изображение, полученное в телевизионной камере, усиливается, а затем поступает на аналого-цифровой преобразователь. Все электрические сигналы, несущие информацию об исследуемом объекте, превращаются в последовательность цифр. Таким образом создается цифровой образ объекта. Полученная цифровая информация поступает в компьютер, где обрабатывается специальными программами. Уже на компьютере можно улучшить качество изображения, повысить его контрастность, очистить от помех, выделить интересующие врача детали или контуры.

*Техника сканирования объекта заключается в том, что* через объект пропускают движущийся узкий пучок рентгеновских лучей, то есть последовательно «просвечивают» все его отделы. Детектор регистрирует прошедшее через объект излучение и преобразует его в электрический сигнал, который после оцифровки в аналого-цифровом преобразователем передается на компьютер для последующей обработки.

При *цифровой люминесцентной рентгенографии* пространственный рентгеновский образ воспринимается «запоминающей» люминесцентной пластиной, способной сохранять скрытое в ней изображение в течение нескольких минут. Эта пластина сканируется специальным лазерным устройством, а возникающий при этом световой поток преобразуется в цифровой сигнал.

*Прямая цифровая рентгенография* основана на прямом преобразовании энергии рентгеновских фотонов в свободные электроны. Подобная трансформация происходит когда рентгеновский пучок, прошедший через объект, воздействует на пластины из аморфного селена или аморфного полукристаллического силикона.

#### Рентгеноскопия

*Рентгеноскопия (рентгеновское просвечивание) —* метод рентгенологического исследования, при котором получают подвижное изображение объекта на светящемся (флуоресцентном) экране, который представляет собой картон, покрытый особым химическим составом, который под влиянием рентгеновского излучения начинает светиться. Интенсивность свечения в каждой точке экрана пропорциональна количеству попавших на него рентгеновских квантов. Флуоресцентный экран светится слабо, поэтому рентгеноскопию выполняют в затемненном помещении, из-за чего врач должен в течение 10-15 мин привыкать к темноте, чтобы различить малоинтенсивное изображение. И все же, изображение на светящемся экране плохо различимо, а лучевая нагрузка при таком исследовании довольно велика. Р*ентгенотелевизионное просвечивание* — усовершенствованный метод рентгеноскопии, при котором лучевая нагрузка на персонал и пациента значительно меньше, чем при обычной рентгеноскопии, а рентгеновское изображение на дисплее можно рассматривать при обычном свете.Его выполняют с помощью *усилителя рентгеновского изображения (УРИ). В* состав усилителя входят рентгеновский электронно-оптический преобразователь (РЭОП) и замкнутая телевизионная система. РЭОП представляет собой вакуумную трубку, внутри которой с одной стороны расположен рентгеновский флюоресцирующий экран, а с другой — катодно-люминесцирующий экран, между ними — электрическое ускоряющее поле. Таким образом, в УРИ исследуемый образ преобразуется по следующей схеме: рентгеновский — световой — электронный (на этом этапе происходит усиление сигнала) — вновь световой — электронный (здесь возможно исправление некоторых характеристик образа) — вновь световой.

#### Флюорография

*Флюорография —* метод рентгенологического исследования, заключающийся в фотографировании изображения с флуоресцентного рентгеновского экрана, экрана электронно-оптического преобразователя или систем, предназначенных для последующей оцифровки изображений. В цифровом флюорографе, в отличие от экранно-пленочной техники (с **УРИ** или без него), энергия рентгеновских фотонов, прошедших через тело человека, воспринимается одной из систем для оцифровки изображения (как в цифровой рентгенографии). Затем с помощью лазерного принтера получается изображение на бумаге. Преимуществами цифровой флюорографии являются низкая стоимость получения фотокадра, пониженная — в 20 раз — лучевая нагрузка на пациента. В связи с этим качеством такую флюорографию часто называют *низкодозовой.*

**

*(Принцип флюорографии. Линденбратеи Л.Д., Королюк И.П., Медицинская радиология)*

