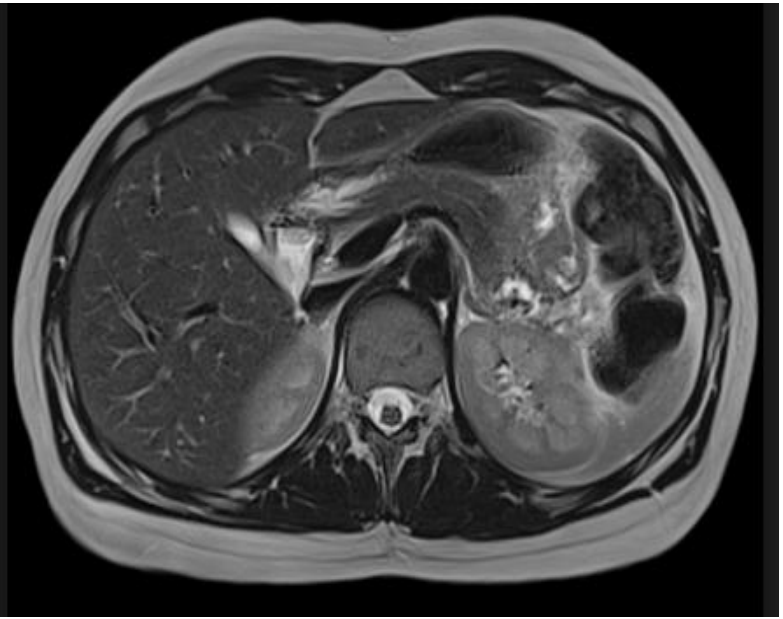


# MRI 이론+실기

by 강국시

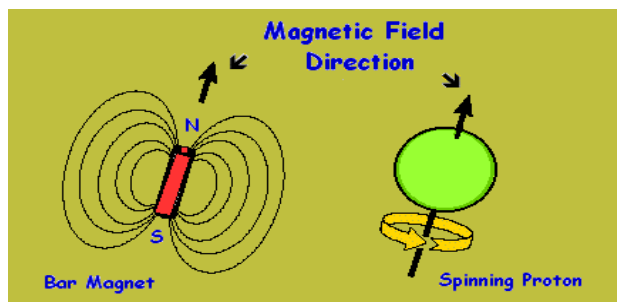
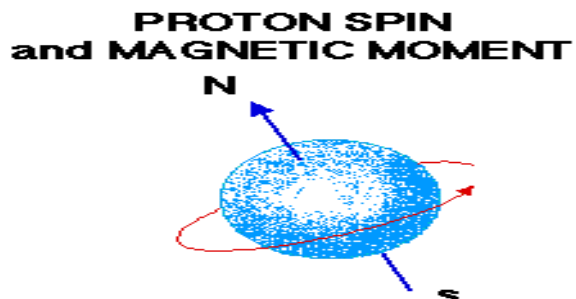
## I MRI이미지는 어떻게 만들어 질까?

### 1. MRI 묻고 답하기



- (1) MRI는 방사선을 이용하는가? = 안쓴다 = 지상, 지하 아무대나 설치가능
- (2) 무엇으로 이미지를 만드는가? = 수소핵(양성자)의 이완에너지로 만든다.
- (3) CT보다 좋은점: 연부조직 묘사가 더 좋다.

### 2. 수소핵에 대하여 알아보자.



우리 몸에는 엄청난 양의 수소핵이 들어있다. 수소는 위의 그림처럼 어떠한 축을 갖고 빙빙 돈다.

(하지만 자기장이 인가되지 않으면 회전한다고 보지 않고 그냥 양자값만 갖는다고 표현)

수소는 N극과 S극을 갖는 자석으로 볼수도 있는데, 자성의 힘이 있으면 반드시 전기적인 힘도 존재한다.

오른쪽 그림처럼 수소는 자기만의 자기장을 만들어 내는데 이 힘은? : 자기모멘트

자기모멘트: 양성자 하나가 갖는 자기적 힘

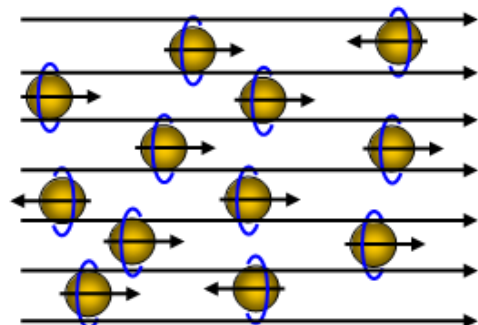
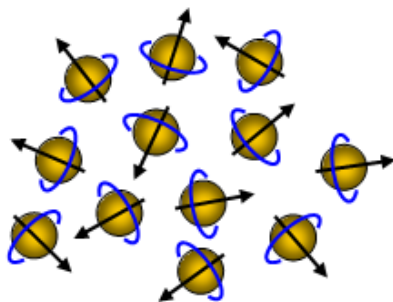
자기쌍극자 모멘트: N극과 S극 둘다 있으므로 쌍극자 라고도 부를수 있음

벡터: 양성자가 회전하는데 갖는 축방향

수소의 세차운동주파수: 1T의 힘을 받았을때 => 42.57MHz/1T

세차운동주파수공식 = 양성자의 고유자기 회전비(=고유 진동수) X 외부자기장의 세기로 결정

### 3. 순자화



유튜브 동영상: Diffusion weighted image 검색

우리몸의 양성자들을 보면 왼쪽 그림처럼 벡터값들이 자기 마음대로다. 그러다 MRI기계에 들어가면

자석의 힘에 의해 방향이 딱 두가지로 정렬한다. = **평행과 반평행**

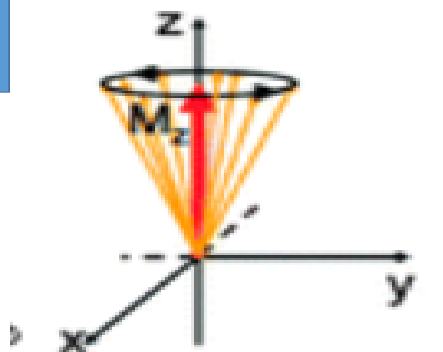
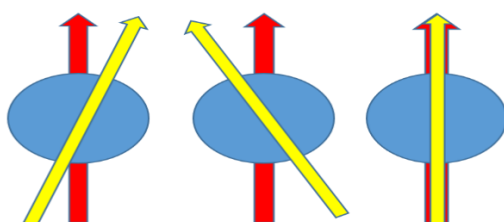
N극을 바라보면 평행, S극을 바라보면 반평행이다. 신기한점은 **항상 평행을 바라보는 벡터값이 항상크다.**

이 벡터값들의 총 합을 **순자화**라고 하는데, 왼쪽 그림의 벡터값 총합은 0이 된다. 왜냐하면 제각기 다른 방향을 가르키므로 이 들을 다 합하면 힘이 사라지기 때문이다. 반면 오른쪽 그림의 경우 방향이 평행 반평행 단 두개인데, 그중 평행방향이 더 많으므로 순자화는 오른쪽 방향의 힘이 될 것이다.

이 순자화의 힘이 **자기장의 방향과 평행하게 있으므로 종축자화** 라고 불린다.

종축자화의 힘은 자기장이 걸렸을 때 최대가 된다.

### 4. 종축자화와 횡축자화



왼쪽 그림은 종축자화를 나타낸 것이다. 모두다 축은 N극을 바라보고 세차운동을 하고 있다.(노란화살표)  
세차운동의 빠르기는 **세차운동주파수와 같다.**

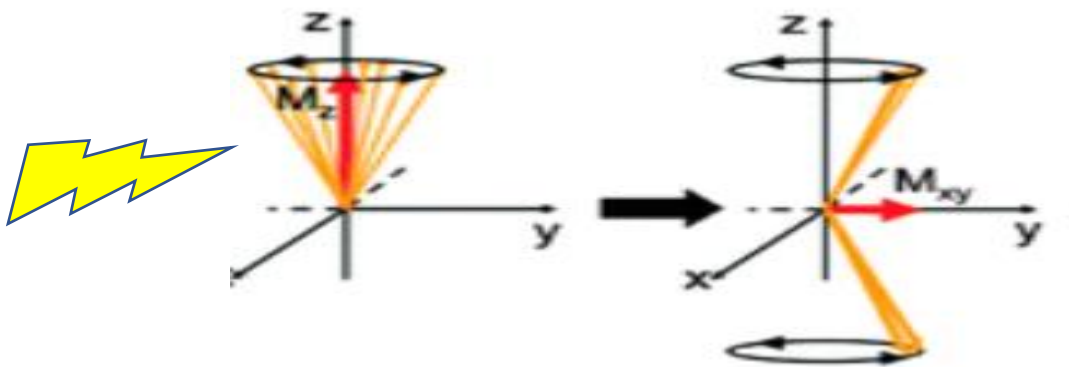
3개의 양성자 모두 축도 같고 세차운동주파수도 같지만 위상이 각각 다르다.

**종축자화:** 축의 벡터값의 총합으로 위 그림에서는 3개 전부다 N극이므로 가장 세다.

**횡축자화:** 각 위상의 값이 총합으로 오른쪽 그림처럼 각각 다른 위상을 띄므로 0이다.

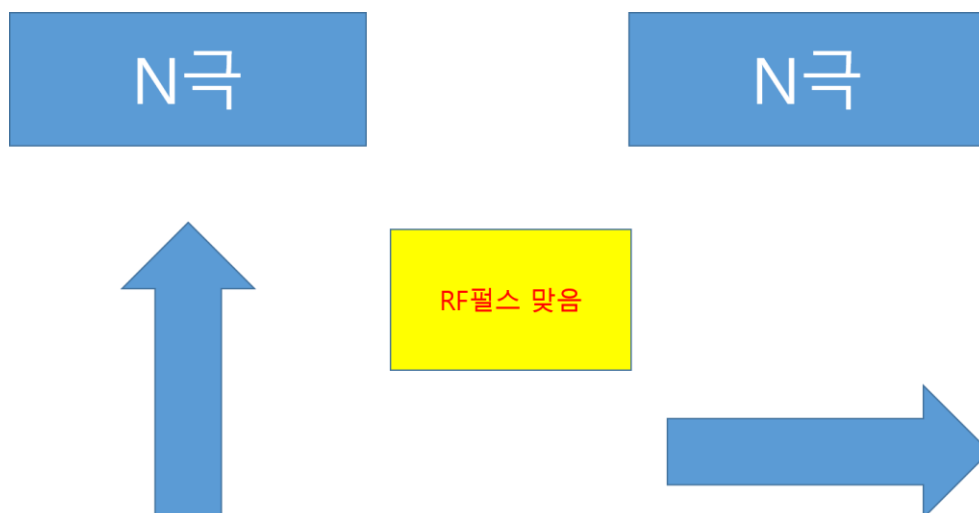
**“즉, 사람이 MRI에 들어가 자기장을 받게되면 종축자화는 최대가 되고 횡축자화는 0이 된다.”**

## 5. 라디오 주파수(RF Pulse)로 인한 자화들의 변화



왼쪽 그림은 종축자화는 최대, 횡축자화는 0인 시점이다. 여기에 RF펄스의 힘을 가해주면 오른쪽 그림처럼 된다. 각 양성자들의 위상이 통일되면서 **횡축자화가 최대가 된다. (공명현상)**

동시에 항상 평행방향이 많았던 종축자화가 RF펄스로 인해 평행/방평행 축의 비가 1:1이 되면서 **종축자화는 0이 된다.**

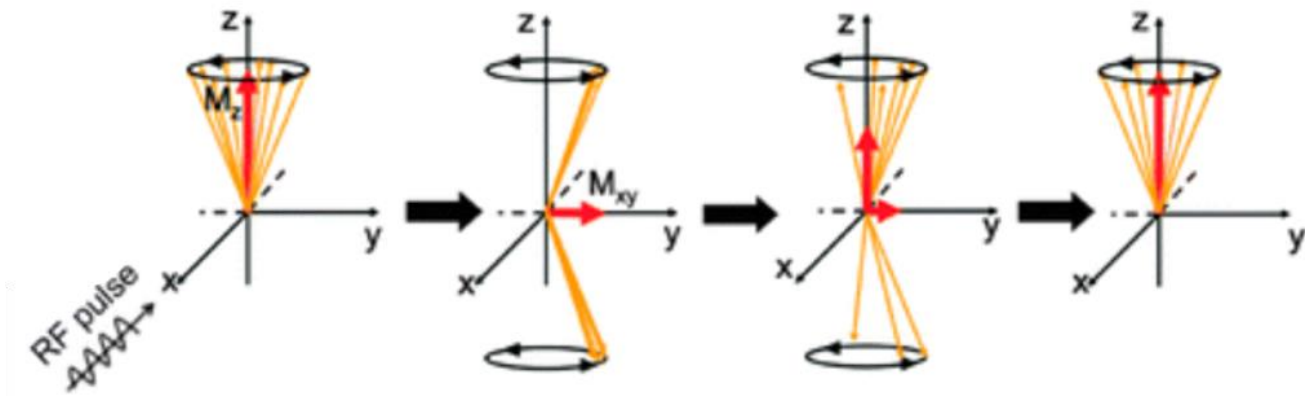


즉 위의 그림처럼 RF펄스가 들어오기 전에는 종축자화 최대, 횡축자화 0이지만,

RF펄스 이후 종축자화 0, 횡축자화가 최대가 되는 것이다. 방향이 90도 꺾였다고 하여 **90도 RF펄스**라 함

이에 대해 정리해보면,

|                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| ALL OFF              | 종축자화, 횡축자화 0    |
| 자기장 ON               | 종축자화 최대, 횡축자화 0 |
| 자기장 ON + 90도 RF펄스 ON | 횡축자화 최대, 종축자화 0 |
| 자기장 ON + RF펄스 OFF    | 종축자화 최대, 횡축자화 0 |



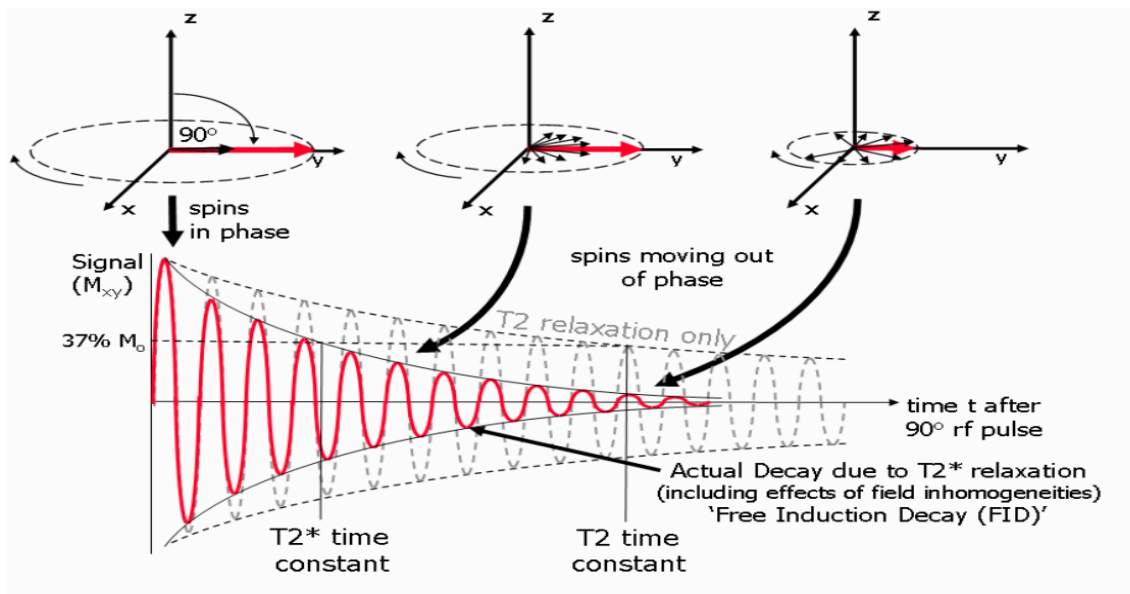
RF펄스가 끊기고 횡축자화의 힘이 사라지면서 바로 신호가 나온다. 이 신호를 통해 MRI이미지형성

## 6. 숙임각 (Flip angle)

종축자화를 횡축자화로 꺾는 각도를 숙임각이라고 한다. 숙임각은 90도가 기본이지만 변경할 수 있다.

RF펄스를 살짝만 주었다가 떼면 90도보다 작게 할수도 있고, 180도로 할수도 있다.

## 7. FID (Free induction decay)와 T2relaxation (decay)

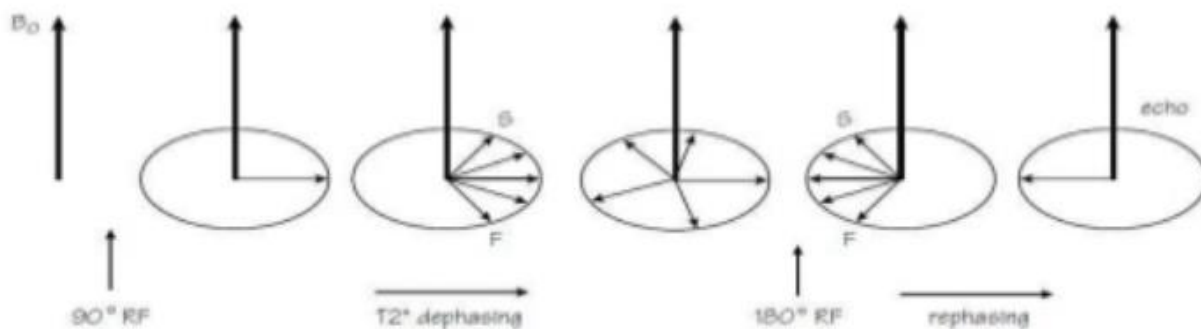


횡축자화가 소실되면서 발생하는 신호는 위 그림과 같다. 이론상 회색 실선의 그림처럼 신호가 길게 나와야 하지만 빨간선처럼 짧게 나오고 금방 사라지게 된다. (외부 자기장의 불균형등 다양한 원인)

|         |            |
|---------|------------|
| 회색 FID  | T2 이완      |
| 빨간색 FID | T2 Star 이완 |

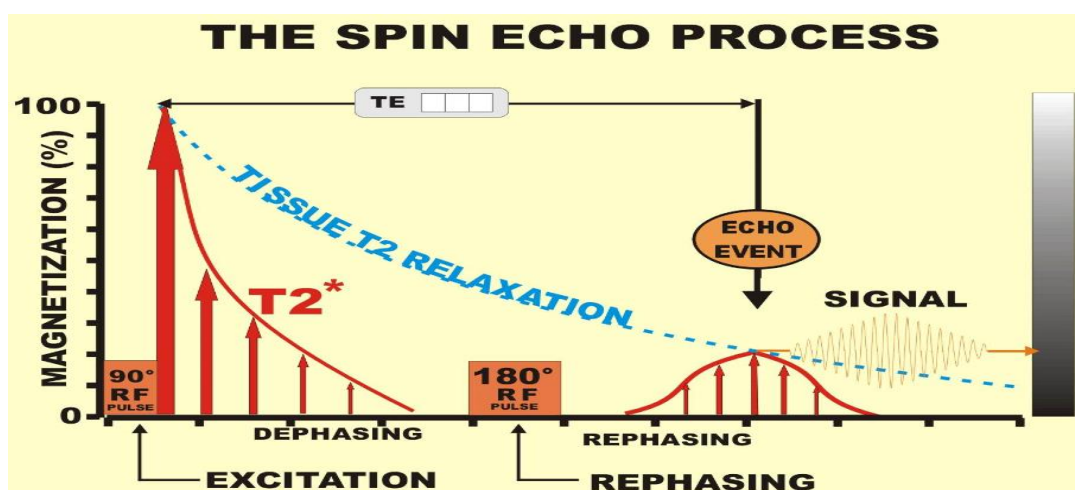
FID신호를 받아서 영상을 만들어야 하지만 T2 Star이완으로 빨리 소멸해 받을 수가 없다.

