

УДК 616.079

ПРИНЦИП РАБОТЫ И СРАВНЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО АППАРАТА И АППАРАТА МАГНИТОРЕЗОНАНСНОЙ ТЕРАПИИ

Уткин И.А., Танкевич А.В., Карелин В.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) является мощной техникой визуализации, используемой для исследования тела человека.

МРТ сканеры используют очень сильные магнитные поля и радиоволны, которые взаимодействуют с протонами в тканях, чтобы создать сигнал, который затем обрабатывается для формирования изображений тела. Протоны (атомы водорода) можно рассматривать как крошечные стержневые магниты с северным и южным полюсом, вращающиеся вокруг оси – как планета. Обычно протоны выровнены случайным образом, но, когда приложено сильное магнитное поле, протоны выравниваются с этим полем.

Применение радиоволнового импульса на правильной частоте возбуждает протоны, вызывая их резонанс и нарушая магнитное выравнивание. Возбужденные протоны высвобождают поглощенную энергию в виде радиочастотного сигнала, и излучение улавливается приемной катушкой в сканере. Радиочастота, которая вызывает резонанс протонов, зависит от напряженности магнитного поля.

В МРТ-сканере градиентные электрические катушки используются для изменения напряженности магнитного поля на теле. Это означает, что разные части тела будут резонировать на разных частотах. Таким образом, применяя различные частоты последовательно, вы можете изобразить кусочки тела отдельно и постепенно создавать изображение.

Когда радиоисточник выключен, протоны вернуться в свое исходное невозмущенное состояние (выровненное по магнитному полю), излучая при этом радиоволны, которые улавливаются приемными катушками. Разные ткани будут расслабляться с разной скоростью, например, у жира и воды разное время релаксации, поэтому время релаксации может выявить тип ткани, которая будет отображаться. Есть два времени релаксации, которые можно измерить; t_1 – время, необходимое для расслабления магнитного выравнивания, а t_2 – время, необходимое для возврата спина в исходное состояние. Блок-схема аппарата МРТ представлена на рисунке 1.

Множественные последовательности радиоимпульсов могут использоваться для выделения или подавления определенных типов тканей. Например, отклонения обычно не обнаруживаются в жире, поэтому последовательность импульсов подавления жира может использоваться для удаления сигнала, испускаемого жировыми тканями, оставляя только сигнал из областей, которые с большей вероятностью содержат отклонения.

МРТ сканеры нуждаются в невероятно сильных магнитных полях; обычно около 1,5 Тесла, но они могут достигать 7 Тесла. Для сравнения, магнитное поле Земли составляет всего 0,00005 Тесла.



Рисунок 1. Блок схема аппарата МРТ

Магнит состоит из нескольких катушек проводящего провода, через которые пропускается ток для создания магнитного поля. Для достижения требуемой высокой напряженности поля магнит охлаждают жидким гелием до температуры ниже 10 Кельвин ($-442^{\circ} \text{F} / -263^{\circ}\text{C}$). Это обеспечивает сверхпроводимость, позволяя току течь через катушки, не создавая электрического сопротивления. Это означает, что когда магнит переохлаждается, он способен проводить большие токи и, следовательно, способен создавать более сильные магнитные поля.

МРТ была изобретена Полом Лаутербуром в 1971 году в университете Стони Брук, Лонг-Айленд. Затем этот метод был разработан сэром Питером Мэнсфилдом, и первое сканирование тела человека с помощью МРТ было проведено в 1977 году. Хотя только в 1980-х годах был создан первый МРТ-сканер, способный создавать клинически полезные изображения. Эта машина была разработана Джоном Маллардом, которому приписывают широкое внедрение МРТ, и использовалась для выявления нескольких болезней, поражающих тестируемого пациента, включая опухоль в его груди, аномальный рак печени и кости. «Открытия в области магнитно-резонансной томографии» завоевали Пола Лаутербурга и сэра Питера Мэнсфилда на Нобелевской премии 2003 года по физиологии и медицине.

МРТ широко используется в медицинской диагностике и, в отличие от рентгеновских и компьютерных томографов, имеет большое преимущество в том, что не подвергает пациента воздействию ионизирующего излучения. Однако влияние сильных магнитных полей на организм до сих пор неизвестно. МРТ сканеры особенно хороши для неврологического сканирования и отлично подходят для визуализации небольших опухолей, деменции, эпилепсии и других состояний центральной нервной системы. Сканирование может занять от 15 до 90 минут, в зависимости от размера области и количества сделанных снимков. Машины невероятно шумные и могут издавать такие же громкие звуки, как и звук реактивного двигателя.

МРТ сканеры могут быть очень опасными, и вблизи этих машин должны соблюдаться строгие меры безопасности, так как было зарегистрировано несколько смертельных случаев. Из-за сильных магнитных полей данное оборудование нельзя использовать для пациентов с кардиостимуляторами,

которые могут быть повреждены, или металлическими имплантатами или шрапнелью, которые могут нагреваться и перемещаться магнитами во время процедуры. Кроме того, ферромагнитные объекты могут быть сильно притянуты к магнитам и представляют серьезную опасность для пациента. По этой причине такие объекты запрещены в непосредственной близости от сканеров.