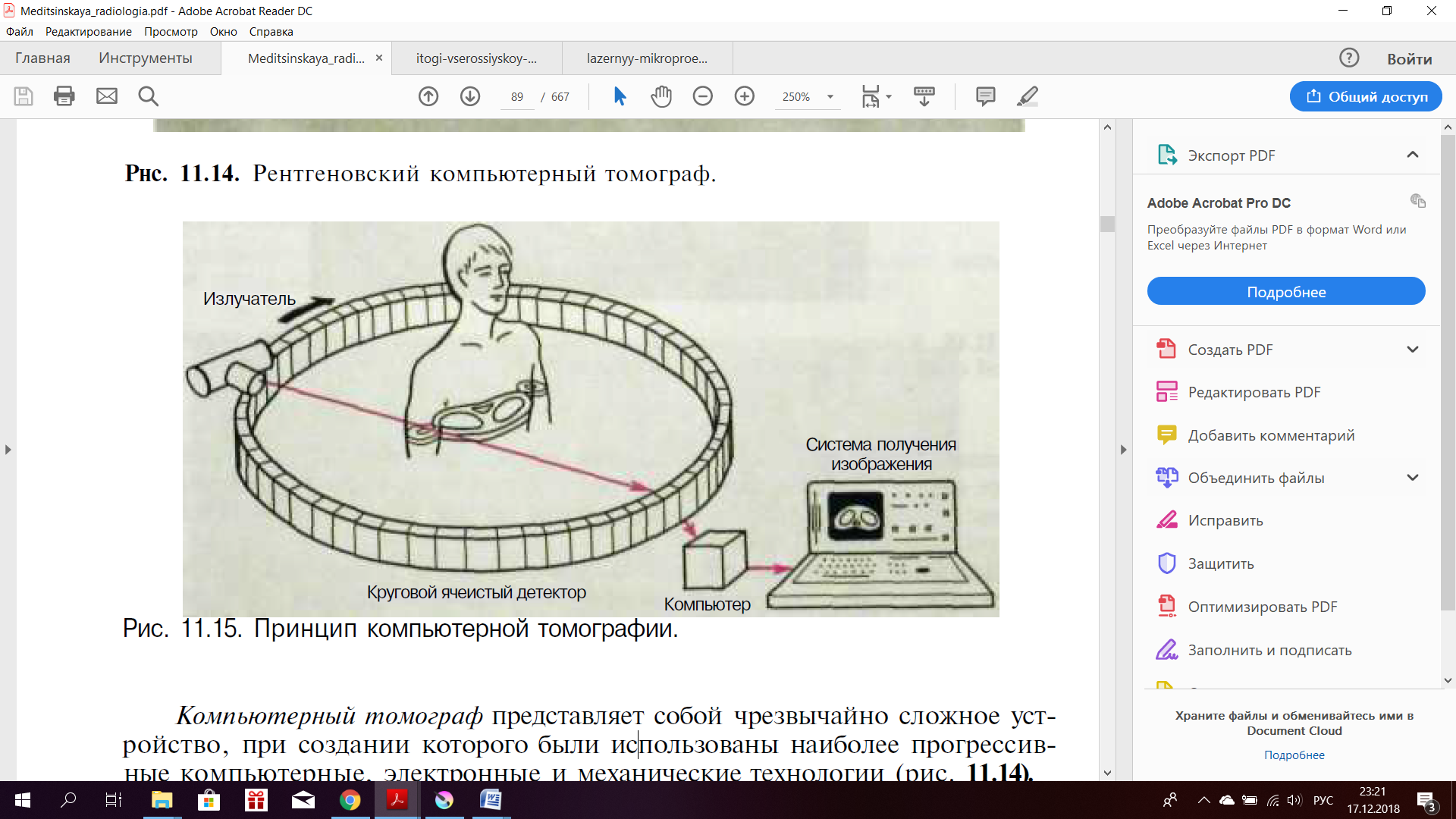
#### Томография

На обычной рентгенограмме получается суммационное изображение всей толщины исследуемой части тела. Это значит, что изображение одних анатомических структур частично или полностью накладывается на изображение других, из-за чего теряется много важных структурных элементов органов. Томография служит для получения изолированного изображения систем, расположенных в одной плоскости. То есть томография позволяет, как бы расчленить суммационное изображение на составляющие его изображения отдельных слоев объекта. Такой эффект достигается благодаря непрерывному движению во время съемки двух из трех компонентов рентгеновской системы «излучатель—пациент—пленка». Чаще всего перемещаются излучатель и пленка, а пациент остается неподвижным. Излучатель и пленка двигаются по дуге, прямой линии или более сложной траектории, но обязательно в противоположных направлениях. При таком перемещении изображение большинства деталей на рентгенограмме оказывается нечетким, размазанным. Резким получается изображение только тех образований, которые находятся на уровне центра вращения системы. Этот метод называют *линейной,* или *конвенциональной, томографией.* Такое послойное рентгенологическое исследование проводят без применения компьютеров, однако в лучевой диагностике существует ряд методик послойной визуализации органов с помощью компьютерных технологий, например, компьютерная томография.

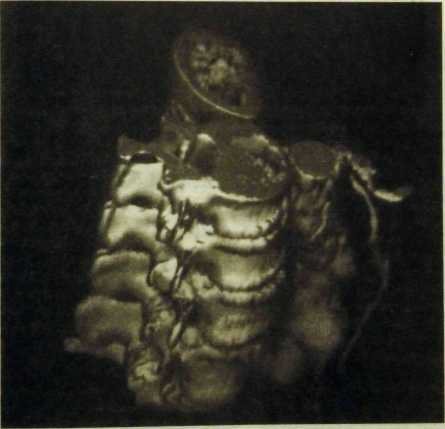
#### Компьютерная томография

Компьютерная томография — послойное рентгенологическое исследование, основанное на компьютерной реконструкции изображения, получаемого при круговом сканировании объекта узким пучком рентгеновского излучения.