그래서 신호를 되살려주는 방법이 180도 RF 펄스를 부여하는 방법이다.

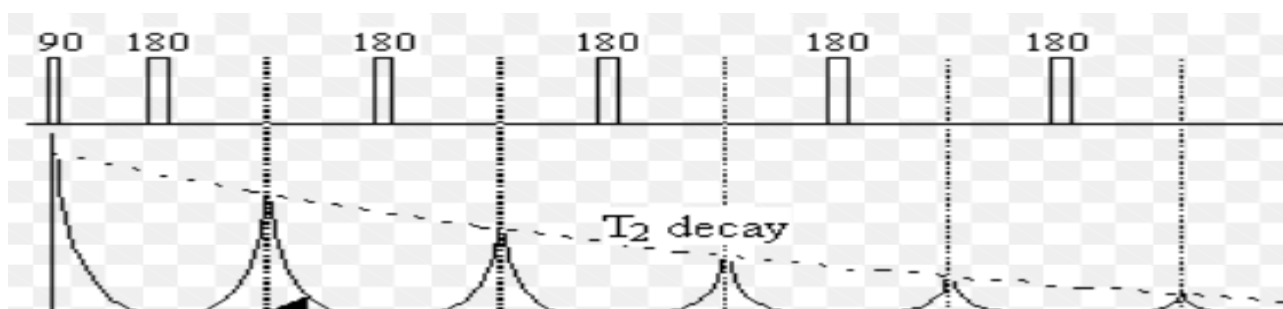


위 그림처럼 흩어지는 횡축자화들이 180도 RF를 받고나서 다시 하나로 모이는 모습을 볼 수 있다.

그리고 또 흩어지면서 신호를 방출하게 되므로 이 신호를 통해 Image를 만들게 된다.

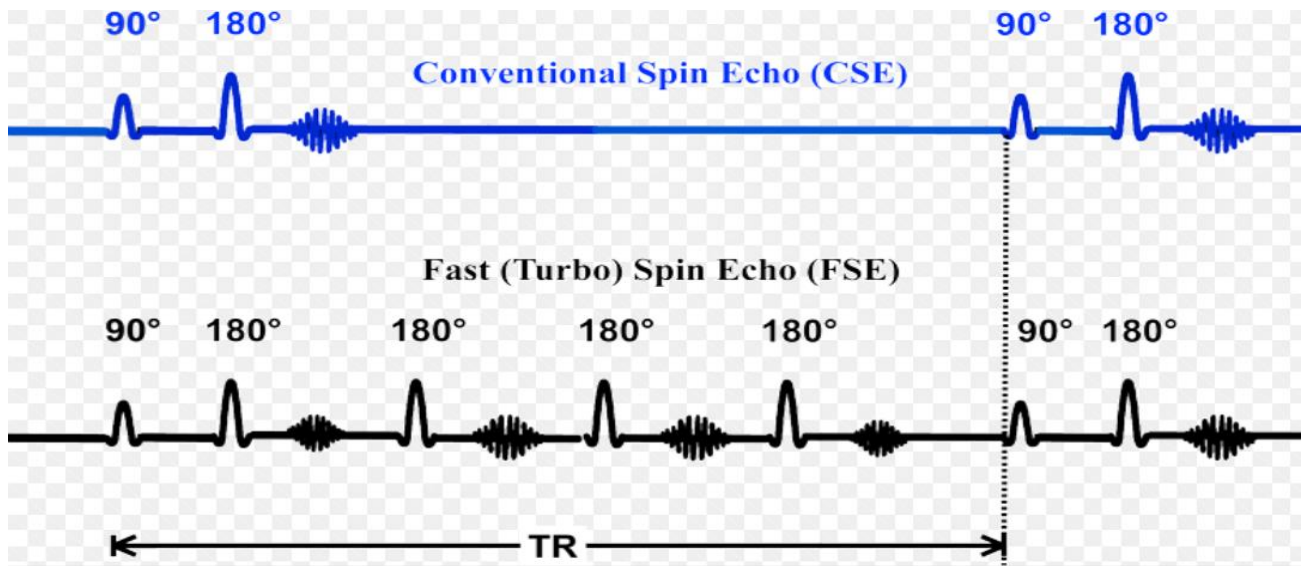


위 그림에서 180 RF로 인해 되살아나 다시 발생하는 신호를 메아리(Echo)라고 부른다.



하지만 메아리를 계속해서 받을수 있는 것은 아니다. 90도의 RF펄스로 생기는 T2 decay 범위 안에서만 되살릴 수 있다. (하지만 메아리의 신호크기는 계속 작아진다.)

## 8. CSE, FSE, TR, TE의 개념



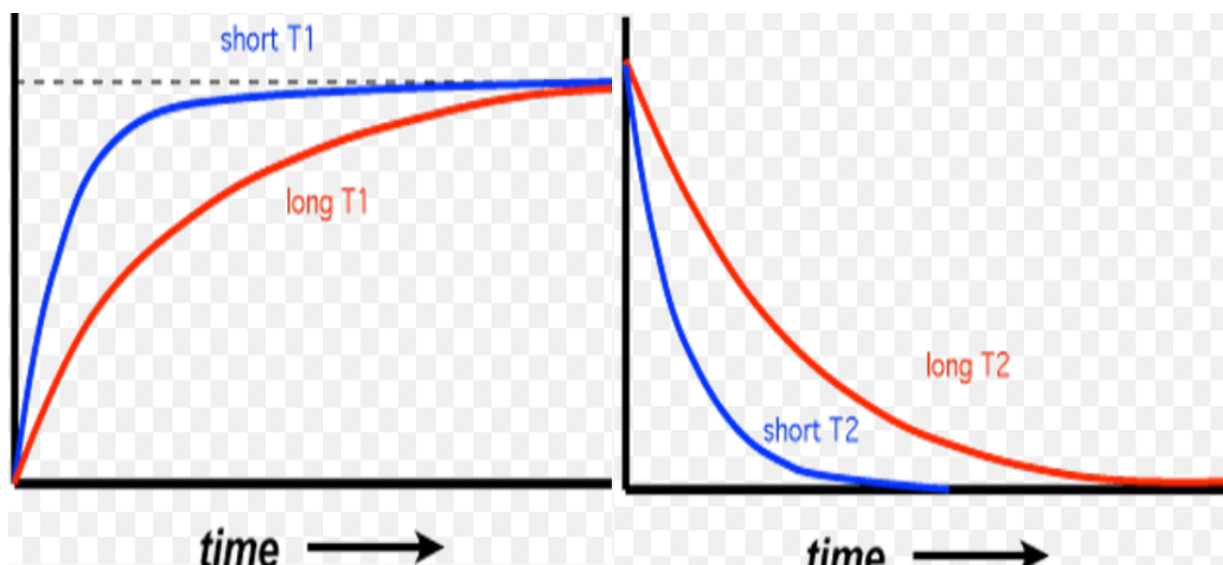
**CSE**(Conventional Spin echo): 90도의 RF펄스 이후 딱 하나의 180도의 메아리 펄스로 신호받음

**FSE**(Fase SE): 90도의 RF펄스이후 여러 번의 180도 펄스로 여러 번 신호받음 => 검사시간 단축

**TR**(Time to repeat): 90도 펄스 이후 90도 펄스까지의 시간

**TE**(Time to echo): 90도 펄스 이후 메아리 생길때까지의 시간

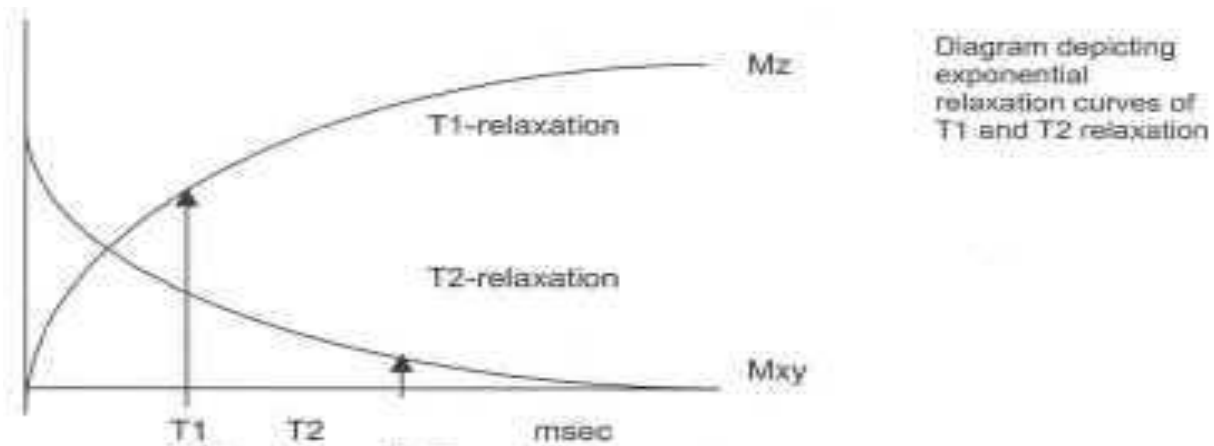
## 9. T1이완(Spin-lattice), T2이완(Spin-Spin)



**T1 이완**: 90도 펄스가 끊긴이후 종축자화가 다시 회복되는개념 => 63%의 회복이 되었을때를 T1이완

**T2 이완: 90도 펄스가 끊긴이후 횡축자화가 소멸되는 개념 => 37%만 남았을때를 T2이완**

T1이완과 T2이완은 동시에 일어난다. (밑에 화살표의 수치를 적어보자)

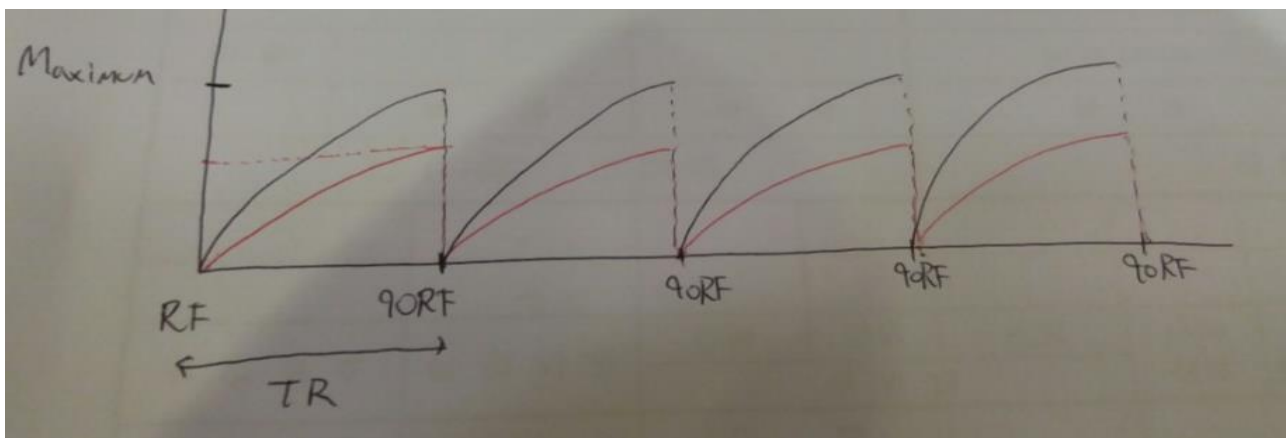


우리의 각 조직마다 고유 T1, T2이완의 시간이 각기 다르며 따라서 각기 신호의 크기도 다르다.

이를 통해 조직의 대조도 차이를 만들어 낼 수 있다.

또한 이완시간의 차이는 조직의 고유스펙이므로 **외부 기계로 바꿔줄 수 없다.**

## 10. T1이완과 신호세기의 관계



T1시간이 빠르다는 것은 그만큼 종축자화의 회복이 빠르다는 것을 의미한다.

위 그래프를 보면 T1회복의 정도를 나타냈는데 검은색 선과 빨간색 선과의 구별이 되므로 이를 강조해 나타내면 신호크기를 구분해 낼수 있다. = T1강조영상

|               |                     |                     |               |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------|
| <b>T1이 짧다</b> | <b>회복된 종축자화가 크다</b> | <b>T1<br/>강조하면=</b> | <b>신호가 크다</b> |
| <b>T1이 길다</b> | <b>회복된 종축자화가 작다</b> |                     | <b>신호가 작다</b> |

오해하지 말아야 할 점은 종축자화의 회복정도가 신호의 크기를 결정하지만 신호를 주는 직접적인 요인은 횡축자화의 소실이며 180 RF Pulse의 메아리를 통해 받는다.

| T1 시간의 순서                |
|--------------------------|
| 지(180ms) 백 회 뇌 물(2500ms) |

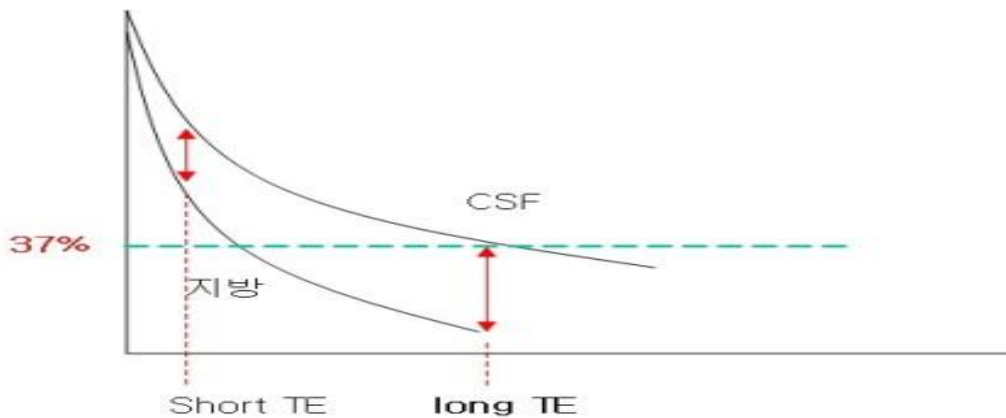
### 11. T2이완과 신호세기의 관계

T2가 길다는 의미는 횡축자화가 오랫동안 살아있다는 뜻이다. 밑의 그래프를 보면 횡축자화의 크기가 처음에는 동일하지만 시간이 지날수록 구분이 된다. 이를 강조하면 T2강조영상이 되고 T2이완시간이 길게 신호가 강하다.

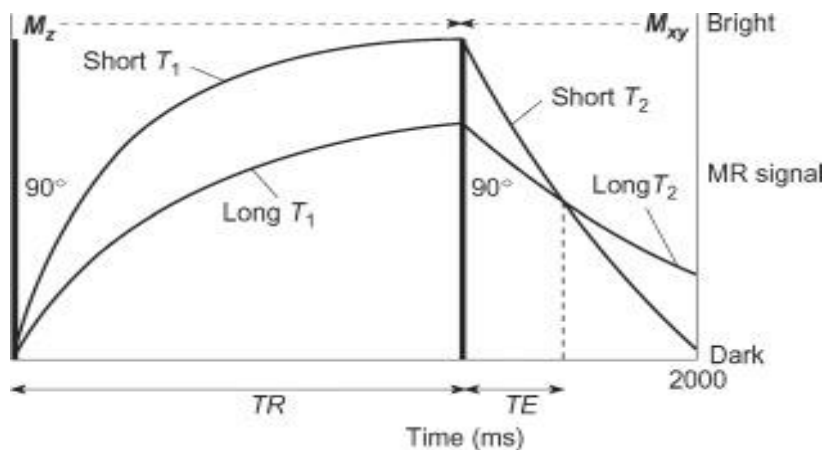
|        |              |             |        |
|--------|--------------|-------------|--------|
| T2가 짧다 | 횡축자화가 금방사라진다 | T2<br>강조하면= | 신호가 작다 |
| T2가 길다 | 횡축자화가 오래간다.  |             | 신호가 크다 |

| T2 시간의 순서                 |
|---------------------------|
| 근(40ms) 지 백 회 뇌 물(2500ms) |

어떠한 조직이든 T2가 T1보다 짧다. 절대 길어질 수 없다.



### 12. T1강조영상



위 그래프를 해석할땐 앞에서 배운 내용을 잊어버리는게 편하다.

**신호의 세기를 결정하는건 위 그래프에서 TE를 끊어줬을때의 신호크기로 결정 된다.**

TR강조 영상이란건 T1이완의 속도차이를 대조도로 만들겠다는 것인데, 만약 TR을 길게 하면 회복의 차이는 어떻게 될까? 정답은 최대치는 같으므로 시간만 충분하다면 두 조직의 회복값은 같아진다.

**즉 대조도 차이를 주기 위해 TR을 짧게 해주어 회복차이를 최대한 크게 만들어 줘야한다.**

신호의 크기를 결정짓는건 TE가 끝났을때의 메아리 신호이다. 만약 TE를 최대한 길게 하면 어떻게 될까? 이미 T2이완이 다 끝나서 신호가 소실되어 두조직 전부다 받을 메아리가 없어진다.

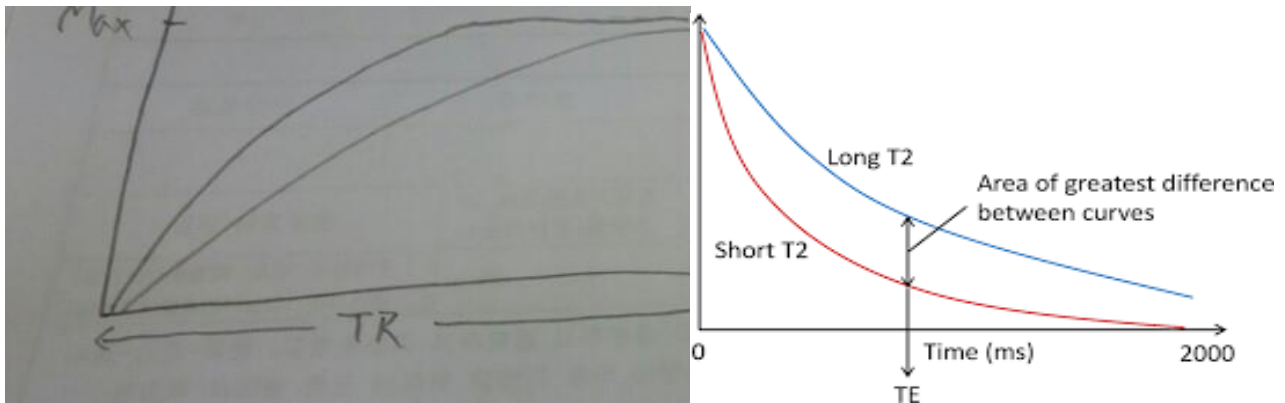
**즉 두 조직간의 T1회복차이 대조도를 최대한 유지하기 위해서는 TE를 최대한 짧게 해주어야 한다.**

|        |                              |
|--------|------------------------------|
| T1강조영상 | TR 짧게(500ms), TE 짧게(10~30ms) |
| 특징     | 대조도, 해부학적 정보 우수              |

시험에서 통상적으로 짧다 길다의 시간은 다음과 비슷하다. (꼭 외우자)

|    |                        |
|----|------------------------|
| TR | 짧다 = 500ms 길다 = 1500ms |
| TE | 짧다 = 30ms 길다 = 80ms    |

### 13. T2강조영상



T2강조영상은 T2이완시간의 차이를 대조도로 나타내는 방식이다.

