

# Оглавление

<b>1</b>	<b>Физические основы лучевой диагностики . . . . .</b>	<b>2</b>
1.1	А лучевая ли диагностика? . . . . .	2
1.2	Классическая рентгенология . . . . .	3
1.2.1	Физические принципы . . . . .	3
1.2.2	Показания и противопоказания . . . . .	3
1.3	Ультразвуковая диагностика . . . . .	3
1.3.1	Физические принципы . . . . .	3
1.3.2	Показания и противопоказания . . . . .	3
1.4	Рентгеновская компьютерная томография . . . . .	3
1.4.1	Физические принципы . . . . .	3
1.4.2	Показания и противопоказания . . . . .	3
1.5	Магнитнорезонансная томография . . . . .	3
1.5.1	Физические принципы . . . . .	3
1.5.2	Показания и противопоказания . . . . .	3
1.5.3	А все-таки ЯМР или МРТ? . . . . .	4
1.5.4	Война Тесла . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Клинические аспекты лучевой диагностики . . . . .</b>	<b>7</b>
2.1	Колено . . . . .	7
2.2	Грудная клетка . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Какой метод диагностики нужен вашему пациенту? . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Задачи . . . . .</b>	<b>9</b>
4.1	Дальнейшие задачи . . . . .	9
	<b>Литература . . . . .</b>	<b>10</b>

# Глава 1

## Физические основы лучевой диагностики

В данной главе, мы не хотим вам рассказывать обо всех тонкостях и подводных камнях всех известных вам методик лучевой диагностики. Достаточно сказать, что даже такой, кажись невзрачный, хотя и непонятный, метод диагностики, как МРТ имеет более 4 (да, четырех) Нобелевских премий только за физику процесса. Что же мы скажем про простых врачей-диагностов, которые работают с этим и другими методами? Вы думаете они все это знают? К большому сожалению, даже они, зачастую, только догадываются о том, что происходит в их аппаратах. Конечно, и достаточно часто, это приводит к неправильной диагностике, или неумению достоверно оценить результаты исследований.

Но мы не будем говорить о грустном и, в кратком и доступном для всех изложении, перескажем основные принципы работы всех лучевых методов исследований.

### 1.1 А лучевая ли диагностика?

Мы хотели бы начать рассказ о физических принципах работы методов исследования с обсуждения термина «Лучевая диагностика». Является ли она лучевой или нет? А может надо как-то по-другому ее называть?

«Луч» — линия, вдоль которой переносится (световая, электромагнитная) энергия. Если совсем просто - пучок света малого поперечного размера. Но далее мы с вами убедимся, что далеко не все методы, с которыми мы сталкиваемся, используют именно луч. Иногда, термин луч вообще притянут за уши и, с технической точки зрения, не может быть использован.

Строго говоря - истинно лучевыми остаются только рентген и рентгеновская компьютерная томография, а остальные - или локационные (зондирующие), или основываются на методах переизлучения энергии, поглощенной телом, или регистрирующими излучение, но не лучи, от тела.

Спор о правомерности применения этого термина зашел в свое время в русскоязычном разделе Википедии. Спорящими сторонами оказались с одной стороны медицинские работники и к ним приближенные, с другой - физики, связанные с медицинской аппаратурой. Итогом стал компромиссный термин - «Медицинская визуализация». Время, как говорится, рассудит, но мы будем использовать более привычный для медицинских работников, проверенный, может и не вполне верный, термин.

## 1.2 Классическая рентгенология

### 1.2.1 Физические принципы

Игра в тени, а так же театр теней

### 1.2.2 Показания и противопоказания

## 1.3 Ультразвуковая диагностика

### 1.3.1 Физические принципы

Эхолоты, радиолокация

### 1.3.2 Показания и противопоказания

## 1.4 Рентгеновская компьютерная томография

### 1.4.1 Физические принципы

Принцип Судоку

### 1.4.2 Показания и противопоказания

## 1.5 Магнитнорезонансная томография

### 1.5.1 Физические принципы

Каждая достаточно развитая  
технология не отличима от  
магии

---

Артур Кларк

Данная лекция обычно  
понимается студентами МГТУ и  
физического факультета МГУ с  
третьего раза. Медика,  
понявшего эту лекцию, в  
природе не встречено

---

Панов

### 1.5.2 Показания и противопоказания

1. МРТ и кардиостимуляторы
2. МРТ и протезы, импланты, клапаны

### 1.5.3 А все-таки ЯМР или МРТ?

Как вы наверное знаете, оба этих термина — ЯМР и МРТ встречаются как в литературе, так и в разговорах и назначениях врачей-специалистов. Разберемся, в чем же разница и как правильно.