Узкий пучок рентгеновского излучения сканирует объект исследования по окружности. Вращаясь вокруг пациента, рентгеновский излучатель «просматривает» тело в разных ракурсах под углом 360°. Излучение, проходя через ткани, ослабляется соответственно плотности и атомному составу этих тканей. С другой стороны от пациента установлена круговая система датчиков рентгеновского излучения, каждый из которых (а их количество может достигать нескольких тысяч) преобразует энергию излучения в электрические сигналы. После усиления эти сигналы преобразуются в цифровой код, который направляется в компьютер. Зафиксированные сигналы отражают степень ослабления пучка рентгеновских лучей (и, следовательно, степень поглощения излучения) в одном направлении.



*(Принцип компьютерной томографии. Линденбратеи Л.Д., Королюк И.П., Медицинская радиология)*

По окончании вращения излучателя в памяти компьютера оказываются зафиксированными все сигналы от всех датчиков. Продолжительность вращения излучателя в современных томографах составляет всего 1-3 секунды, что позволяет изучать движущиеся объекты. Компьютер реконструирует внутреннюю структуру объекта, в результате чего получается изображение тонкого слоя изучаемого органа, обычно толщиной в несколько миллиметров. Это изображение выводится на дисплей, и у врача появляется возможность масштабировать изображение, выделять интересующие его области, определять размеры органа, число или характер патологических образований.

*(Компьютерная томограмма поясничных позвонков (трехмерная реконструкция изображения) Линденбратеи Л.Д., Королюк И.П., Медицинская радиология*)

Некоторые модели компьютерных томографов снабжены *кардиосинхронизаторами,* которые включают излучатель точно в момент систолы и диастолы. Полученные в результате такого исследования поперечные срезы сердца позволяют визуально оценить состояние сердца в разные фазы сердечного цикла и проанализировать его важнейшие функции.

КТ не только позволяет диагностировать заболевания, но и производить пункции и прицельную биопсию различных органов и патологических очагов. Также КТ является точным методом определения локализации опухолевых поражений. Это используют для наводки источника радиоактивного излучения на очаг при проведении лучевой терапии злокачественных новообразований.