먼저 TR을 길게해서 T1이완시간의 차이를 없애야 한다. (= TR 길게)

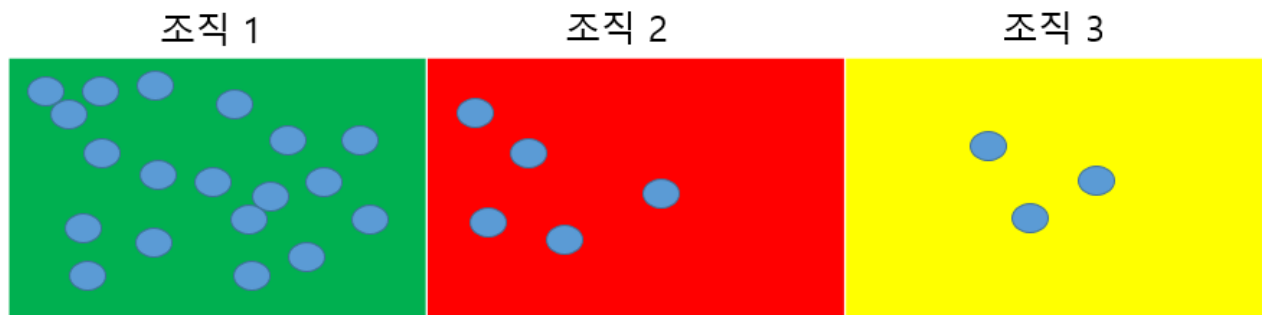
그러면 어떤 조직이든 Max값까지 T1이 회복되어 대조도 차이가 없어진다. 그 다음 T2이완의 차이를 만들어내면 되는데, 만약 TE가 짧으면 서로 줄어드는 시간이 부족하므로 대조도 차이가 적다.

하지만 **적당히 길게** 하면 오른쪽 그래프처럼 대조도 차이가 나게 된다.

T2강조의 경우 TR을 길게 하여 MAX값에 도달하므로 SNR이 높다. =병변정보가 뚜렷하다.

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| T2강조영상 | TR 길게(2000~5000ms), TE 길게(80ms) |
| 특징     | 병리학적 정보 우수                      |

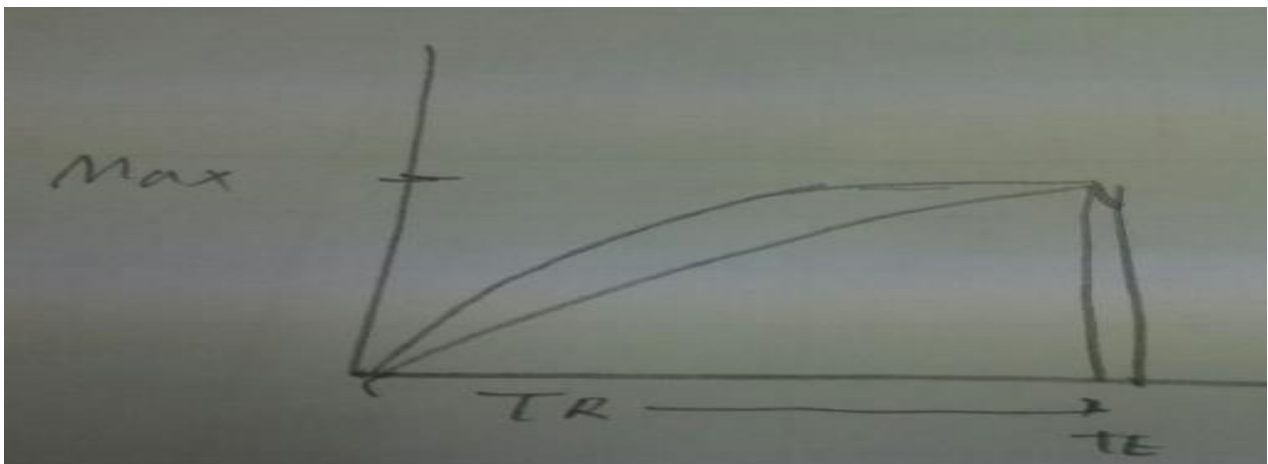
#### 14. 양성자밀도 강조영상 (Proton density weighted image)



이 기법은 조직간의 TR, TE스펙에 따라 대조도를 만드는 것이 아니라 조직간의 양성자의 개수로 만든다.

따라서 양성자가 많이 들은 조직1번은 밝은신호, 조직3번은 어두운 신호가 되겠다.

이렇게 오로지 양성자의 개수로만 대조도를 만들려면 조직이 갖고있는 TR, TE의 스펙차이를 없애야 한다.



그래서 위 그림과 같이 TR은 길게, TE는 아주 짧게하면 조직간의 대조도차이가 완전히 사라진다.

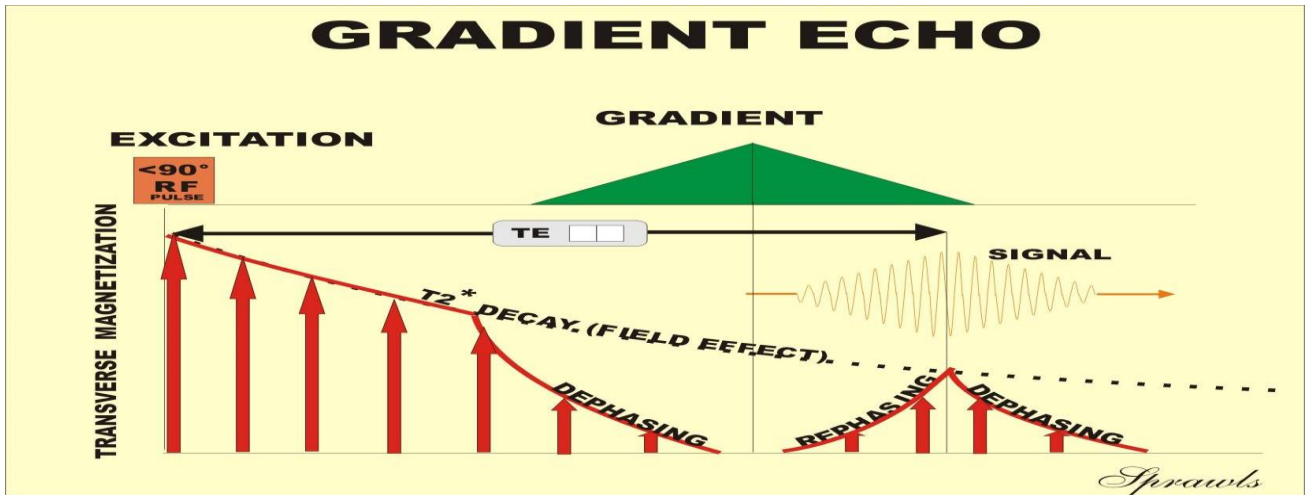
|        |              |
|--------|--------------|
| PD강조영상 | TR 길게, TE 짧게 |
|--------|--------------|

PD영상이 SNR이 가장 좋다.

양성자의 밀도는 근육이 가장 높고 공기가 일 작다.

## II Gradient echo (GE)에 대해 알아보자.

### 1. GE의 기본 원리



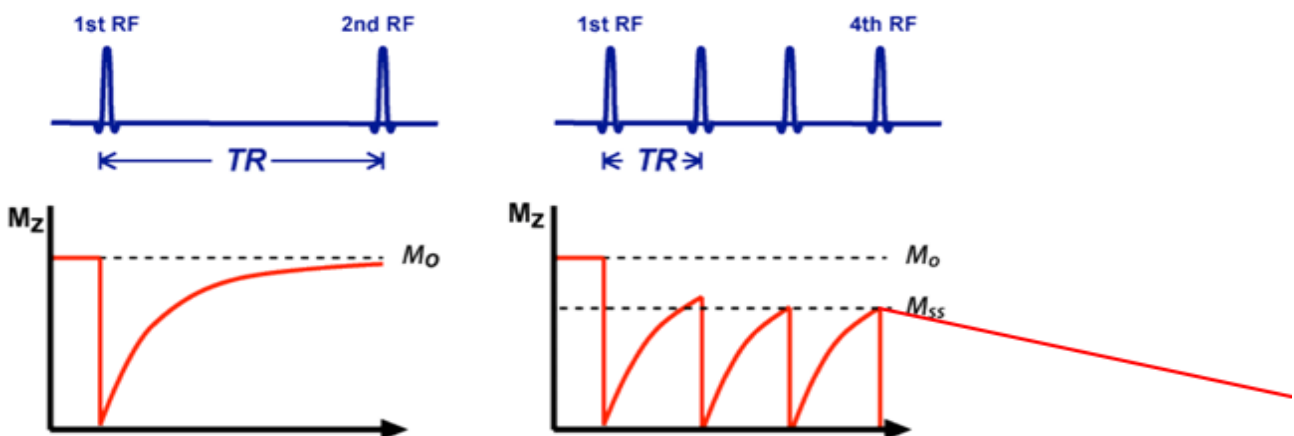
90도 RF펄스를 주는 것까지 SE와 똑같다. 하지만 메아리를 받기 위해 SE는 180RF펄스를 사용했으나 GE의 경우 **한쌍의 경사자기장**을 부여하여 메아리를 얻는다.

GE의 또 하나의 특징은 **TR을 짧게 해주어 최대한 빠른시간내에 신호를 많이 받아 검사시간을 줄이는 것**.



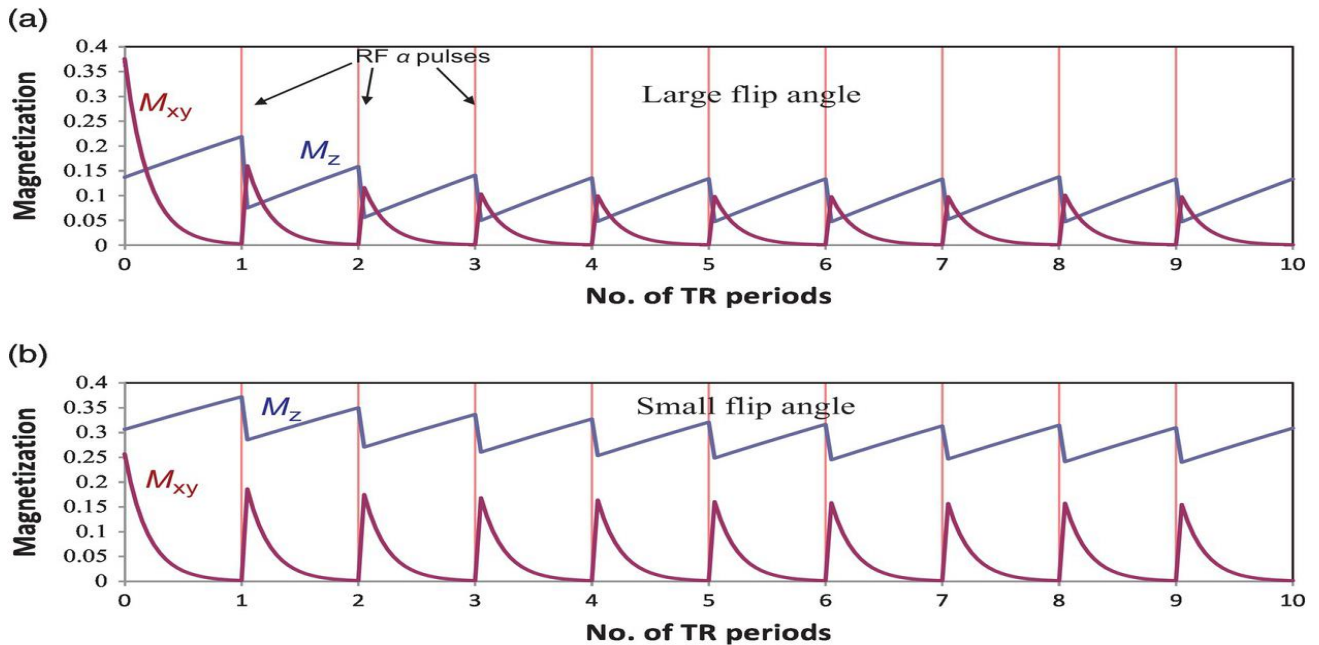
위의 CSE처럼 하나의 TR간격에 하나의 메아리 신호를 받는다. 즉 1TR에 1신호이므로 TR간격을 짧게하면 메아리를 많이 받을 수 있다.

하지만 TR을 짧게 지속하다보면 **포화효과**가 생긴다.



위 그림처럼 TR이 간격을 유지하면 다시 종축자화의 회복이 다 일어나지만 오른쪽처럼 TR이 짧으면 회복시간이 없으므로 지속적으로 종축자화의 값이 작아지다가 마지막엔 신호가 거의 사라지는데 이를 **포화효과**라고 한다.

이를 해결하는 방법이 바로 **숙임각(Flip angle)을 90도 미만으로** 하는 것이다.



위 그래프를 보면 같은 TR간격이지만 발생하는 신호를 밑의 그래프이다.

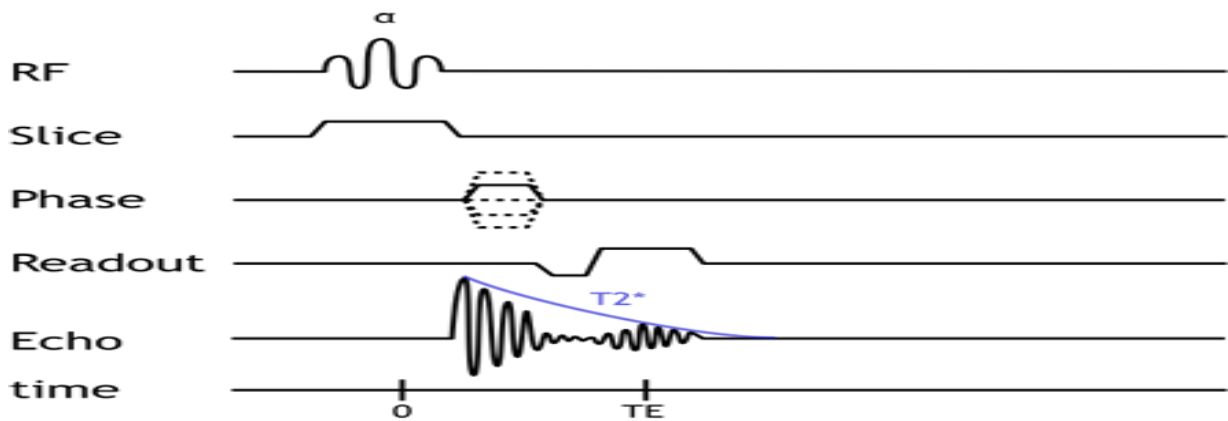
만약 숙임각을 90도로 하게되면 TR이 걸릴때마다 종축자화는 항상 0이되어 버려 회복하는데 오랜시간이 걸린다. 하지만 숙임각을 작게하면 RF펄스가 걸려도 완전히 0이 되는게 아니므로 회복이 빠르다.

따라서 TR이 짧을때는 숙임각을 작게하면 종축자화의 회복이 쉬으므로 포화효과를 피할 수 있다.

그렇다고 무조건 숙임각을 작게하는건 아니며 검사종류에 따라 숙임각을 정해주는데,

조직에 가장 어울리는 숙임각을 **Ernst angle**이라고 한다.

GE 그래프에선 숙임각이 정해져있지 않으므로 알파로 표현된다. 또한 **위상부호화의 크기가 항상 다르게** 인가되는 것을 확인하자. **GE의 경우 SE보다 검사시간은 빠르지만 SNR과 대조도는 SE가 우수하다.**



## 2. GE T1강조, T2강조, PD강조

SE기법에서 공부했으므로 따로 하지 않아도 된다. 숙임각의 조건이 하나 추가되므로 외우자.

|      | TR | TE | 숙임각            |
|------|----|----|----------------|
| T1강조 | 짧게 | 짧게 | 크게 (종축자화 회복차이) |
| T2강조 | 길게 | 길게 | 작게             |
| PD   | 길게 | 짧게 |                |

GE의 경우 메아리를 경사자기장을 이용하므로 외부 자기장이 균일해야 한다.

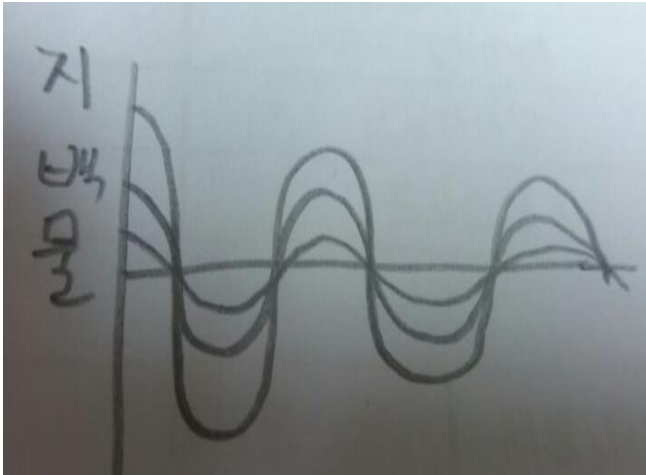
## III영상의 형성과정을 알아보자

### T1 강조영상



위의 그림처럼 T1강조영상을 만들면 오른쪽의 대조도 그림이 나와야 한다.

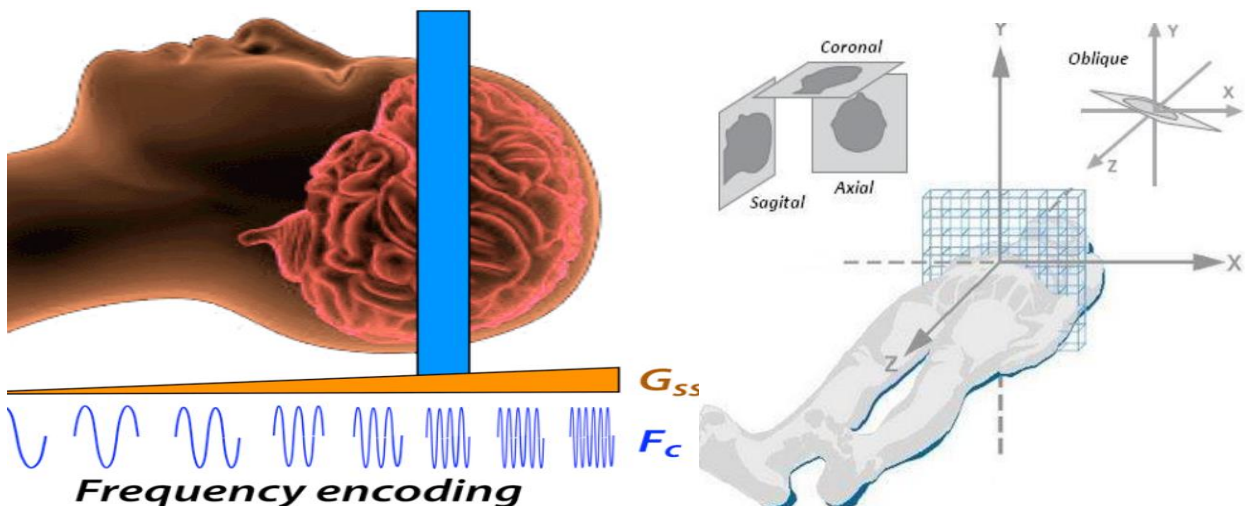
지금까지의 과정으로는 절대로 위와 같은 이미지를 형성할 수 없다. 왜냐하면 지방, 회백질, 물이 방출하는 신호의 세기는 다르지만 주파수가 똑같고 위상마저 똑같다.



| 주파수50<br>위상0    | 주파수100<br>위상0    | 주파수150<br>위상0    |
|-----------------|------------------|------------------|
| 주파수50<br>위상 -10 | 주파수100<br>위상 -10 | 주파수150<br>위상 -10 |
| 주파수50<br>위상 -20 | 주파수100<br>위상 -20 | 주파수150<br>위상 -20 |

따라서 지방, 회백질, 물의 신호를 구별하여 위치잡이를 해주어야 하는데 3가지 옵션을 넣어줘야 한다.