Начнем с расшифровки и определения терминов. ЯМР — ядерный магнитный резонанс — поглощение и излучение элетромагнитной энергии веществом, содержащим ядра с ненулевым спином во внешнем магнитном поле. Итак, это явление, лежащее в основе рассматриваемого нами метода. Вы можете возразить, ведь существует так же и термин ЯМРТ — то есть ЯМР-томография. Да, вы правы, но ведь во-первых он длинный (на целую букву длиннее), а во-вторых, давайте вспомним 1986 год.

1 мая 1986 года, страна Советов. Мир, труд, май! Проходят манифестации и парады. Страна и Мир не знают, что в ночь с 25 на 26 апреля произошла одна из самых страшных катастроф 20 века - авария на Чернобыльской АЭС. Весь Мир начинает бояться слов атом и ядерный.

А на горизонте - новая, еще достаточно мало известная, многообещающая технология диагностики заболеваний. Связь с аварией только в слове «ядерный», но вредностью — не обладает. Так почему бы не убрать это самое ненужное в названии слово? Было ЯМРТ, стало — МРТ. Про магнит — мы сказали, резонанс — в названии оставили, да еще и томографию, то есть срезы, не забыли упомянуть.

11 марта 2011 года — землетрясение, цунами, авария на АЭС Фукусима-1. Атомная, ядерная — слова постоянно заменяющие друг-друга в репортажах корреспондентов. Опять мелькает название Чернобыля, опять развивается нуклеофобия у простого населения и недоверие к слову «ядерный», если оно стоит рядом с безопасностью. В результате — новая волна вопросов пациентов — «А разве МРТ не безопасней ЯМР?» Как мы с вами видим — вопрос, возникший из-за незнания, на котором растут предрассудки.

Итого: оба названия правильные и имеют право на жизнь. Однако, в настоящий момент, считается более правильным название МРТ, и как в достаточной степени описывающее методику, и как менее раздражающее для общественности. Хотя фактор раздражения, в большей степени, уже утратил свою силу по простой причине — способности человека забывать об ошибках и бедах прошлого.

### 1.5.4 Война Тесла

—Почему у вас такие плохие изображения, у вас же аппарат ЗТ?

— Да нет, всего лишь 0,4Т!

—А почему же тогда у вас такие хорошие изображения?

---

Никола Тесла... чем же он так провинился, что его именем назвали целую войну. Хорошо известный Австро-Венгерский ученый, подаривший этому миру множество изобретений, победитель «Войны Токов». Конечно, виноват не он, а единица магнитной индукции, названная его именем.

Как вы уже наверное знаете, медицинские аппараты магнитно-резонансной томографии делятся по различным параметрам на классы, и в том числе, по такому, как сила напряженности магнитного поля. Таким образом мы имеем сверхнизкопольные аппараты (менее 0,1Т), низкопольные (до 0,1–0,5Т), среднепольные (0,5–1Т), высокопольные (1–3Т и более). Иногда выделяют класс сверхвысокопольных аппаратов (7Т, 9Т и более). Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки, но почему-то нередко слышны возгласы — «исследование только на магните от 1,5Т». Тому есть несколько причин, начиная от обоснованных в виде возможностей аппарата, так и других, не достаточно обоснованных и связанных с особенностями Российского рынка медицинской диагностики и подготовки специалистов-лучевиков. Постараемся разобраться в причинах и посмотрим насколько обоснованы данные заявлениями.

Маленькое отступление от наших рассуждений. Я, автор данных строк, не являюсь адептом ни одной из сторон данной войны, и у меня нет никакой коммерческой заинтересованности в выигрыше одной из них. Я за здравый смысл и взвешенный подход к назначению исследований и использованию доступных средств. Все изображения, представленные в этой главе, могут быть получены в виде анонимизированных DICOM снимков при обращении к автору.

В достаточно известной книге Питера Ринка [1] данной войне посвящена отдельная интерлюдия. Там же дана отсылка, что война началась в начале 1980 годов, когда практически все аппараты были низкопольные и качество изображения на них была крайне далеко от привычного нам. Когда встал вопрос о его повышении, инженеры сказали однозначно — повышайте напряженность магнитного поля. На разработанных аппаратах действительно резко выросло отношение сигнал/шум, но и разработчики низко- и среднепольных аппаратов не сидели на месте. Борясь за качество изображения они достигли многого.

Одной из причин роста напряженности поля была задумка использовать МР-спектроскопию *in vivo*, но данная идея не выстрелила и во многом была забыта, оставив за МРТ только визуализацию.

Дальше еще интереснее — в 1983 году на конференции в Сан-Франциско, обсуждение проблемы начавшееся в зале, вышло за его пределы и практически переросло в драку на кулаках. Ответ об оптимуме так и не был найден.