### Радионуклидный метод исследования

*Радионуклидный метод —* это способ исследования функционального и морфологического состояния органов и систем с помощью радионуклидов и меченных ими индикаторов (радиофармацевтических препаратов (РФП)). Их вводят в организм больного, а затем с помощью различных приборов определяют скорость и характер перемещения, фиксации и выведения их из органов и тканей. Радиофармацевтический препарат — это разрешенное для введения человеку с диагностической целью химическое соединение, в молекуле которого содержится радионуклид. Важным требованием к РФП является минимальная лучевая нагрузка при его введении. По времени периода полураспада радионуклиды делят на долгоживущие (несколько десятков дней), среднеживущие (несколько дней), короткоживущие (несколько часов) и ультракороткоживущие (несколько минут). Применение среднеживуших и тем более долгоживущих радионуклидов связано с повышенной лучевой нагрузкой, а использование ультракороткоживуших радионуклидов затруднено по техническим причинам. Существует несколько способов получения радионуклидов: часть из них образуется в реакторах, часть — в ускорителях. Однако наиболее распространенным способом получения радионуклидов является генераторный, то есть радионуклиды изготавливаются непосредственно в лаборатории радионуклидной диагностики с помощью генераторов. Очень важный параметр радионуклида — энергия квантов электромагнитного излучения, так как кванты очень низких энергий задерживаются в тканях и не попадают на детектор радиометрического прибора, а кванты очень высоких энергий частично пролетают детектор насквозь. Оптимальный диапазон энергии квантов в радионуклидной диагностике — 70-200 кэВ. Известно, что активность примененного радионуклида уменьшается вследствие распада его атомов и выведения его из организма.

Для выполнения радионуклидных исследований разработаны разнообразные, но имеющие одинаковое строение диагностические приборы: в них есть детектор, преобразующий ионизирующее излучение в электрические импульсы, блок электронной обработки и блок представления данных. Многие радиодиагностические приборы оснащены компьютерами и микропроцессорами.

Радионуклидные методы подразделяются на: методы радионуклидной визуализации, радиографию, клиническую и лабораторную радиометрию.

#### Радионуклидная визуализация

Радионуклидная визуализация — это создание картины того, как РФП распростроняется по органам и тканям при введении его в организм пациента. Радионуклидную визуализацию проводят с помощью гаммасцинтиграфии (или просто сцинтиграфии), которая осуществляется с помощью аппарата, называемом гамма-камерой, которая регистрирует излучение испускаемого инкорпорированным радионуклидом.

*В гамма-камере в* качестве детектора радиоактивных излучений применяют сцинтилляционный кристалл (обычно йодид натрия) больших размеров - диаметром

до 50 см. Это позволяет регистровать излучение одномоментнонад всей исследуемой частью тела. Исходящие из органа гамма-кванты вызывают в кристалле световые вспышки. Эти вспышки регистрируются несколькими фотоэлектронными умножителями(ФЭУ), которые равномерно расположены над поверхностью кристалла. Электрические импульсы из ФЭУ через усилитель и дискриминатор передаются в блок анализатора, формирующего сигнал на экране дисплея. Координаты светящейся на экране точки точно соответствуют координатам световой вспышки в сцинтилляторе и расположению радионуклида в органе. Таким образом определяется время прохождения радионуклида по органу. Важнейшая часть гамма-камеры *— это* *спе*циализированный компьютер, который позволяет производить разнообразную компьютерную обработку изображения, проводить различные процедуры, например, измерять радиоактивность(общую и локальную), определять размеров органа или его частей, изучать скорости прохождения РФП в этом поле.

Также существует тип гамма-камер, предназначенный для *визуализации всего тела пациента.* В этом случае датчик камеры перемещается над обследуемым пациентом (или, наоборот, пациент перемещается под датчиком). Полученная сцинтиграмма будет содержать информацию о распределении РФП во всем теле больного. Таким образом можно получить, например, изображение всего скелета, выявляя при этом скрытые метастазы.