## 1. 단면선택 경사자기장 (Gradient coil)



위의 뇌의 단면을 선택한다고 해보자. 목적은 파란단면만 RF펄스를 인가했을 때 공명이 일어나게 만드는 것이다. 그러려면 파란색 외의 단면과는 구별되어야 하는데 바로 경사자기장을 걸어주는 것이다.

**양성자의 세차운동주파수 = 양성자의 고유주파수 X 외부의 자기장**

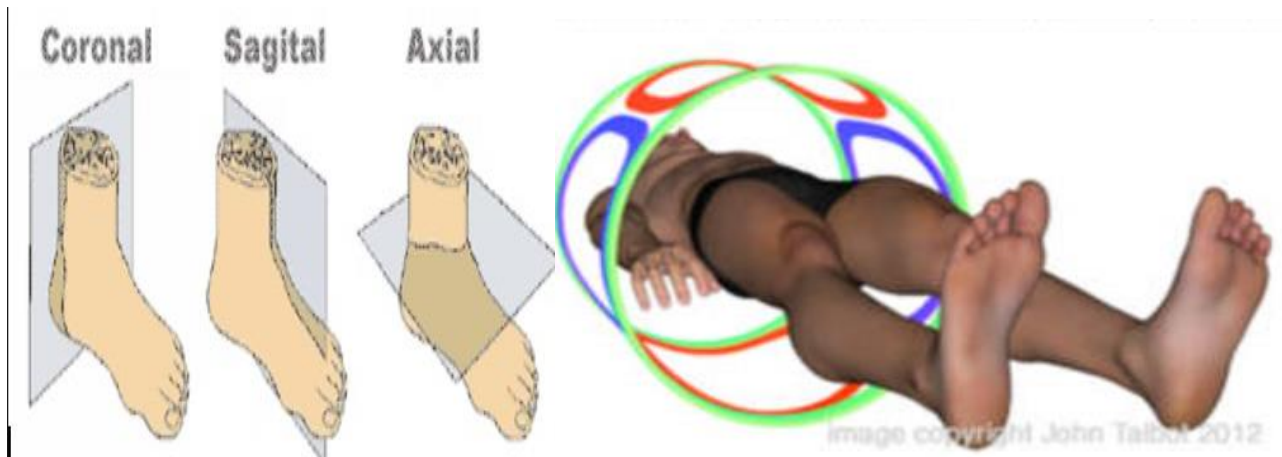
이와 같이 세차운동주파수는 외부의 자기장으로 변화가 되므로 경사자기장을 각각 다른값을 인가해주면 파란색단면만의 세차운동주파수를 구별되게 갖게된다.

그후 파란색단면의 세차운동주파수에 맞는 RF펄스를 인가하면 선택된 단면만 공명이 일어나게 된다.

총 3가지의 단면을 선택할수 있다.

| Coronal | Sagittal | Axial (Transverse) |
|---------|----------|--------------------|
| Y코일     | X코일      | Z코일                |

모두다 한쌍씩 총 6개로 구성된다.



## 2. 주파수부호화 경사자기장

| 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 |   | 주파수50<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수150<br>위상0 |
|---------------|---------------|---------------|---|--------------|---------------|---------------|
| 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | → | 주파수50<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수150<br>위상0 |
| 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 |   | 주파수50<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수150<br>위상0 |

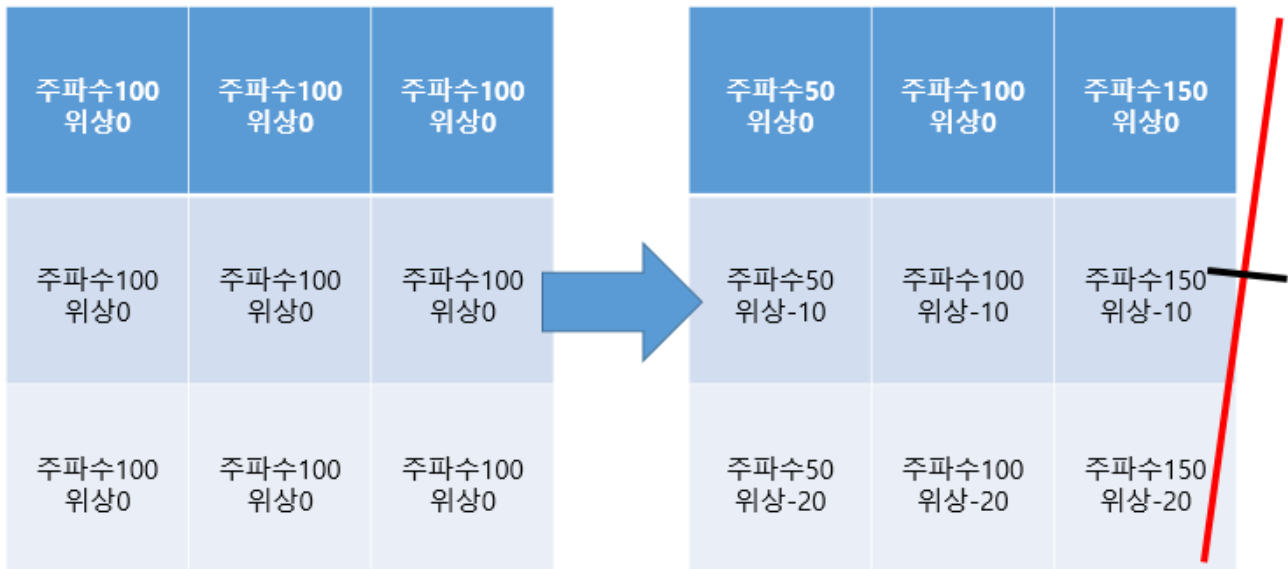
파란색단면을 선택하여 2D이미지로 나타내면 좌측과 같은 상태가 되어있다. (주파수, 위상이 다 같다.)

왼쪽-오른쪽 방향으로 경사자기장을 걸어주면 우측처럼 각기 다른 주파수를 갖게 된다.

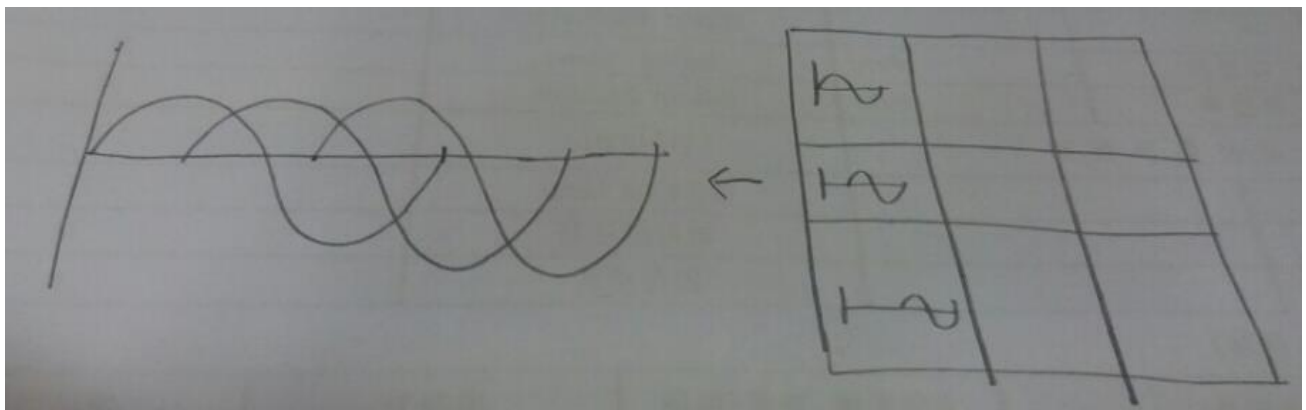
이 경사자기장이 **주파수 부호화 경사자기장**이다.

하지만 아직 세로축 방향으로 주파수가 같아 구별이 안된 상태이다.

### 3. 위상부호화 경사자기장



세로축의 구별은 위상으로 만들어 낸다.



즉 펄스의 시작점을 다르게 만드는 것이다.

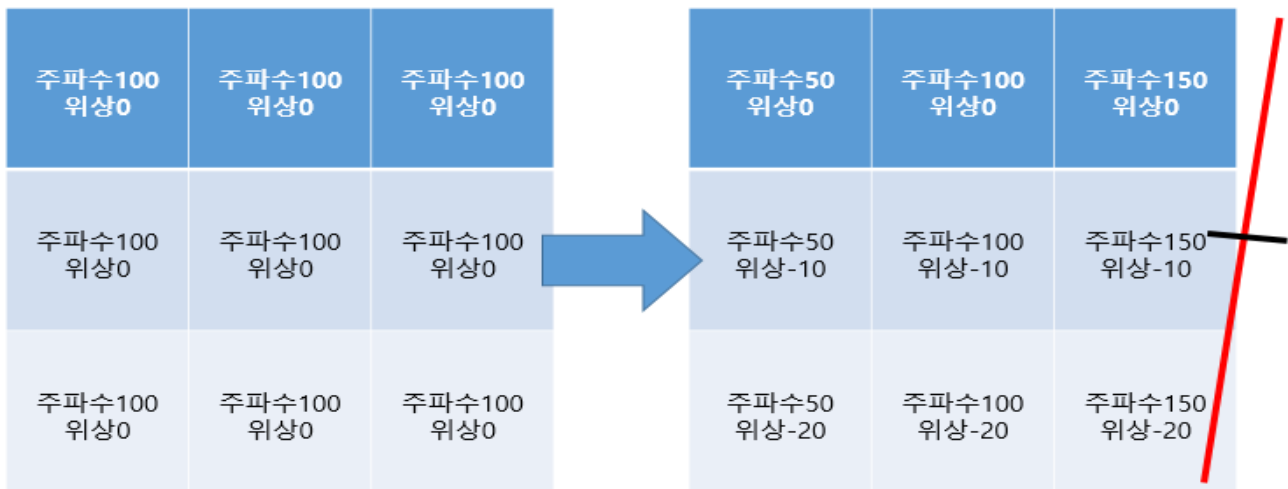
이렇게 위상을 바꿔주는 경사자기장을 **위상부호화 경사자기장**이라고 한다.

위상부호화의 경우 위상만 바꾸고 주파수의 변경은 주지 않기 때문에 자기장이 잠깐만 **인가되었다가 바로 차단**되어야 한다. 반면에 주파수 부호화는 주파수를 계속 바꾸고 있어야 하기 때문에 신호가 수집되는 동안에는 계속해서 인가되어 있어야 한다.

위상차의 개수는 Maxtrix의 수만큼 인가되어야 한다. (ex 128X128 Size의 영상이면 위상차가 128개 필요)

또 위상부호화 자기장은 한번의 TR간격에 한번만 인가된다.

#### 4. 영상 획득시간과 SNR



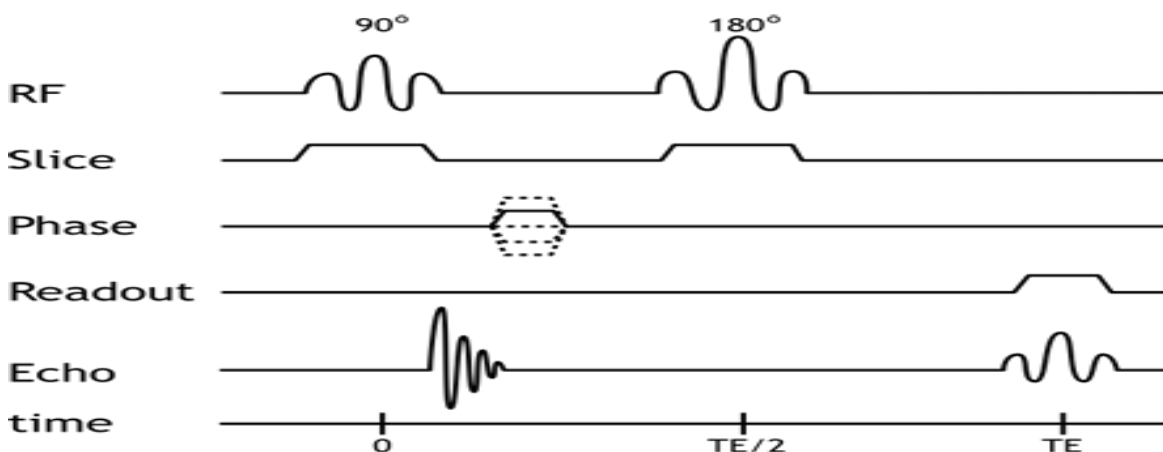
영상 획득시간에 영향을 끼치는건 TR의 시간이다. 위 영상의 매트릭스는 3X3이므로 몇번의 위상부호화가 걸려야 하는가? 정답은 3번이다. 또 위상부호화를 한번 걸어주기 위해서는 한번의 TR이 필요하므로 총 3번의 TR이 반복되어야 한다.

$$\text{영상획득시간} = \text{TR} \times \text{매트릭스수}(=\text{위상부호화수}) \times \text{NEX}$$

$$\text{3D일때} = \text{TR} \times \text{매트릭스수}(=\text{위상부호화수}) \times \text{NEX} \times \text{단면부호화}$$

$$\text{FSE일때} = \text{TR} \times \text{매트릭스수}(=\text{위상부호화수}) \times \text{NEX} \div \text{ETL}$$

NEX란 Number of excitation의 약자로 신호가 약할 때 같은 일을 반복하여 신호를 세게 해주는 것  
NEX를 올리면 SNR의 NEX의 제곱근에 비례하여 증가한다.

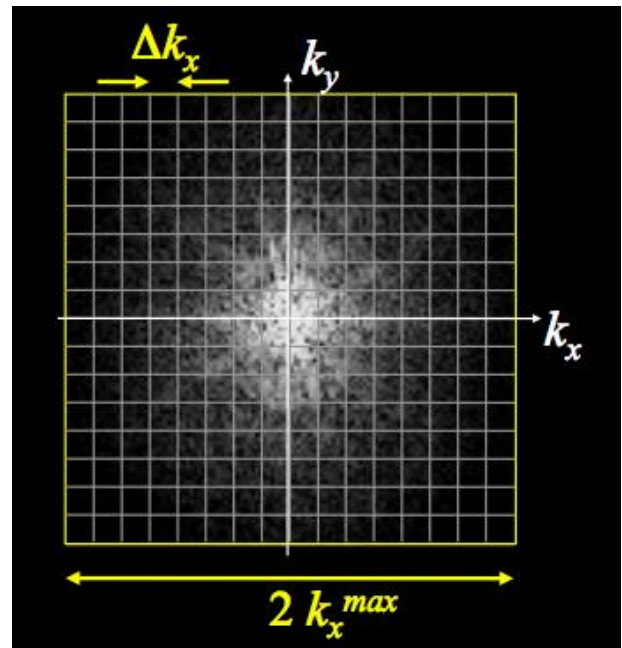


이제 위 이미지를 분석할 수 있는데, 자기장이 걸리는 순서를 보자면

단면선택 경사자기장 -> 위상부호화 경사자기장 -> 주파수 부호화 경사자기장

## 5. K-space

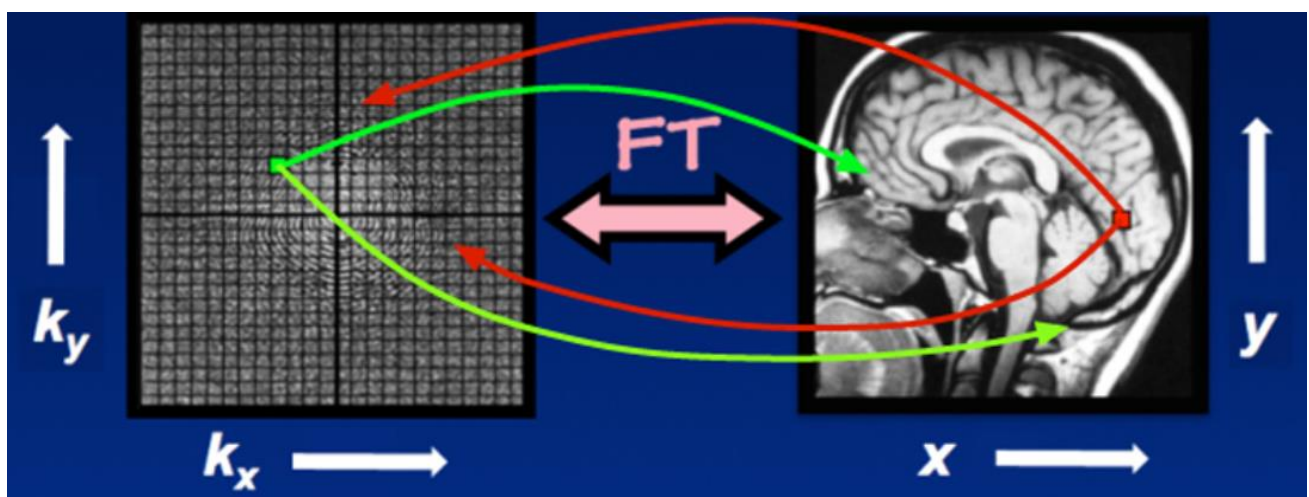
|                |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|
| 주파수50<br>위상0   | 주파수100<br>위상0   | 주파수150<br>위상0   |
| 주파수50<br>위상-10 | 주파수100<br>위상-10 | 주파수150<br>위상-10 |
| 주파수50<br>위상-20 | 주파수100<br>위상-20 | 주파수150<br>위상-20 |



왼쪽처럼 주파수부호화, 위상부호화를 통해 각 신호의 위치를 잡아준 다음 그 이미지를 한 정보를 **K-space**라 한다. 사진을 보면 정 가운데가 다른 부분에 밝다. 그 이유는 주파수 부호화, 위상부호화 자기장의 영향을 덜 받았기 때문이다. 이 부분은 높은 신호를 가지며 조직의 대조도 정보를 갖게 된다. 해상력은 바깥부분이 뛰어나다. 이 정보를 푸리에 변환을 통해 완성된 이미지를 얻는다.