Рентгеновский аппарат

Сердцем рентгеновского аппарата является электродная пара – катод и анод, которая находится внутри стеклянной вакуумной трубки. Катод – это нагретая нить, которую можно найти в более старой люминесцентной лампе. Машина пропускает ток через нить накала, нагревая ее. Тепло расплывает электроны с поверхности нити накала. Положительно заряженный анод, плоский диск из вольфрама, притягивает электроны через трубку.

Разница напряжений между катодом и анодом чрезвычайно велика, поэтому электроны летят через трубку с большой силой. Когда ускоряющийся электрон сталкивается с атомом

вольфрама, он выбивает электрон на одной из нижних орбит атома. Электрон на более высокой орбите немедленно падает до нижнего энергетического уровня, высвобождая свою дополнительную энергию, в форме фотона.

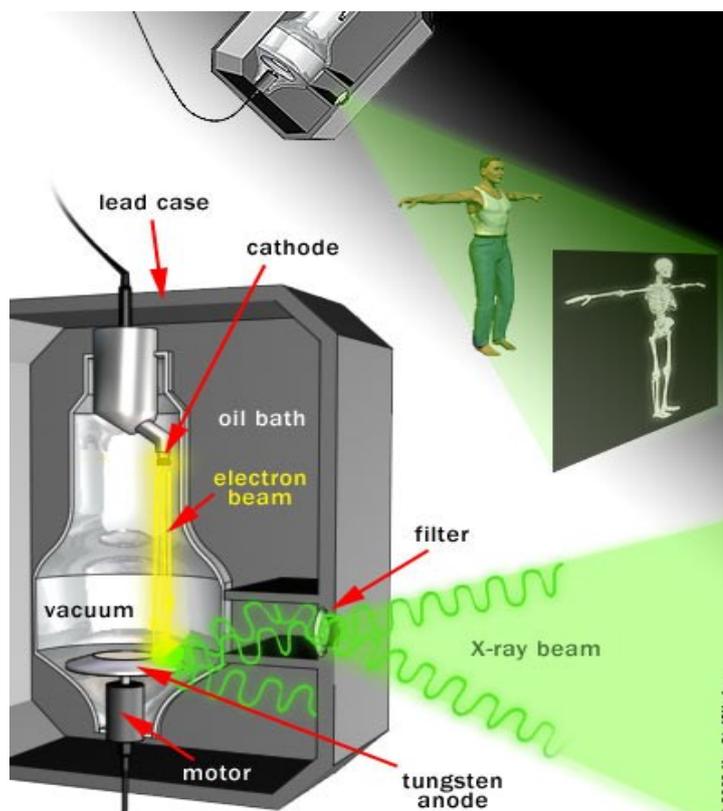


Рисунок 2. Схема рентгеновского аппарата

Это большая сила, поэтому фотон имеет высокий энергетический уровень – это рентгеновский фотон. Схема рентгеновского аппарата изображена на рисунке 2.

Мощные столкновения, связанные с производством рентгеновского излучения, генерируют много тепла. Мотор вращает анод, чтобы предотвратить его плавление (электронный луч не всегда фокусируется на одной и той же области). Охлаждающая масляная баня, окружающая устройство, также поглощает тепло.

Весь механизм окружен толстым свинцовым щитом. Это предотвращает выход рентгеновских лучей во всех направлениях. Небольшое окно в щите позволяет некоторым рентгеновским фотонам выходить в узком луче. Луч проходит через серию фильтров на пути к пациенту.

Камера на другой стороне пациента регистрирует рентгеновское излучение, которое проходит через тело пациента. В рентгеновской камере используется та же пленочная технология, что и в обычной камере, но рентгеновский свет запускает химическую реакцию вместо видимого света.

Когда рентгеновское излучение или любое ионизирующее излучение проходят через тело, они вызывают выброс электронов из атомов, оставляя положительные ионы. Эти положительные ионы или свободные радикалы могут вызвать повреждение ДНК.

ДНК также может быть повреждена непосредственно радиацией. Если ДНК повреждена, возможны три варианта:

- Клетка умирает (происходит только при очень высоких дозах).
- Клетка восстанавливает себя отлично (наиболее распространенный результат).
- Клетка восстанавливает себя с ошибками (редко).

Неточное восстановление ДНК встречается редко, но может привести к тому, что клетка начнет действовать неправильно или перерастет в рак. Часто для выявления рака после облучения требуются десятилетия.

Вывод: Рентген может вызвать мутации в нашей ДНК и, следовательно, может привести к раку в более позднем возрасте. По этой причине рентгеновские лучи классифицируются как канцероген как Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), так и правительством США, в отличие от МРТ который не наносит никакого вреда организму человека. Поэтому с развитием технического прогресса аппарат МРТ начинает вытеснять рентген аппарат за счёт своей безопасности для человека. Единственным препятствием его развитию является стоимость магнитов и их системы охлаждения, которая так же требует высококвалифицированного обслуживания.

Литература

1. Шуракова, А.Б. Магнитно-резонансная ангиография с контрастным усилением / А.Б. Шуракова // Сайт научной поддержки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://science.howstuffworks.com/x-ray2.htm> – Дата доступа: 21.04.2019
2. Терновой, С.К. Компьютерная томография и магнитно-резонансная томография /. С.К. Терновой, В.Е. Сеницын. – Москва: ВИДАР, 2000
3. Джозеф П. Хорнак Основы МРТ / Джозеф П. Хорнак // Сайт научной поддержки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://science.howstuffworks.com/mri6.htm> – Дата доступа: 21.04.2019