*Однофотонная эмиссионная томография* (ОФЭТ) постепенно вытесняет обычную статическую сцинтиграфию. Хоть ОФЭТ и предназначена для тех же целей, что и статическая сцинтиграфия, однако же она отличается более высоким качеством изображения, то есть позволяет выявить более мелкие детали и, следовательно, распознать заболевание на более ранних стадиях и с большей достоверностью. Также с помощью компьютера можно построить на экране дисплея трехмерное объемное изображение органа, позволяющее получить более точное представление о его структуре и функции.

#### Клиническая радиометрия

К*линическая радиометрия* —это измерение радиоактивности всего тела или его части после введения в организм РФП. После введения в организм РФП, содержащего гамма-излучающий радионуклид, его излучения улавливаются сцинтилляционным детектором, расположенным над соответствующей частью тела пациента. Результаты исследования представляются либо на световом табло в виде количества импульсов, зарегистрированных за определенный промежуток времени, либо в виде скорости счета (в импульсах в минуту). Однако в клинической практике данный метод не имеет большого значения — обычно его используют в тех случаях, когда необходимо выявить и оценить инкорпорацию радионуклидов при случайном их попадании в организм человека — по неосторожности, при катастрофах.

### Ультразвуковой метод

*Ультразвуковой метод используется для* дистантного определения положения, формы, величины, структуры и движения органов и тканей, а также патологических очагов с помощью ультразвукового излучения. Также он позволяет зарегистрировать даже незначительные изменения плотности биологических сред. Благодаря этим достоинствам ультразвуковой метод стал одним из наиболее популярных и доступных исследований в клинической медицине. Аппарат для ультразвукового исследования – это сложное устройство, которое может быть представлено как в стационарном так и в переносном варианте. Датчик аппарата включает в себя ультразвуковой преобразователь, основной частью которого является пьезокерамический кристалл. Короткие электрические импульсы, поступающие из электронного блока прибора, возбуждают ультразвуковые колебания в кристалле*.* Применяемые для диагностики колебания имеют небольшую длину волны, что позволяет формировать из них узкий пучок, направленный на исследуемую часть тела. Отраженные волны воспринимаются тем же пьезоэлементом и преобразуются в электрические сигналы, которые поступают в высокочастотный усилитель, обрабатываются в электронном блоке прибора и выдаются пользователю в виде одномерного (в форме кривой) или двухмерного (в форме картинки) изображения. Изображение в виде кривой — *эхограмма,* а в виде рисунка — *сонограмма*. Таким образом, ультразвуковой преобразовательпреобразует электрические сигналы в ультразвуковые колебания, затем принимает отраженные эхосигналы и преобразует их в электрические. После чего формирует пучок ультразвуковых колебаний необходимой формы и обеспечивает (в ряде систем) перемещение пучка ультразвуковых волн в исследуемой области. Такой метод называется *В-метод*. Также существуют А-метод и М-метод. С помощью Α-метода можно определить расстояние между слоями тканей на пути ультразвукового импульса. В основном этот метод применим в офтальмологии и неврологии. *М-метод* также относится к одномерным ультразвуковым исследованиям. Он предназначен для исследования движущегося объекта , например, сердца.

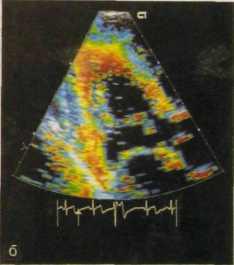
Частота ультразвуковых волн зависит от цели исследования. Для глубоко расположенных структур нужны более низкие частоты, а для поверхностных — более высокие. То есть, для изучения сердца понадобятся волны с частотой 2,2—5,0 МГц, для эхографии глаза — 10—15 МГц. На современных установках сонограммы подвергают компьютерному анализу по стандартным программам.

Все ультразвуковые датчики условно делят на две группы по принципу действия: *эхоимпульсные* и *допплеровские.* Эхоимпульсные приборы служат для определения анатомических структур, их визуализации и измерения, а допплеровские датчики позволяют получать кинематическую характеристику быстро протекающих процессов (кровотока в сосудах, сокращений сердца). Однако многие установки дают возможность одновременно изучать как анатомические, так и функциональные параметры.