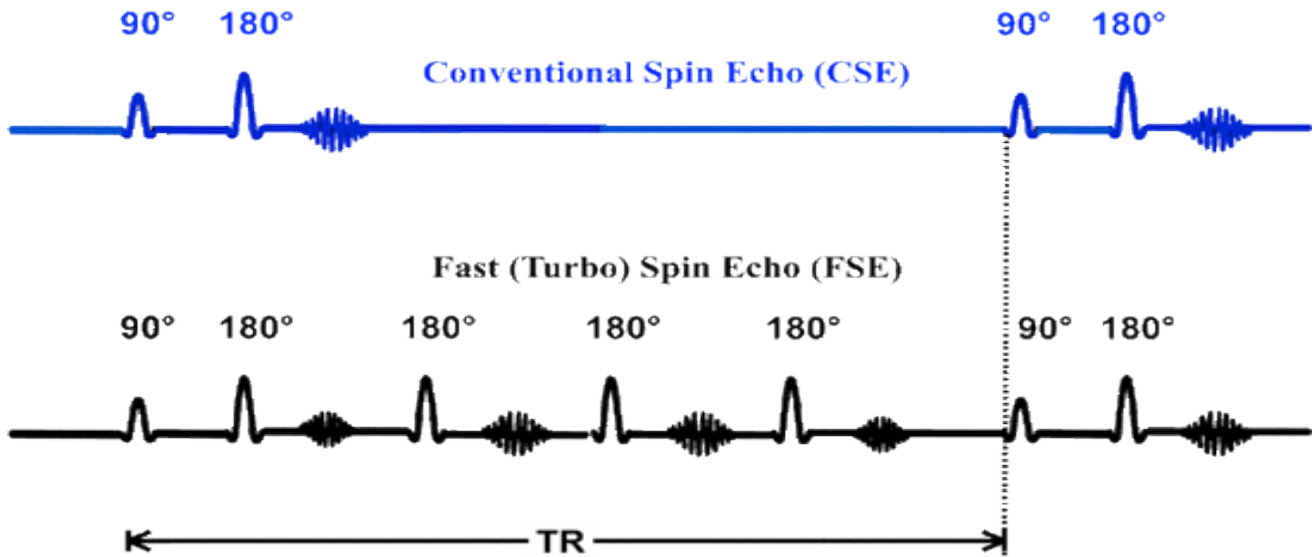
**K-space의 단위: cm당 주파수**

Fractional NEX: K-space 절반만 실제 데이터로 채우고 나머지는 mirror data로 채우는 법 = 검사시간 단축



## IV SE 특수 기법에 대해 알아보자

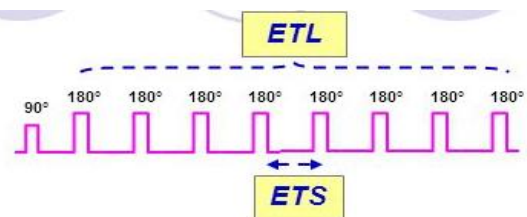
### 1. FSE (Fast spin echo)



한번의 TR에 여러 개의 180도 RF펄스로 에코를 다수 만들어 내는 기법

#### Echo train length (ETL)

- : Number of 180° RF pulse
- : Scan time  $\propto (1/ETL)$

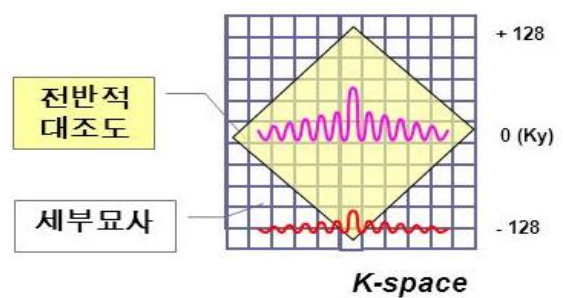


#### Echo train spacing (ETS)

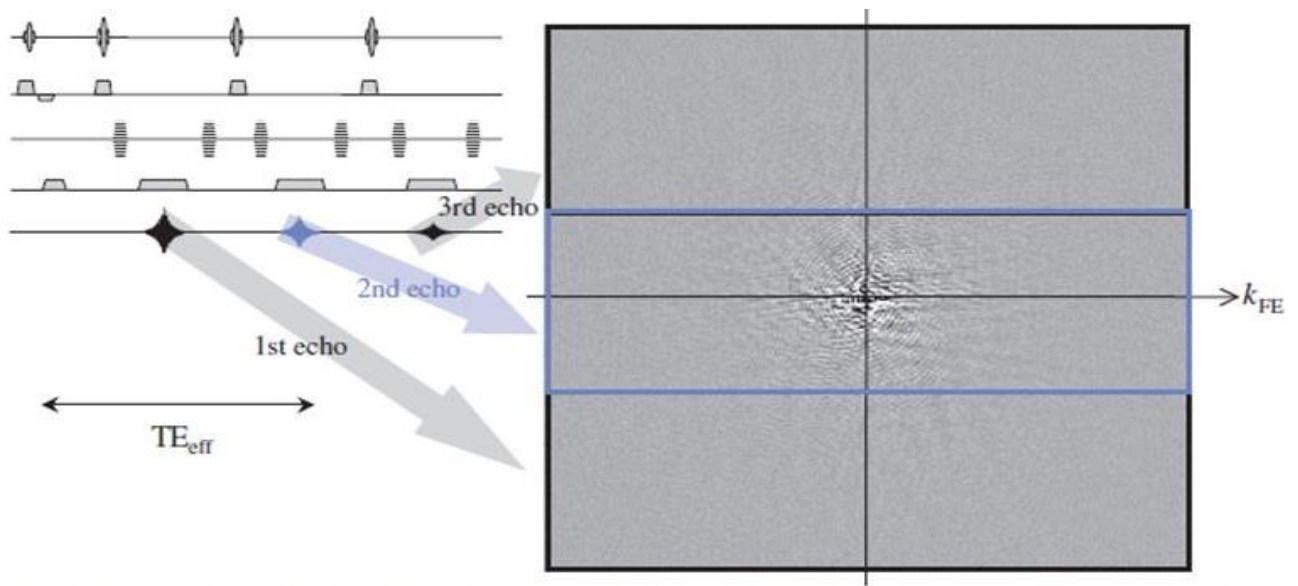
- : Space between 180° RF pulse

#### Effective echo time ( $TE_{eff}$ )

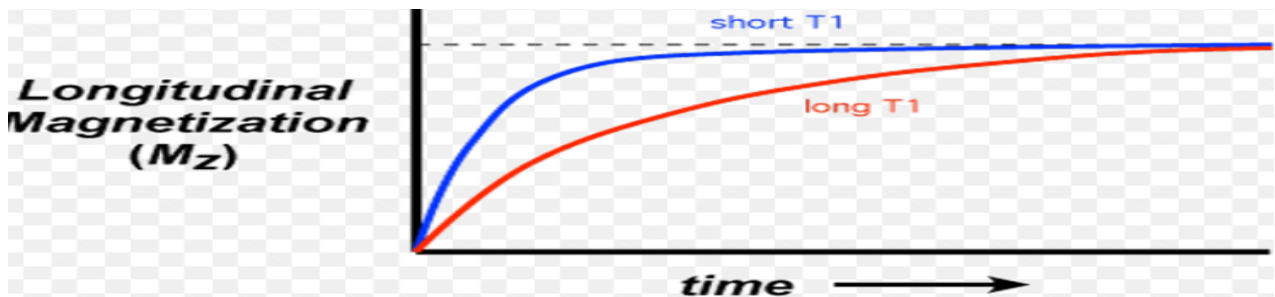
- : SE의 TE와 유사하게 사용되나 다른 개념
- : TE of k-space mid-line  
(위상(Phase) 부호화경사 = 0)
- : Echo  $\uparrow\uparrow$
- : Contrast, SNR에 주로 기여



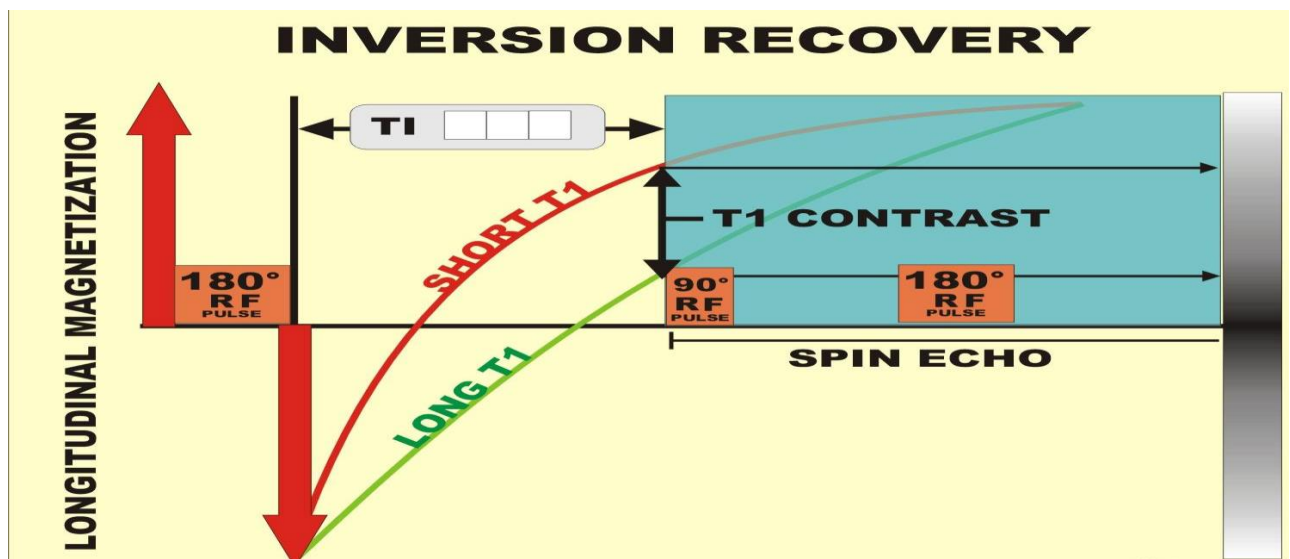
|                         | 정의                         | 특징                      |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>ETL</b>              | 1번의 TR에 걸린 180RF 의 개수      | ETL의 크기만큼 Scan time 줄어듬 |
| <b>ETS</b>              | 180RF 간의 거리                | 짧을수록 좋다                 |
| <b>TE<sub>eff</sub></b> | K-space의 가운데를 채우는 에코까지의 시간 | 영상의 대조도를 결정             |



## 2. IR (Inversion recovery)



보통 90RF 로 인해 보기와 같이 T1이완이 일어난다. 그런데 180RF 펄스를 준다면?



보기와 같이 0에서 시작하는게 아니라 (-)에서 시작하여 회복된다. =IR 기법

종축자화가 아무리 (-)라도 값이 0이 아니면 신호는 방출한다.

IR기법을 이용해 3가지 특수촬영이 가능한데 => STIR, FLAIR

**(1) STIR (Short T1 Inversion recovery):** TR을 짧게 하여 지방신호를 없앤다.

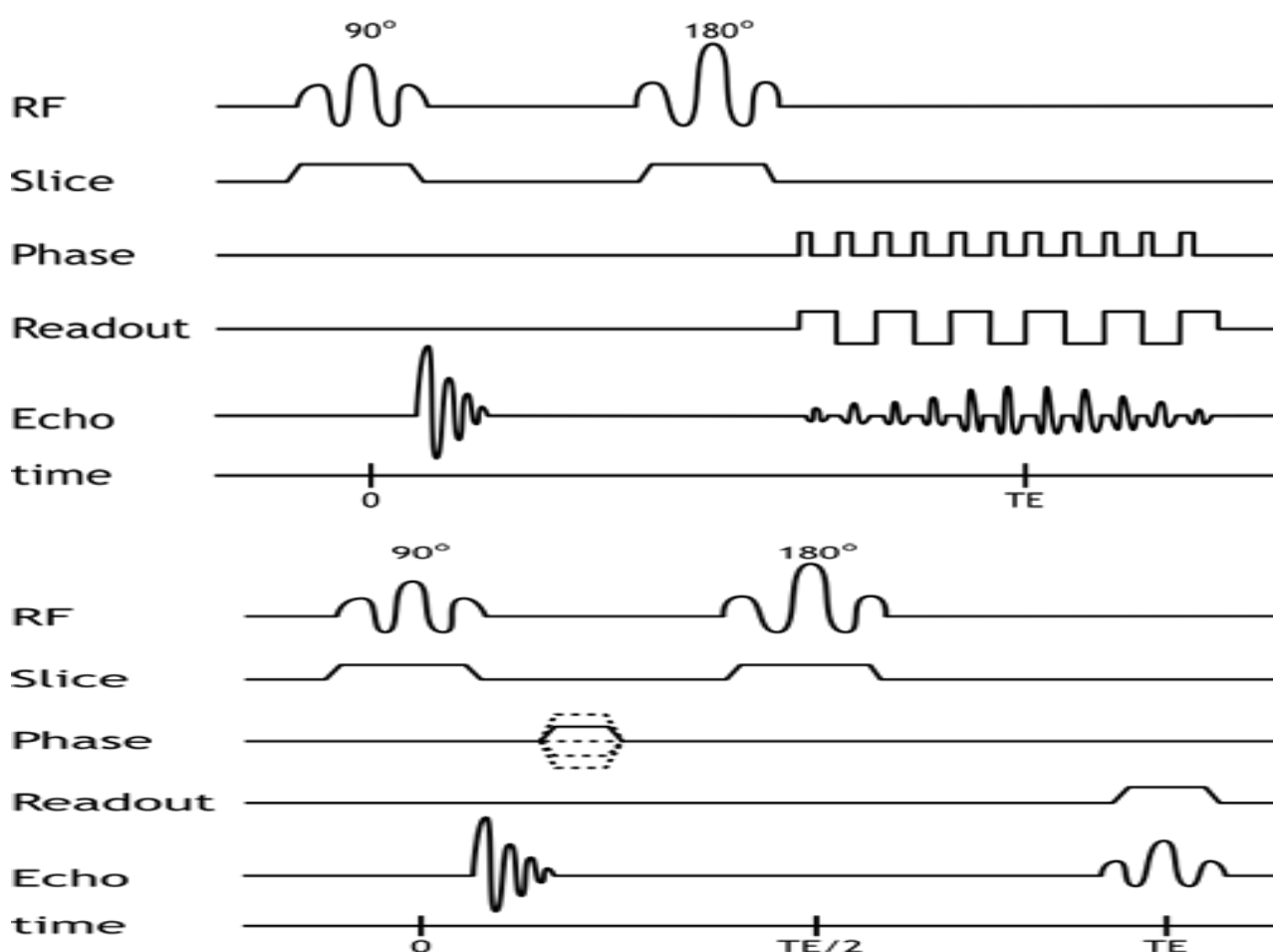
지방을 제거하면 지방에 가려졌던 병변을 잘 볼수 있다.

**(2) FLAIR (Fluid Attenuated Inversion recovery):** TR을길게 하여 물신호를 없앤다.

FLAIR의 경우 TR을 길게하기 때문에 검사시간이 길어진다. (약 11000ms)

### 3. EPI (Eco Planar Imaging)

하나의 180도 RF펄스의 메아리에 여러 개의 위상부호화, 주파수부호화를 걸어주고 신호를 획득한다.



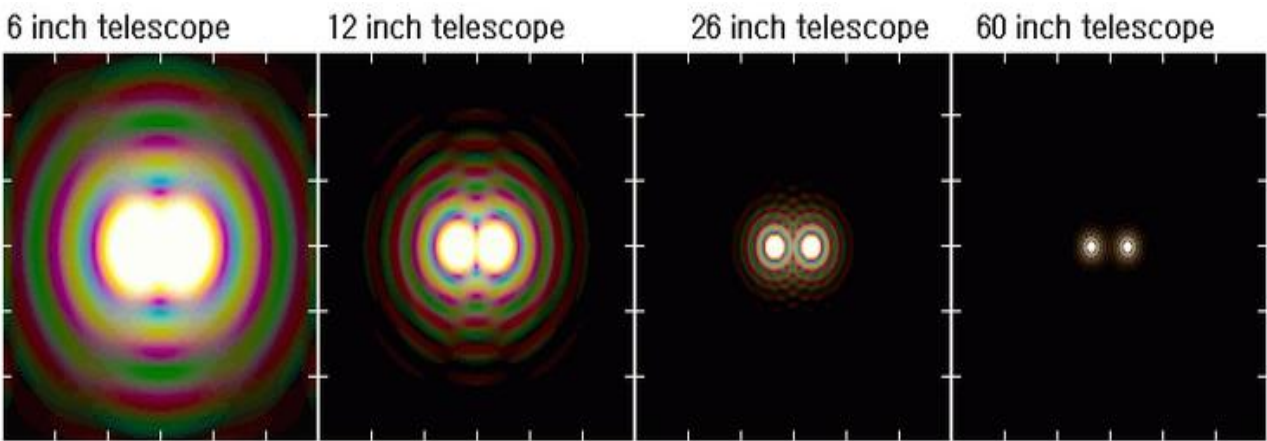
EPI 포인트

| EPI 조건                | EPI 장점      | EPI 단점       | EPI로 가능한 검사 |
|-----------------------|-------------|--------------|-------------|
| 경사자기장 상승시간 100usec 이하 | 가장 빠른 검사시간  | SNR이 낮다      | 관류강조영상PWI   |
| 경사자기장의 강도가 세야한다       | 1번의 TR에     | Artifact에 민감 | 확산강조영상DWI   |
| 컴퓨터 성능이 좋아야 한다        | K-space꽉 채움 | 소음이 크다       | 기능영상fMRI    |

# V 해상력(분해능)과 SNR을 결정짓는 요소

## 1. 해상력(분해능)

분해능이란 이미지상에 두개의 점을 분해하는 능력 정도로 이해하면 된다.



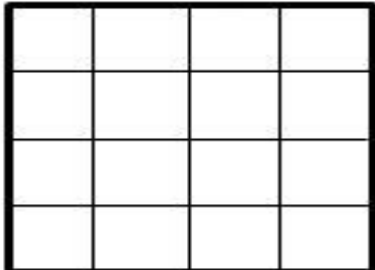
왼쪽은 하나의 원으로 보이고 오른쪽으로 갈수록 두개의 점으로 나뉘져 보인다. 오른쪽이 분해능 곳

| 목록             | 언제 좋아지나 |
|----------------|---------|
| Matrix         | 클수록     |
| Pixel or Voxel | 작을수록    |
| FOV            | 작을수록    |

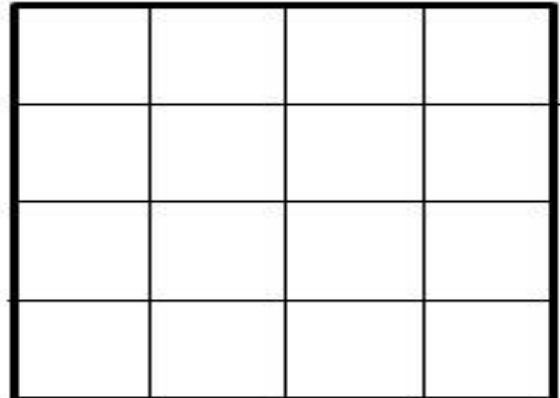
Two side-by-side images showing a blue fish shape on a grid. The left image has a fine grid (high resolution) and a small white pixel. The right image has a coarser grid (low resolution) and a larger white pixel. A Creative Commons license logo is in the bottom right corner of the right image.

왼쪽이 매트릭스가 크며 동시에 Pixel이 작다.

Matrix size:  $4 \times 4 = 16$   
**FOV =  $4 \times 4\text{mm} = 16\text{mm}$**   
 Resolution: 1 mm (1x1mm size small boxes)



Matrix size:  $4 \times 4 = 16$   
**FOV =  $6 \times 6\text{mm} = 64\text{mm}$**   
 Resolution: 1.5 mm



왼쪽이 FOV가 작으며 동시에 Pixel도 작다. (컴퓨터로 사진 확대한 느낌)

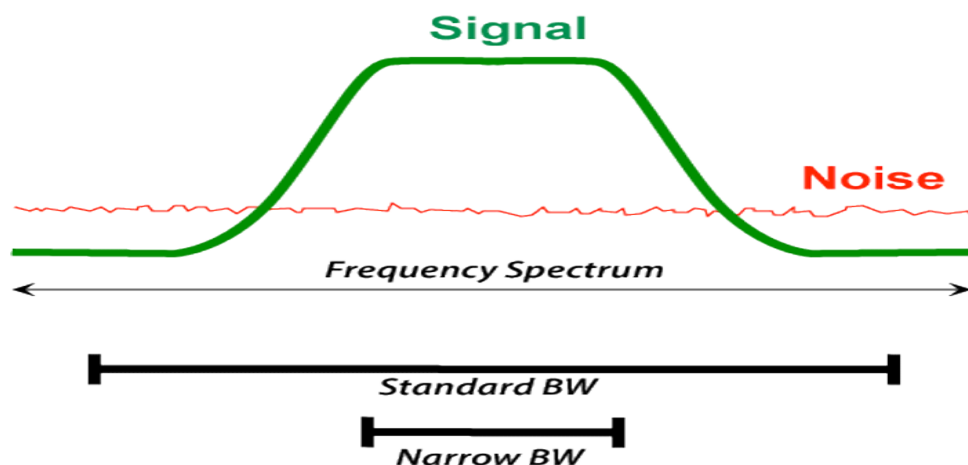
## 2. SNR (신호대 잡음비)

신호의 크기와 잡음의 비율을 나타내는 것이다.

| 수신대역폭      | 작을수록  |
|------------|-------|
| NEX        | 클수록   |
| TR         | 길수록   |
| TE         | 짧을수록  |
| 주 자기장의 균일도 | 균일할수록 |
| Local coil | 사용할수록 |
| Voxel      | 클수록   |
| Matrix     | 작을수록  |

오른쪽 조건과 같을수록 SNR 좋아진다.