Напряженность магнитного поля росла. Появлялись новые аппараты, но было замечена одна очень интересная вещь: резкое повышение качества, получаемое в пробирке на исследовательских аппаратах, не возникало при исследованиях *in vivo*. Дело в том, что организм человека обладает множеством параметров, которых нет в пробирке: человек дышит, у него бьется сердце, он глотает, органы пульсируют. При этом возникли проблемы - необходимость гасить паразитные сигналы и артефакты, возникшие в результате. Те, кто работают на сверхвысокопольных аппаратах расскажут вам, чего стоит добиться «белого» и однородного ликвора вокруг спинного мозга в шейном отделе позвоночника. Более того — было показано, что в отдельных клинических ситуациях, хотя и достаточно узких, повышение напряженности магнитного поля приводит к понижению качества изображения и стиранию контраста.

В Российских реалиях дурную шутку сыграл еще один известный факт, связанный с МРТ в целом и высокопольными и низкопольными аппаратами в частности. Так называемое — ускоренное получение изображений. Да,

на любом аппарате МРТ можно выбрать между качеством изображения, и временем за которое оно получается. То есть — мы можем выиграть время, уменьшив качество изображения. Но 1990ые годы наложили свой отпечаток — диагноз «Очень хочу денег» накрепко поселился в умы очень многих людей. Директора платных клиник гонят врачей МРТ, чтобы те делали больше исследований в день, но это невозможно без снижения их качества. Только если на высокопольных аппаратах понижение качества приводило к изображениям еще читаемым, то на низкопольных — к таким, которые сложно использовать в диагностическом процессе. А куда деваться обычным врачам-нейрохирургам, неврологам и другим специалистам? Им приходится направлять на «аппарат от 1,5Т», чтобы иметь хотя бы какую-то гарантию получения читаемых и диагностически ценных снимков.

Не буду спорить, что пространственное разрешение выше у высокопольных аппаратов, но так ли оно везде необходимо? В большинстве случаев, если врача не «гонят за деньгами», то на низкопольных аппаратах можно получить достойные изображения и ставить диагнозы, «которые на них поставить не реально». Для примера — несколько изображений из моей практики, с указанием аппаратов, на которых они получены.

Надеюсь, я смог вас убедить, что не в Тесла счастье, и даже не в их количестве, а в правильной расстановке приоритетов у начальства и врача, мозгах и глазах проводящего и описывающего исследование. Единственное но — на момент написания данных строк — не дай Бог вам подумать купить китайский аппарат! Китай хорошо копирует внешне, но внутреннее качество остается ниже плинтуса. Это проявляется как в самом аппарате и его надежности, так и в получаемых изображениях.

Для повседневной работы и исключения большинства рутинных вещей в подавляющем количестве случаев будет достаточен и низкопольный аппарат. Однако, исследования, связанные с МР-спектроскопией, функциональным МРТ, МР-микроскопией, тензорграфией, а так же при необходимости различить отдельные мелкие детали — потребуется мощный аппарат. Большинству специалистов, я бы порекомендовал просматривать снимки и описания пациентов на предмет центров и врачей от которых они приходят. Найдите для себя и выпишите 3–4 таких центра, которые вас устраивают по качеству изображений и описаний и рекомендуйте их. Не стоит пациентам говорить про магнитное поле, им это нужно меньше чем нам с вами. Им нужна - наша помощь как диагностов, так и лечащих врачей.

В заключение - диалог из эпиграфа действительно имел место быть, и следующей фразой было - «У нас в клинике на 1,5Т не всегда такие получаются».

## Глава 2

# Клинические аспекты лучевой диагностики

### 2.1 Колено

1. Смещаемость менисков

### 2.2 Грудная клетка

1. Синдром Титце - возможности диагностики (УЗИ, МРТ, КТ - применимость методов и возможности) 2.

## Глава 3

# Какой метод диагностики нужен вашему пациенту?

Глава с краткими примерами раздумий при выборе метода диагностики.

Например: Девочка 17 лет с подозрением на синдром Титце - МРТ - долго и дискомфортно лежать на животе, зачем делать КТ (облучение молодого организма), если можно сделать УЗИ с Power Doppler и получить усиление кровотока вокруг хрящей, как признак активности воспалительного процесса.



# Глава 4

## Задачи

### 4.1 Дальнейшие задачи

1. Расширить список материалов
2. Подобрать возможные картинки

# Литература

1. Peter Rinck, editor. *Magnetic Resonance in Medicine: The Basic Textbook of the European Magnetic Resonance Forum*. Blackwell Science Ltd, 1993.