*Допплерография* — инструментальных методика, основанная на *эффекте Допплера*. Суть этого эффекта заключается в изменении длины волны (или частоты) при движении источника волн относительно принимающего их устройства — при приближении источника к приемнику длина волны уменьшается, а при удалении — увеличивается. Допплерографию можно выполнять с помощью приборов для двухмерной ультразвуковой биолокации.

Существуют два вида *допплерографических* исследований. Первый *— непрерывный*

*(постоянноволновой).* При нем генерация ультразвуковых волн осуществляется непрерывно одним пьезокристаллическим элементом, а регистрация отраженных волн — другим. Такой метод эффективен при высоких скоростях движения крови, например в местах сужения сосудов. Однако у этого метода имеется существенный недостаток: частота отраженного сигнала изменяется не только вследствие движения исследуемого объекта, но и из-за любых других движущихся структур, которые встречаются на пути падающей ультразвуковой волны. Второй вид — *импульсный,* позволяет измерить скорость в заданном врачом участке контрольного объема. В некоторых аппаратах скорость кровотока можно определять одновременно в нескольких контрольных объемах, что позволяет отражать полную картину кровотока в исследуемой зоне тела пациента. Результаты импульсного допплерографического исследования могут быть представлены врачу в виде количественных показателей скорости кровотока, в виде кривых и тональными сигналами на звуковом выходе аппарата.

Большое значение в клинической медицине, особенно в ангиологии, получила *Ультразвуковая ангиография,* или *цветное допплеровское картирование* — *м*етод основанный на кодировании в цвете среднего значения допплеровского сдвига излучаемой частоты*.* При этом кровь, движущаяся к датчику и от датчика окрашивается в разнве цвета, а итенсивность цвета возрастает с увеличением скорости кровотока. Следующим этапом развития допплеровского картирования стал *энергетический допплер.* При этом методе в цвете кодируется уже не средняя величина допплеровского сдвига, а интеграл амплитуд всех эхосигналов допплеровского спектра. Благодаря этому можно получать изображение кровеносного сосуда на значительно большем протяжении и визуализировать сосуды даже очень небольшого диаметра. На ангиограммах энергетического допплера, отражается не скорость движения эритроцитов, как при обычном цветовом картировании, а плотность эритроцитов в заданном объеме. Допплеровское картирование используется для изучения формы, контуров и просвета кровеносных сосудов, дает возможность выявлять сужения и тромбоз сосудов, отдельные атеросклеротические бляшки в них, нарушения кровотока.   
 

(*Изображение сердца в фазах диастолы (а) и систолы (б) при исследовании в режиме тканевого допплера. Линденбратеи Л.Д., Королюк И.П., Медицинская радиология)*

Преимуществом большинства ультразвуковых установок является то, что они могут производить сканирование пучком волн относительно большого диаметра и с большой частотой кадров в секунду. Время перемещения ультразвукового луча намного меньше периода движения внутренних органов, что обеспечивает прямое наблюдение на дисплее за движением органов (сокращениями и расслаблениями сердца, перемещениями органов при дыхании и т.д.), то есть в *режиме реального времени. Э*лемент ультразвукового сканера, обеспечивающий использование режима реального времени и серой шкалы, является блок промежуточной цифровой памяти. В этом блоке ультразвуковое изображение преобразуется в цифровое и накапливается по мере поступления сигналов от датчика. В тоже время осуществляется считывание изображения из памяти специальным устройством и представление его с необходимой скоростью на дисплее. Также благодаря промежуточной памяти изображение имеет полутоновый характер, такой же, как на рентенограмме. Диапазон градаций серого цвета в ультразвуковой установке выше, чем на рентгенограмме. Промежуточная цифровая память позволяет остановить изображение движущегося органа, то есть сделать стоп-кадр.