### (1) 수신대역폭



수신대역폭은 위상부호화, 주파수부호화의 자기장 기울기로 보면 된다.

기울기가 클수록 수신해야 하는 주파수 범위도 넓어진다. => **다양한범위의 수신을 해야하므로 Noise커짐.**

하지만 넓은범위의 정보를 한꺼번에 받아내므로 **검사시간은 짧아진다.**

(2) NEX: 한번더 반복해서 정보 받아내므로 신호가 세진다. **(NEX의 제곱근에 비례해서 커짐)**

(3) TR: 길면 회복시간이 커지므로 신호 커짐

(4) TE: 짧으면 소실시간이 짧으므로 신호 커짐

(5) 자기장 균일도: 당연한 말

(6) Local coil: 사용면 좋아진다.

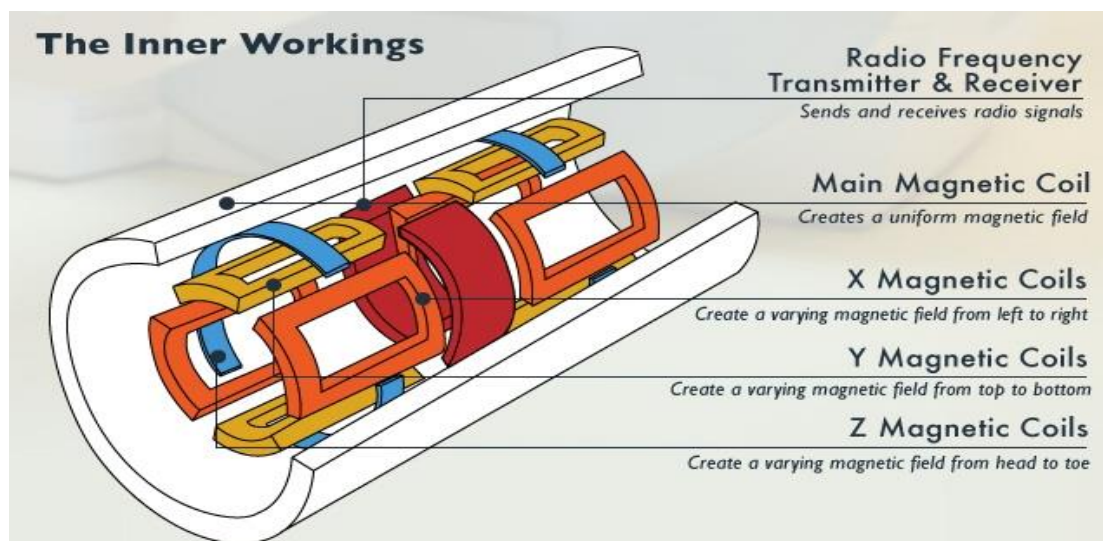
(7) Voxel: 하나의 조각크기가 커지면 신호도 커진다.

**(8) Matrix: 매트릭스가 커지면 Voxel의 크기가 작아진다. = SNR은 나빠짐 (헛갈리니 잘 외우세요!)**

## VI MRI 장치에 대하여 알아보자

### 세가지 코일

|          |                      |
|----------|----------------------|
| 주 자기장 코일 | 평행/반평행 나눠주는 코일       |
| RF 코일    | 주파수 보내거나 받는 코일       |
| 경사자기장 코일 | X Y Z축 3가지의 경사자기장 코일 |



## 1. 주 자기장 코일자석과 Shield

자기장의 단위: **1T = 10000G** (테슬라, 가우스) 추가로 **W/kg, mT/cm**

|      |        | 장점                           | 단점             |
|------|--------|------------------------------|----------------|
| 저자기장 | 0.3T이하 | Open type 가능(for 폐쇄공포증), 싼가격 | 낮은 SNR, 긴 검사시간 |
| 고자기장 | 1.5T이상 | 반대                           | 반대             |

자기장을 만들어주는건 자석이다. 자석의 종류는 3가지로 나눈다. => 영구, 상전도, 초전도

### (1) 영구자석

알루미늄, 니켈, 코발트 3가지를 섞어 만든 일반 자석이다. **알니코**라고 부른다.

파워는 0.3T이하이며 그냥 자석이라 유지비가 저렴하다.

자석은 크고 무겁지만 MRI자체 설치면적은 소형화가 가능하다.

### (2) 상전도 자석

전기를 흘려줘서 자석의 기능을 발현시킨다. 전류가 쓰이니 유지비가 들고 전기로 인해 열이 발생하여

냉각수도 필요. 0.2T 이하의 자기장 사용

### (3) 초전도 자석

상전도와 마찬가지로 전기를 이용해 자석을 만드는데 **초전도효과**를 이용해 저항의 값을 0으로 만든다.

저항이 없으니 **강한 자장**을 만들 수 있다.

초전도 효과를 위해선 코일이 **임계온도(-264도)**에 도달해야 하며 이를 도와주는게 **액체헬륨**이다.

또 **헬륨이 증발하지 않도록** 도와주는 게 액체질소이다.

**현대 MRI장비는 액체헬륨의 보충이 필요없다.**

대부분의 MRI는 초전도 자석을 사용한다. (비싸지만)

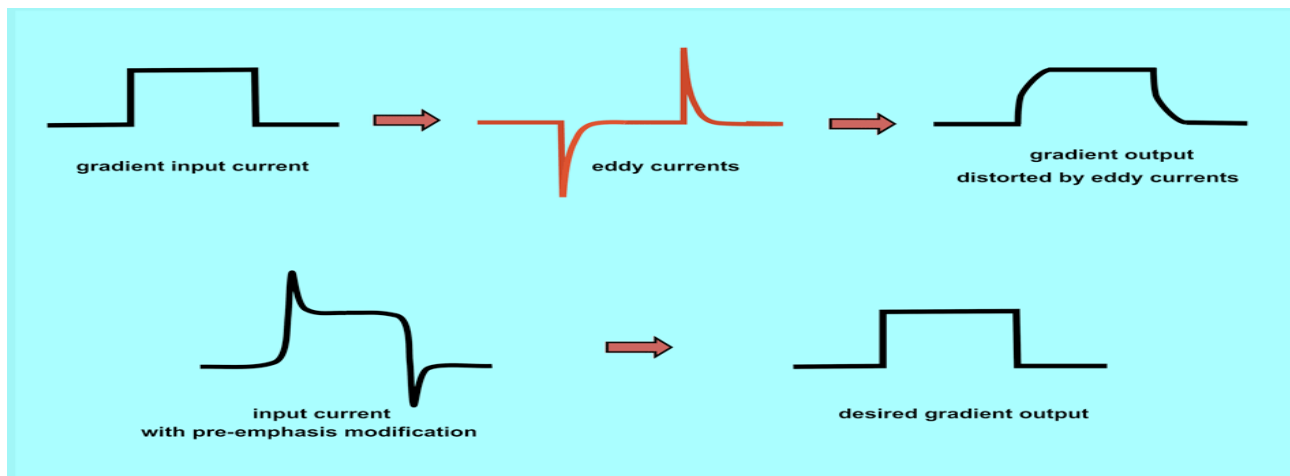
Quenching: 임계온도에도 온도가 더 올라가 초전도 효과를 잃어버림

이렇게 자기장을 만들어줬으면 부속부품이 필요한데,

|                         |                                                         |
|-------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Shimming coil</b>    | 자기장을 균일하게 다듬어줌                                          |
| <b>철판 Shielding</b>     | 자기장의 누설 차폐, 너무 무겁다.<br>(자기장 차폐 = 철판, 고주파 차폐 = 알루미늄, 구리) |
| <b>Active shielding</b> | 자기장의 반대방향으로 자기장 형성해서 차폐                                 |

자기장 차폐는 외부로 **5G이하**로 되게 한다.

## 2. 경사자기장



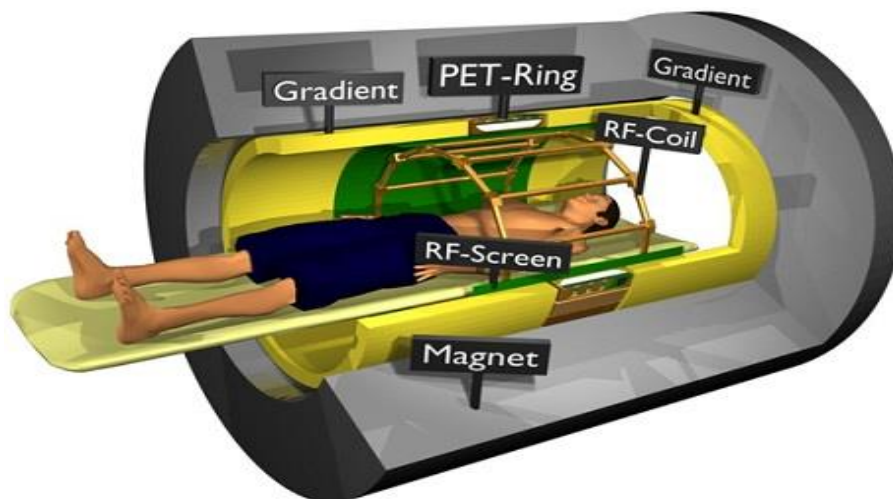
주파수부호화, 위상부호화등 경사자기장의 경우 시도때도 없이 세기를 변화시켜야 하기 때문에 전류의 **와류 현상(Eddy current)**으로 인해 부작용이 발생한다.

이를 해결하기 위해 일부러 특이한 전류를 보내는데 이를 **보상펄스**라고 한다.

## 3. RF Coil

주파수를 보내고 받는 장치이다. 기계와 인체와의 통신이므로 거리가 짧을수록 SNR에 유리하다.

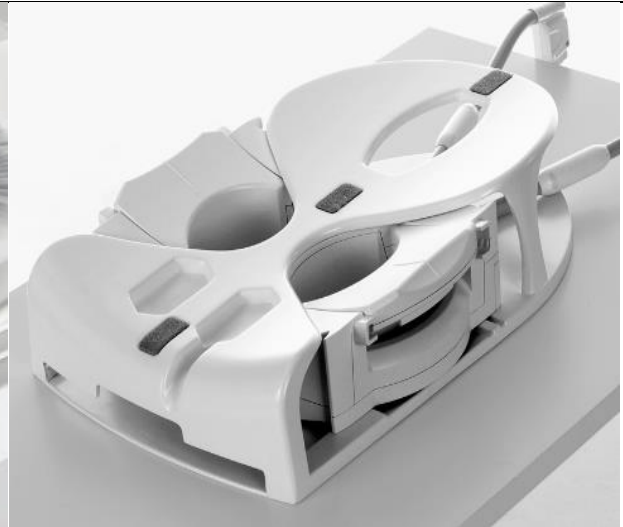
Whole body coil은 장치에 내장된 것으로 FOV가 넓지만 인체와 거리가 멀어 SNR이 낮다.



Local coil 사용하면 거리를 최소화 하기 때문에 **SNR이 좋아진다**.

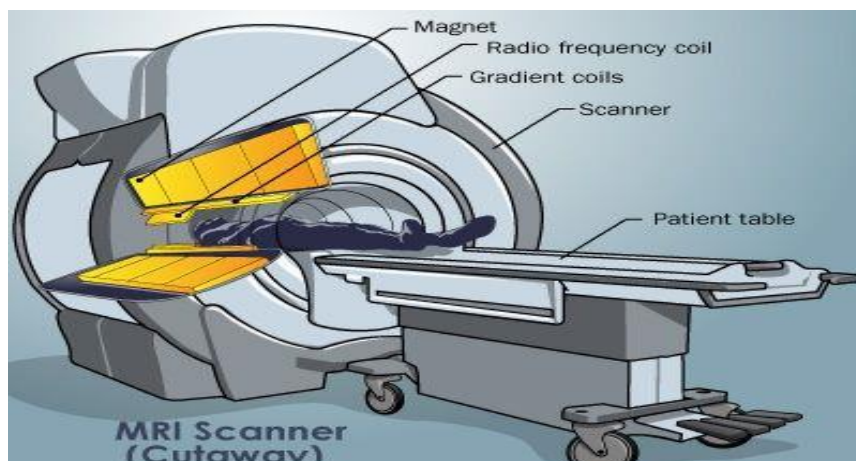


|                  |               |
|------------------|---------------|
| Knee(머리와 헛갈리지말자) | Head or Brain |
|------------------|---------------|



|      |        |
|------|--------|
| Body | Breast |
|------|--------|

#### 4. 정리



안쪽부터 다음과 같이 위치

| RF Coil       | GE Coil | Shim coil   | Main magnet coil |
|---------------|---------|-------------|------------------|
| MRI 적정 온도, 습도 |         | 22도, 50~60% |                  |

## 5. MRI사용시 위험할 수 있는 도구 (5G이상일 때 위험)

|       |         |             |
|-------|---------|-------------|
| 심장박동기 | 뇌동맥류 클립 | 인공 귀        |
| 신경자극기 | 뼈성장 자극기 | 체내 약물 주입 펌프 |

## VII MRI 조영제에 대해 알아보자.

(1) 양성조영제 => 신호가 밝게 나오게 해주는 것

원리: T1시간의 감소 -> 회복이 빨라짐 -> 신호증가 -> 하얗게 나옴

사용 조영제: 상자성 조영제로 가돌리늄, 망간 (일반적으로 상자성이 쓰인다.)

양성조영제 사용시 지방을 억제하는게 좋다. 왜냐하면 지방도 T1이 짧으니까 둘다 밝게 나옴

(2) 음성조영제 => 신호가 어둡게 나오게 해주는 것

원리: T2감소시간이 빨라짐 -> 신호소멸이 빠르다 -> 신호감소 -> 어둡게 나옴

사용 조영제: 초상자성 조영제로 SPIO, USPIO

(3) 조영제와 뇌혈관의 관계

뇌혈관에는 BBB가 있어서 일반적으로 조영제는 뇌혈류 깊숙히 들어갈 수 없다.

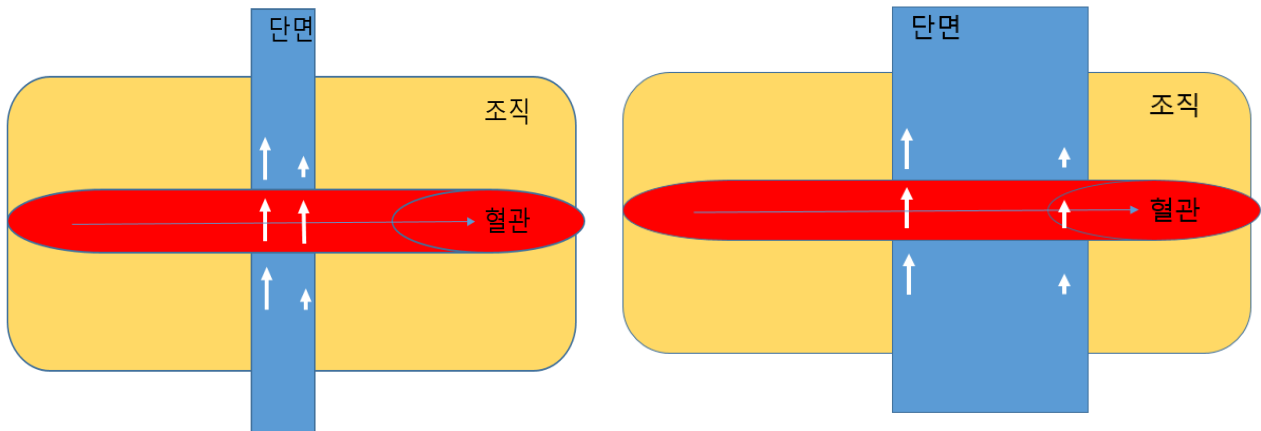
하지만 문제가 있는 부위엔 BBB의 역할이 사라져 조영증강이 일어난다.

## VIII MRI 5가지 고급기술

|       |         |        |        |          |
|-------|---------|--------|--------|----------|
| 혈관촬영술 | 자기공명분광법 | 확산강조영상 | 관류강조영상 | 뇌기능 공명영상 |
|-------|---------|--------|--------|----------|

## 1. 혈관촬영술 = TOF, PC

### (1) TOF (Time of flight)



위와 같은 상황에서 단면에 90도 RF펄스를 걸어주면 횡축자화가 생긴다.

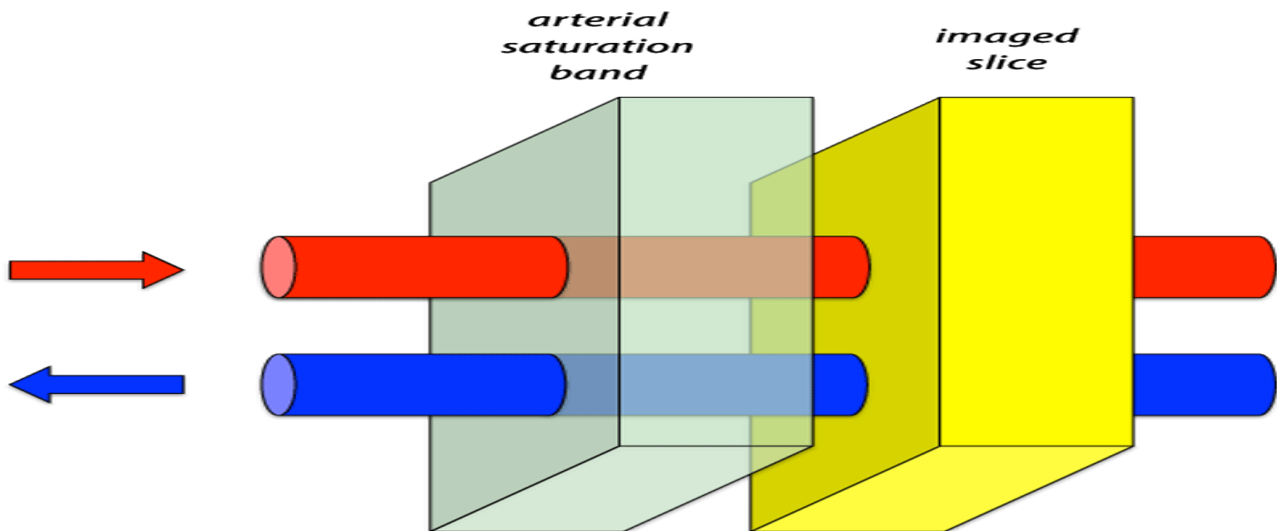
만약 TR을 짧게 계속 90도펄스를 인가하게 되면, 포화효과로 인해 종축자화의 크기는 계속 작아지게 된다. 하지만 혈액의 신호는 그렇지 않다.

왜냐하면 주기적인 RF펄스가 걸린다고 할지라도 새로 유입되는 혈액으로 인해 포화효과가 안 일어난다. 따라서 정지되어 있는 조직은 포화효과로 신호가 작아지고 새로 유입되는 혈액의 신호가 남아 있는 것을 **유속신호 증강효과** 라고 한다. (In flow effect)

하지만 2D TOF의 경우 단면의 두께가 얇아 문제가 없지만 3D의 경우 단면이 두꺼워져 혈액도 연속적인 TR중첩으로 신호가 작아지는데 이를 해결하는 방법이 **MOTSA, TONE**이 있다.

| TOF 특징                               |
|--------------------------------------|
| 1. 느린혈류는 제한적이다. =동맥과 같은 빠른 혈류에 유리하다. |
| 2. 혈류의 방향과 단면선택의 방향이 수직이어야 한다.       |
| 3. T1이 짧은 조직도 혈류처럼 밝게 보일 수 있다. (지방!) |
| 4. 2D보다 3D가 SNR이 좋다 + 해상력도 더 좋다.     |
| 5. GE 기법활용한다. (혈관촬영술은 GE)            |

## (1)-1 TOF의 사전포화

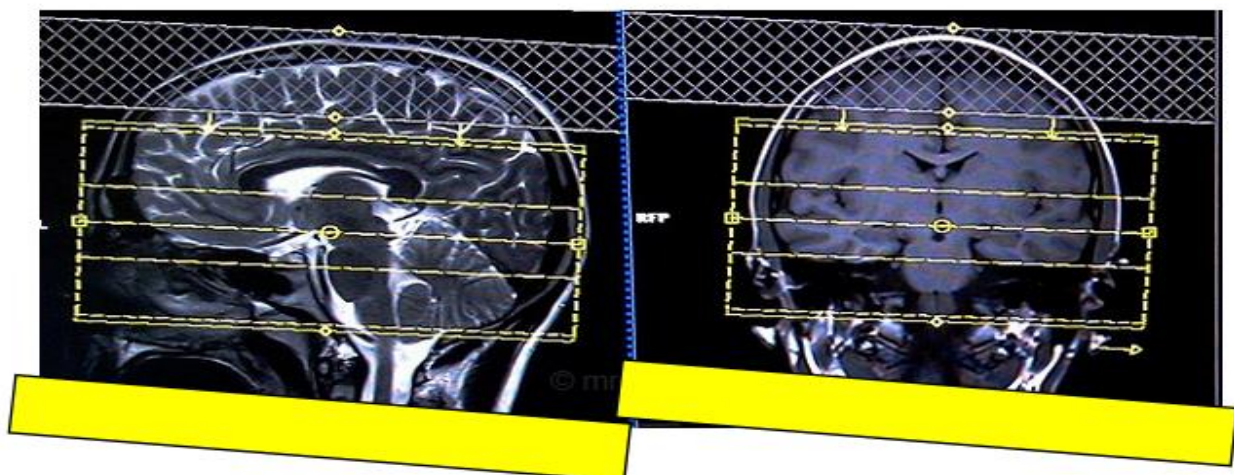


TOF의 또하나 특징은 보고싶은 혈관이 만약 동맥이라면 정맥을 지울수 있고, 정맥을 보고싶으면 동맥을 지울수 있다.

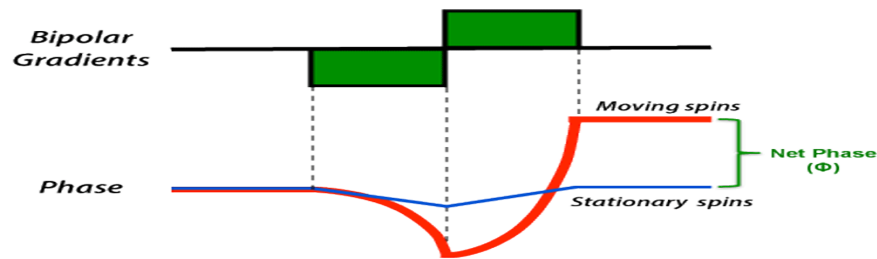
이를 위한 3가지 방법: 사전포화, 자화전이, FC

## 뇌의 사전포화방법

| 목적      | (반대) 혈액의 방향 | 포화방법    |
|---------|-------------|---------|
| 정맥을 보겠다 | 위로 올라감      | 목쪽에 포화  |
| 동맥을 보겠다 | 아래로 내려감     | 머리쪽에 포화 |



## (2) PC (Phase contrast)



조직과 혈류에 **상반된 한쌍의 경사자기장**을 걸어주게 될 경우, 조직은 가만히 있기 때문에 위의 파란색 선과 같이 움직임이 없다. 하지만 혈류의 경우 계속 움직이기 때문에 상반된 경사자기장을 받을 경우 위상이 상승하게 된다. (빨간색 선)

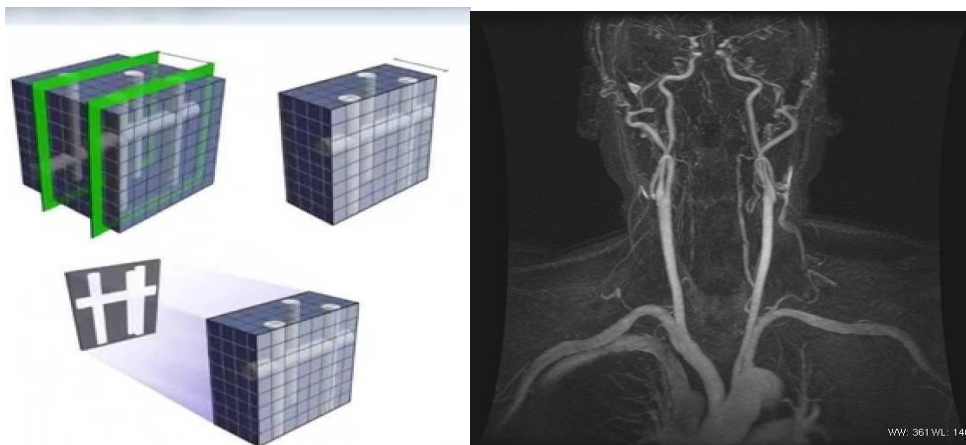
| PC의 특징                                                    |
|-----------------------------------------------------------|
| 1. 상반된 한쌍의 경사자기장 이용                                       |
| 2. TOF는 지방 같이 T1이 빠른 조직도 밝게 나오지만 PC는 혈류외 움직이지 않는건 다 억제된다. |
| 3. 미리 혈액의 속도를 예측해 입력하는 VENC작업이 필요하다.                      |
| 4. 혈류의 방향과 속도를 정량적으로 측정할 수 있다.                            |
| 5. GE기법 사용한다                                              |
| 6. 느린혈류도 가능                                               |

## (3) 조영제를 이용한 혈관촬영

T1이완시간을 짧게 해주는 조영제 사용 => **Gd-DTPA**

| 조영촬영의 장점                                |
|-----------------------------------------|
| 1. 혈류가 느려도 상관없다 => 협착, 폐쇄처럼 혈액이 느린곳에 유리 |
| 2. 혈류의 방향과 단면의 방향이 평행이 아니여도 상관없다.       |
| 3. 검사시간이 빠르다                            |

## (4) 혈관촬영의 후처리 기법: MIP (Maximum intensity projection)

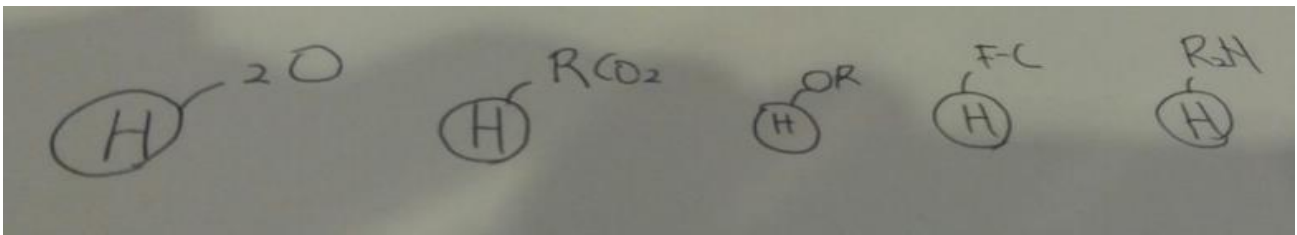


CT의 MIP기법과 같은것으로 가장 밝은신호만 추출해서 이미지화 한다. = 3D영상으로 봐야함.

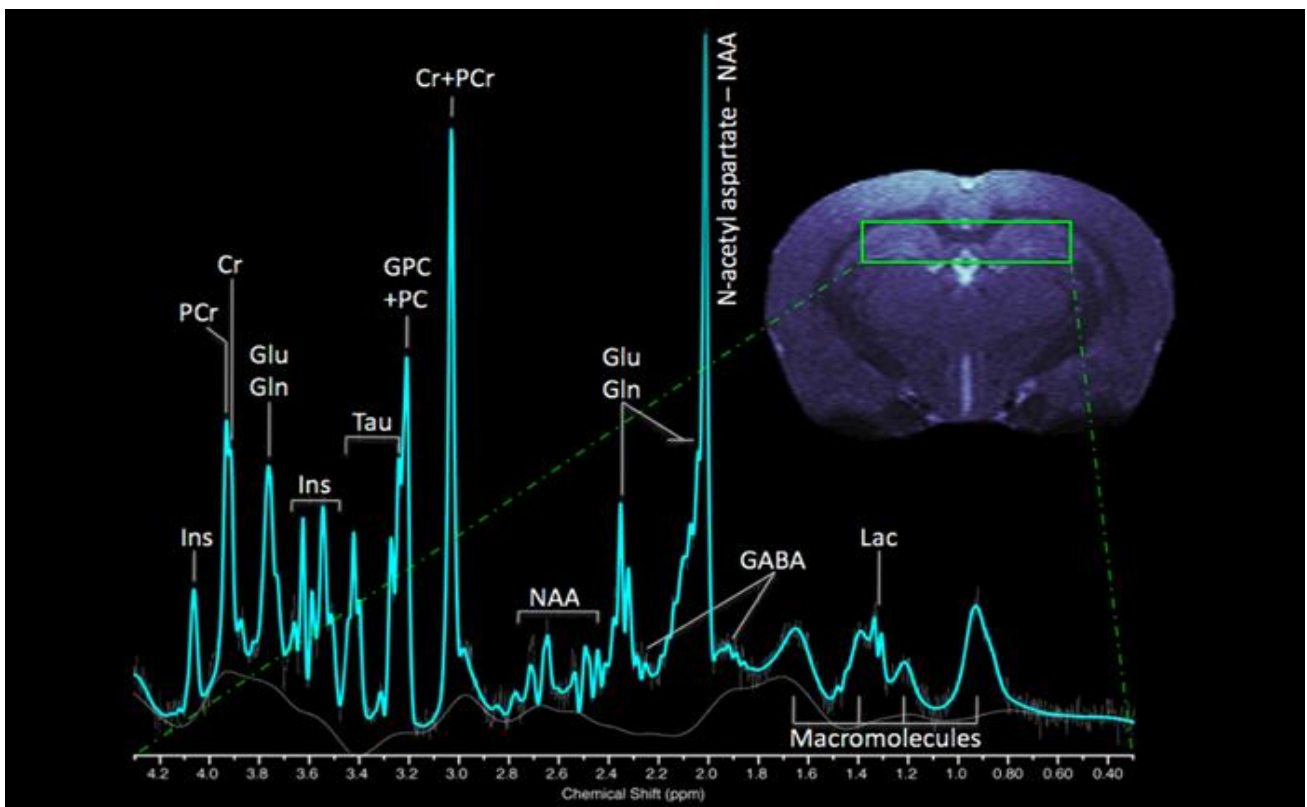
## 2. 자기분광법(Spectroscopy)

수소의 고유한 자기 회전비는  $42.57\text{MHz/1T}$  이다.

하지만 수소는 자기 혼자 존재하는게 아니라 다른 원자들과 섞여 분자의 형태로 존재하는데,  
자기 친구의 종류에 따라 자기회전비가 조금씩 달라지게 된다.



위의 분자종류별로 서로 다른 주파수를 보낸다 => **Chemical shift**



다양한 분자들의 신호를 볼수있는데, H가 가장많이 포함된 H2O가 안보이는 이유? =>삭제됨

삭제방법 = CHES

분광법을 통해 병변이나 생리학적 상태를 알 수 있다.

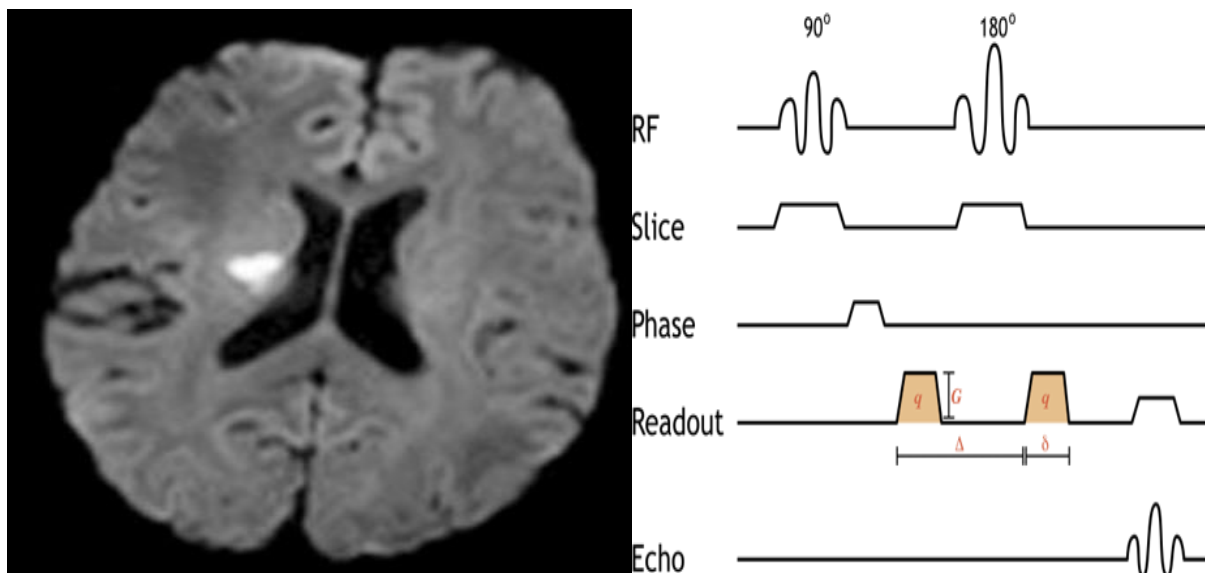
뇌 분광법 할때 중요한 원자 3가지 = NAA, Creatin, Choline, Lactate

| 성분      | 병있으면        |
|---------|-------------|
| NAA     | 뉴런에 존재하며 증가 |
| CHO     | 증가          |
| Lactate | 종양조직에 증가    |

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| 분광법을 하기위한 조건                                         |
| 1. 아주 균일한 자기장 필요                                     |
| 2. 단면을 두껍게 하거나 NEX 증가: 물을 제외한 H포함 분자들은 SNR이 상당히 낮으므로 |
| 3. 검사시간이 오래걸리므로 환자의 움직임 최소화                          |

참고) 수소 외에 자기장의 영향을 받는 원소: Na, O, F, C, P, H

### 3. 확산강조영상(Diffusion weighted image)



물분자는 확산운동을 한다. 쉽게 말해 움직인다.

어떠한 원인으로 부분이 막히면 물분자의 확산이 느리거나 멈추게 된다.

위에 밝은부분이 바로 확산이 멈춘 부분인데, 특히 **응급환자 급성 뇌경색, 뇌졸중 판단에 좋은 검사이다.**

DWI방법은 180도 재자화 펄스에 한쌍의 자기장이 인가되는걸 볼 수 있다. = **확산경사자기장**

이 한쌍의 경사 자기장이 물분자에 가해지면 평소 **확산운동을 하기 때문에 위상이 이탈되어 신호감소.**

하지만 확산이 멈춘곳의 경우 **확산이 멈추었기 때문에 강한 신호를 낸다. (PC와 반대개념)**

DWI는 SE-EPI기법에서 잘 활용되며 T2강조영상과 옵션을 비슷하게 설정한다.

따라서 T2강조영상과 표현이 겹치게 되는데, **T2를 지우는 방법이 ADC-MAP이다.**

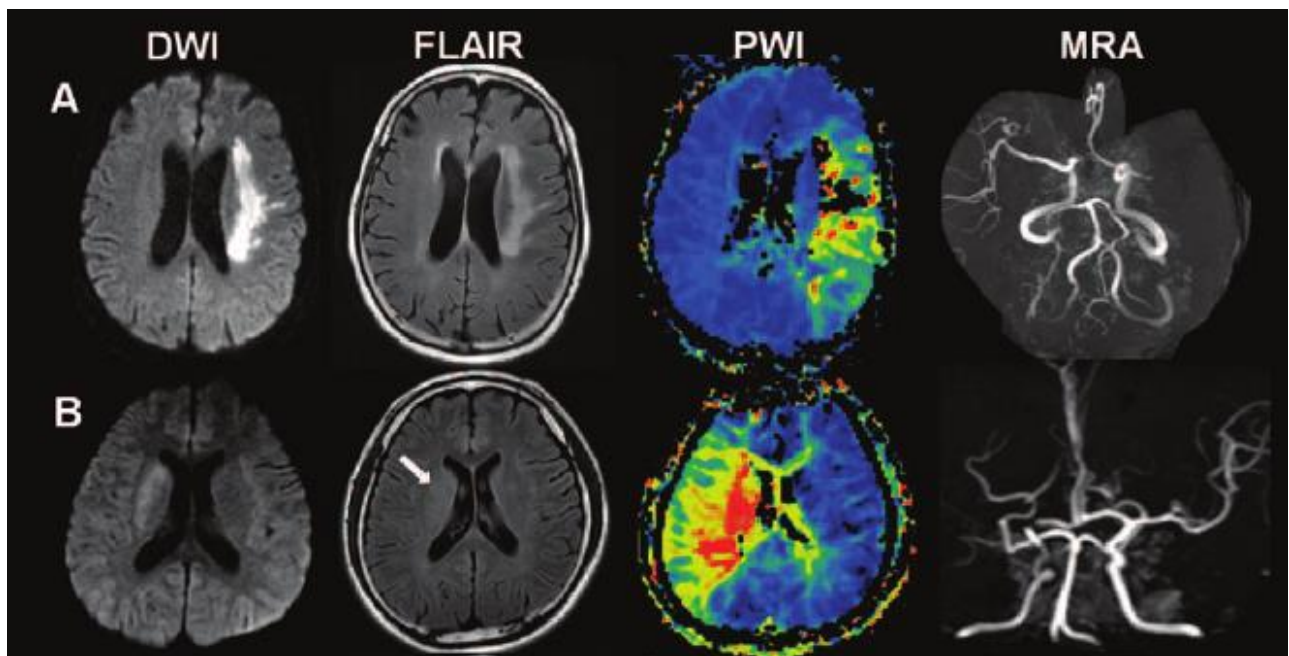
|                                          |
|------------------------------------------|
| <b>B-factor</b> (확산강조의 세기와 대조도를 결정하는 요소) |
| 1. 확산경사자기장의 세기                           |
| 2. 자기장의 인가시간                             |
| 3. 경사자기장 사이의 시간간격                        |

#### 4. 관류강조영상(Perfusion weighted image)

DWI의 친구로 목적도 DWI와 같다.

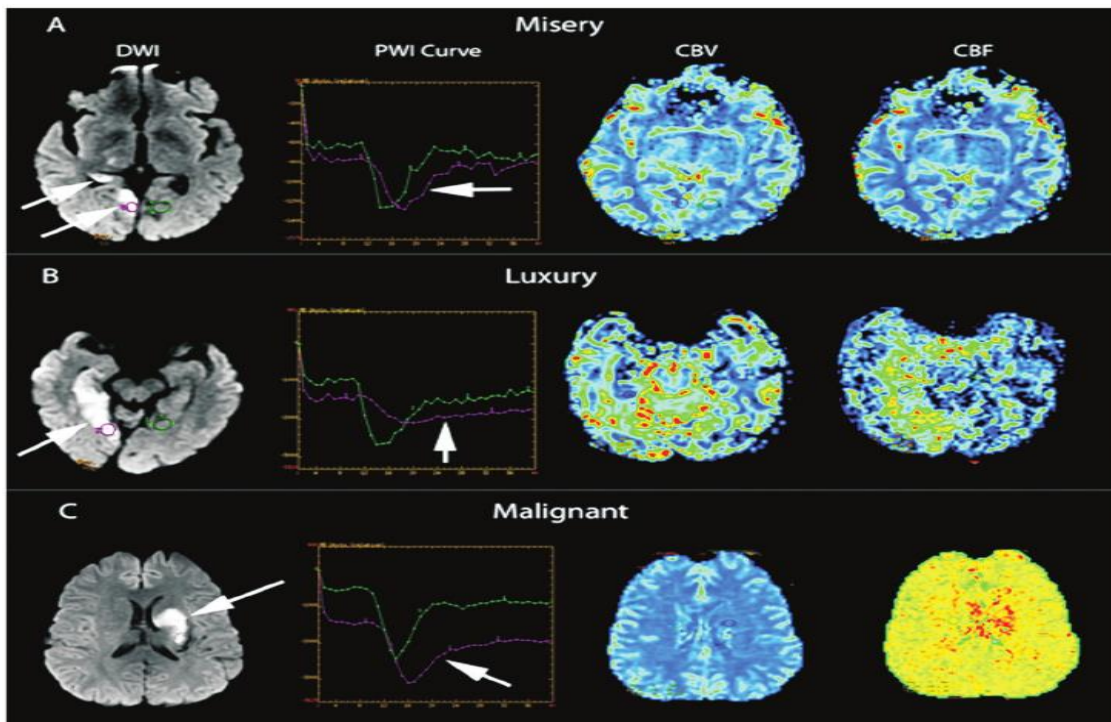
DWI는 물의 확산정도를 영상화 했지만 PWI는 혈류의 흐름정도를 나타낸다.