### Магнитно-резонансный метод

*Магнитно-резонансное исследование* основано на способности ядер некоторых атомов вести себя как магнитные диполи. Современные МР-томографы настроены на ядра водорода, т.е. на протоны. Однако можно использовать не только ядра водорода, но и ядра других атомов, способные генерировать МР-сигналы, но их концентрация в тканях значительно ниже, вследствие чего чувствительность метода и качество изображения ухудшаются. Протон постоянно вращается, следовательно, вокруг него тоже образуется магнитное поле, которое имеет магнитный момент. При помещении вращающегося протона в магнитном поле возникает прецессирование протона - движение оси вращения протона, при котором она описывает круговую коническую поверхность наподобие оси вращающегося волчка. Когда радиочастотный импульс заканчивается, протон возвращается в исходное положение (наступает его релаксация). Это сопровождается излучением порции энергии. МРТ позволяет получить изображение любых слоев тела человека.

Система для МРТ состоит из сильного полого магнита, в котором имеется туннель, в котором располагается пациент. Этот магнит создает статическое магнитное поле. Дополнительно установленная высокочастотная катушка нужна для радиоволнового возбуждения ядер водорода и для приема сигнала релаксации. Характер ΜР-изображений определяется плотностью протонов (т.е. концентрацией ядер водорода). МРТ — метод исследования, позволяющий получать изображение тонких слоев тела человека в любом сечении — фронтальном, сагиттальном, аксиальном (при рентгеновской компьютерной томографии, за исключением спиральной КТ, может быть использовано только аксиальное сечение). Исследование абсолютно безвредно, не вызывает осложнений для больного.

Существует несколько способов получения МР-томограмм. Они различаются порядком и характером генерации радиочастотных импульсов и методами компьютерного анализа МР-сигналов. Есть два наиболее распространенных способа. При использовании первого анализируют главным образом время релаксации. Различные ткани имеют в своем составе протоны с разным временем релаксации. От продолжительности релаксации зависит величина МР-сигнала: чем оно короче, тем сильнее МР-сигнал и светлее данное место изображения на дисплее. Так, жировая ткань на МР-томограммах белая, изображение головного и спинного мозга, плотных внутренних органов, сосудистых стенок и мышц менее светлое. А вот воздух и кости практически не дают МР-сигнала, поэтому их изображения черного цвета.



*(Магнитно-резонансные томограммы различных органов. Линденбратеи Л.Д., Королюк И.П., Медицинская радиология)*

При МРТ также можно применять *искусственное контрастирование тканей.* Для этого используют химические вещества, обладающие магнитными свойствами и содержащие ядра с нечетным числом протонов и нейтронов, например соединения фтора.

**Магнитно-резонансная спектроскопия** — это метод, с помощью которого определют биохимические изменения тканей при различных заболеваниях по концентрации определённых метаболитов. МР-спектроскопияоснована на явлении ядерно-магнитного резонанса также как и МРТ. Метод заключается в следующем: исследуемый образец ткани или жидкости помешают в стабильное магнитное поле напряженностью около 10 Т, воздействуют на него импульсными радиочастотными колебаниями. При изменении напряженности магнитного поля создаются резонансные условия для разных элементов в спектре магнитного резонанса. В образце возникают МР-сигналы, которые улавливаются катушкой приемника излучений, усиливаются и передаются в компьютер для анализа.

**Список литературы**

1. Инструментальные методы диагностики в гастроэнтерологии : учеб.-метод. пособие / Н.В. Карпалов, И.А. Шаломицкая. – Минск: БГМУ, 2015.
2. Линденбратеи Л.Д., Королюк И.П., Медицинская радиология (основы лучевой диагностики и лучевой терапии): Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 2000.— 672 с: ил. (Учеб. лит. Для студентов мед. вузов).
3. «Физика на службе медицины - Кафедра медицинской физики – МГУ». Национальный информационный центр по науке и инновациям
4. Ломакин А.И., Шнайдер Н.А., Садыкова А.В., Стручков П.В.. Итоги всероссийской конференции «Актуальные Вопросы Функциональной Диагностики», ФМБА России
5. ПРИКАЗ Минздрава России от 30.11.1993 № 283 «О Совершенствовании Службы Функциональной Диагностики В Учреждениях Здравоохранения Российской Федерации»
6. Александр Самарин. Лазерный микропроектор со спиральной разверткой// Компоненты и технологии № 10 2008, с. 101-104