조영제 사용 유무에 따라 두가지 방법으로 나뉜다.



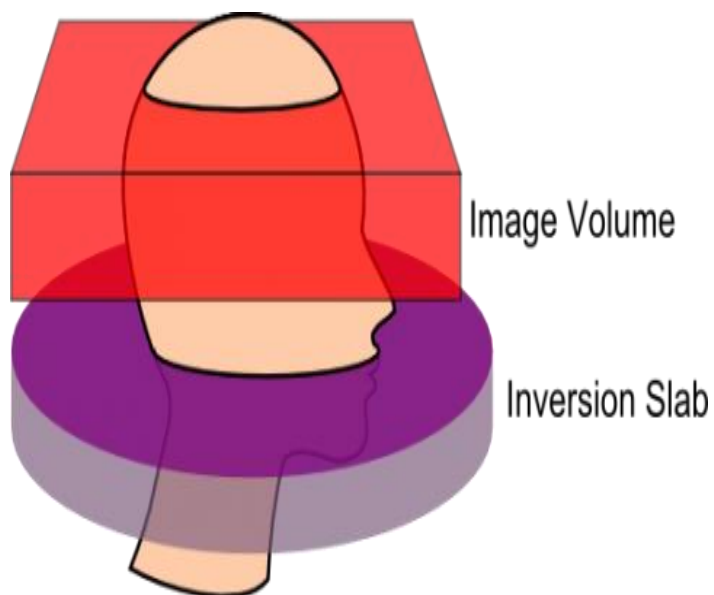
(1) 조영제 사용법 = First pass = contrast enhanced

GD (가돌리늄)을 사용하고 T2를 짧게만드는 음성효과를 이용한다. (T1에선 GD는 양성으로 쓰임!)



PWI는 컬러풀한 뇌영상+가운데가 뾰 꺼지는 그래프와 함께 나온다.

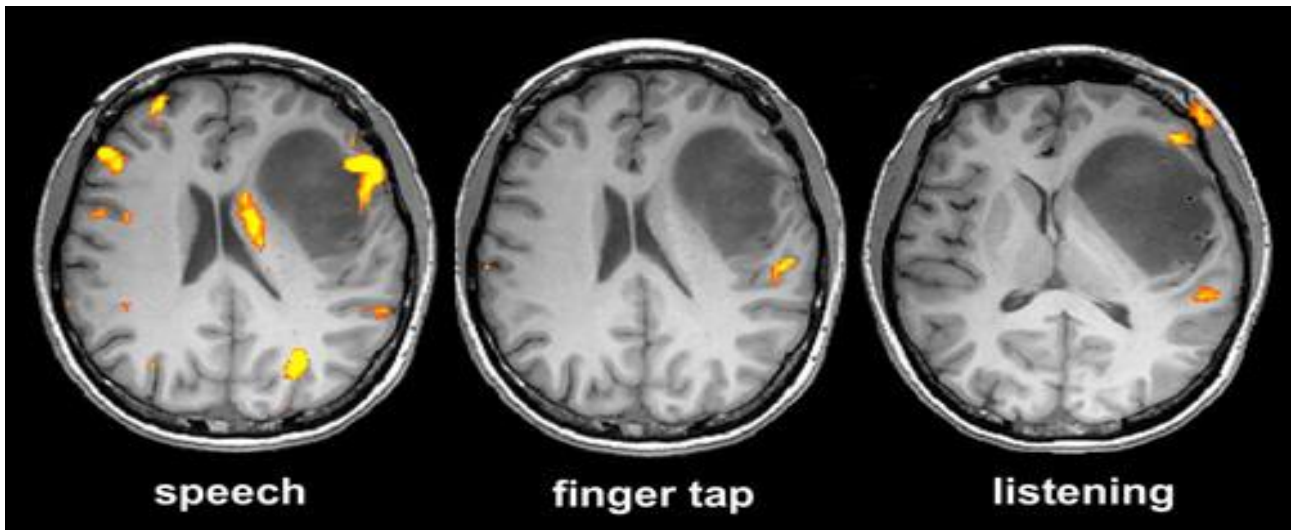
(2) 조영제 사용안하는 방법 = Spin labelling



빨간색 면이 이미지화 할 단면이다. 그 밑 보라색 면에 180도 역펄스를 주게 되면 IR효과로 인해 T1이완시간이 길어진다. 이 혈액들이 빨간색 면에 들어가면 주변 다른 조직에 비해 종자화가 작기때문에 신호가 약하다. 이 음성효과를 이용한다.

Spin labelling은 검사하고자 하는 단면에서 항상 **아래방향에 IR**을 걸어줘야 한다. (혈액 흐름의 방향 생각)

## 5. 뇌 기능 자기공명영상 (Functional MRI)



뇌의 어떤 영역을 사용하면 혈액이 많이 들어간다.

혈액 안에는 산소가 있는데, 이 산소가 주변 자기장을 균일하게 해주는 효과가 있다고 한다.

자기장이 균일해지면 T2가 길어진다. 그래서 fMRI의 메커니즘을 보면,

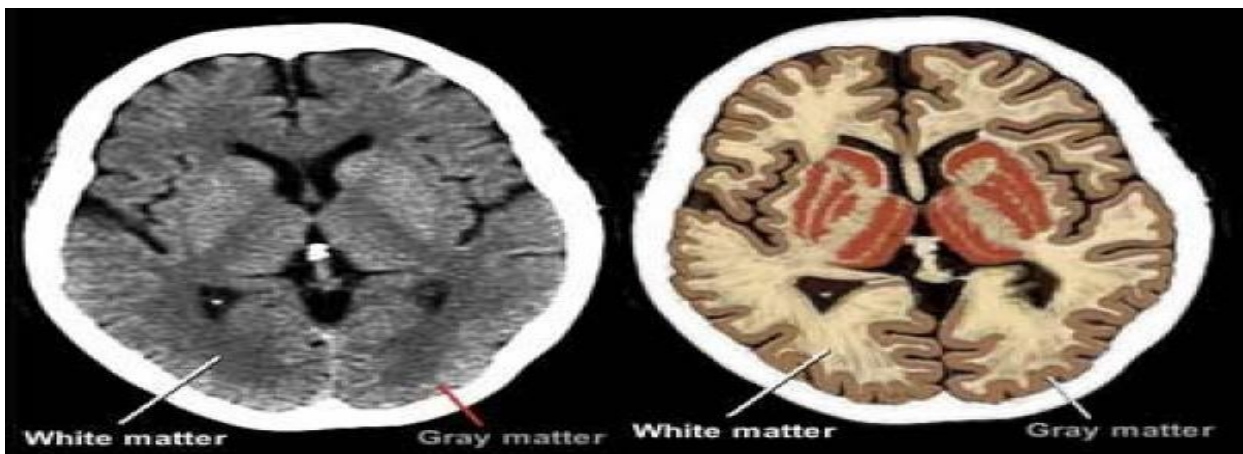
뇌의 어떤 영역사용->그 영역에 산소가 많아짐->자기장 균일->T2강조영상에서 밝게나옴

이렇게 산소로 인한 증강효과를 **Blood oxygen level dependent (BOLD)**라고 한다.

## IX 실기를 위한 사진 공부

먼저 모든과목과 겹치는 해부학공부를 하셔야 합니다. (Ex 해부학적 명칭은?)

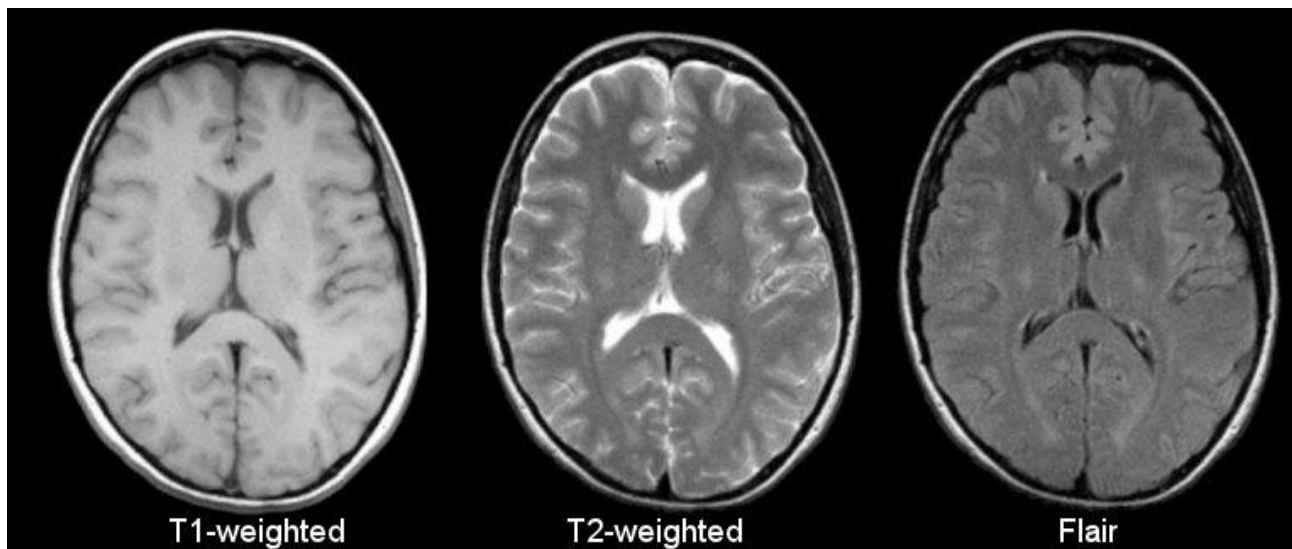
### 1. 뇌의 해부학



맨 안쪽부터 뇌척수액-백질-회백질

## 2. 강조영상 구별하기

### (1) T1, T2, FLAIR

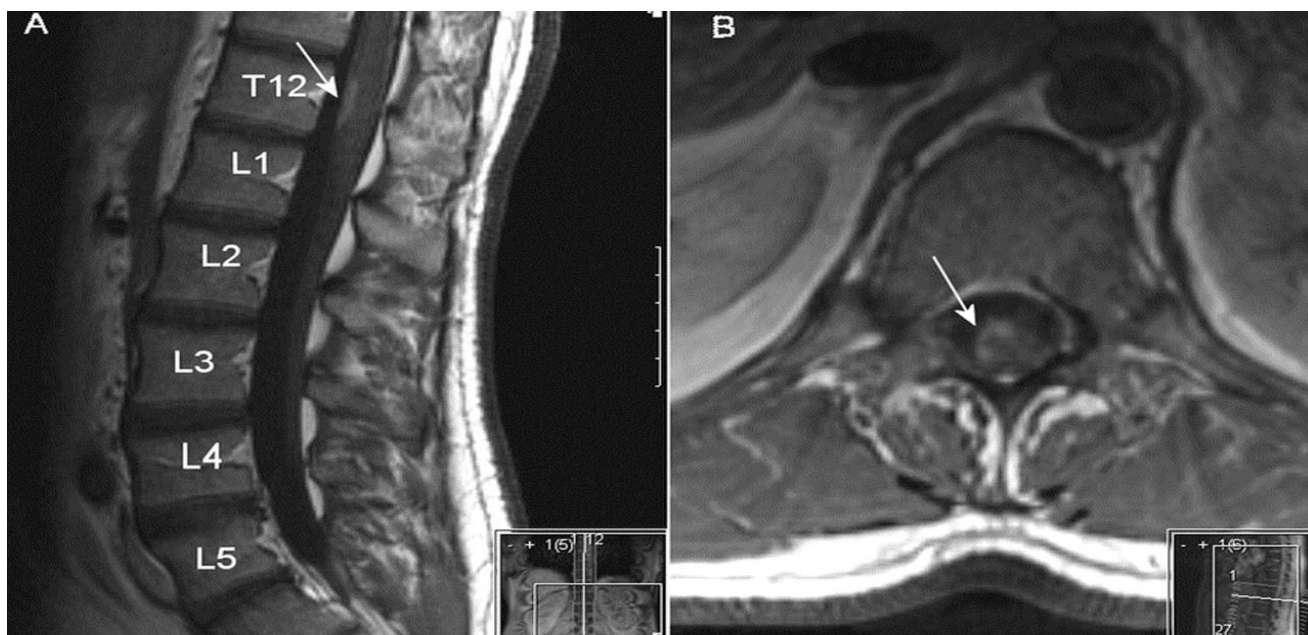


| 영상종류  | 뇌척수액-백질-회백질 색깔 |
|-------|----------------|
| T1 강조 | 검흰검            |
| T2 강조 | 흰검흰            |
| FLAIR | 검검흰            |

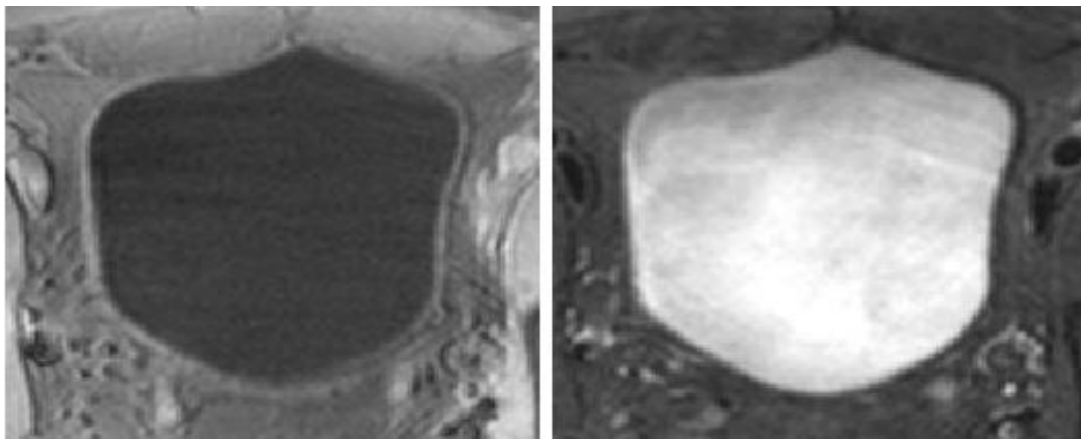
T1은 지백회내물, T2는 근지백회뇌물 의 순서로 밝고 어두움이 정해지니 맞추면 된다.

| T1 병변 | T2 병변 |
|-------|-------|
| 어둡다   | 밝다    |

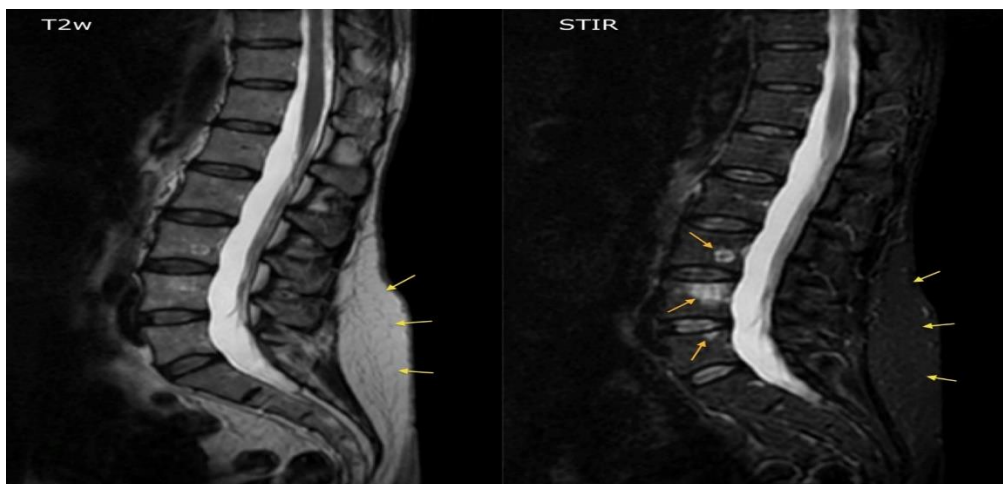
FLAIR의 경우 물신호를 없애기 때문에 뇌척수액의 신호는 검다. 동시에 T2와 조건이 비슷하다.



T1강조영상을 찾을 때 뇌뿐만 아니라 척추와 뇌척수액 부분이 나오는데 뇌척수액의 색깔에 집중하자.

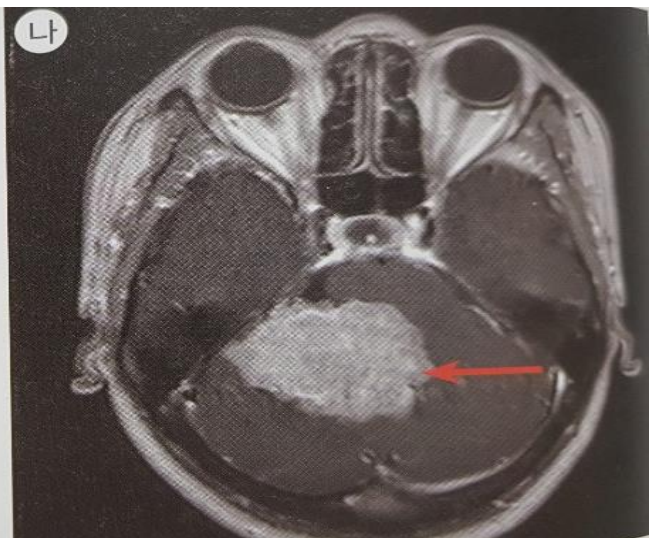
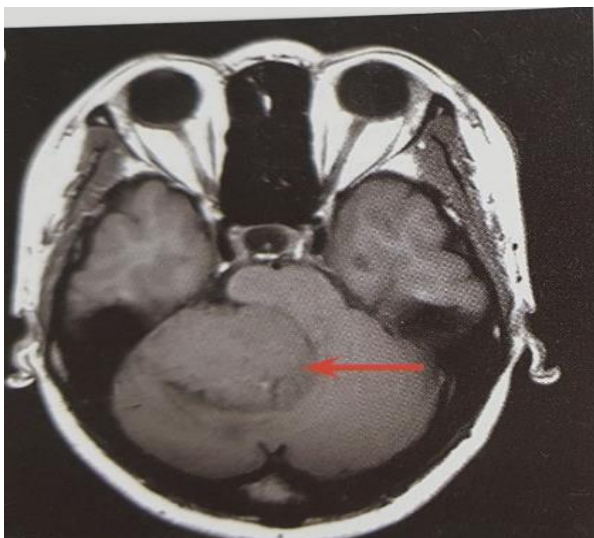


방광이다. 방광의 색깔로 찾아보자. (안구도 물로 보명된다.)



T2는 물이 가장 밝고 STIR의 경우 지방신호가 사라지고 전체적으로 조직들이 어둡게 보인다

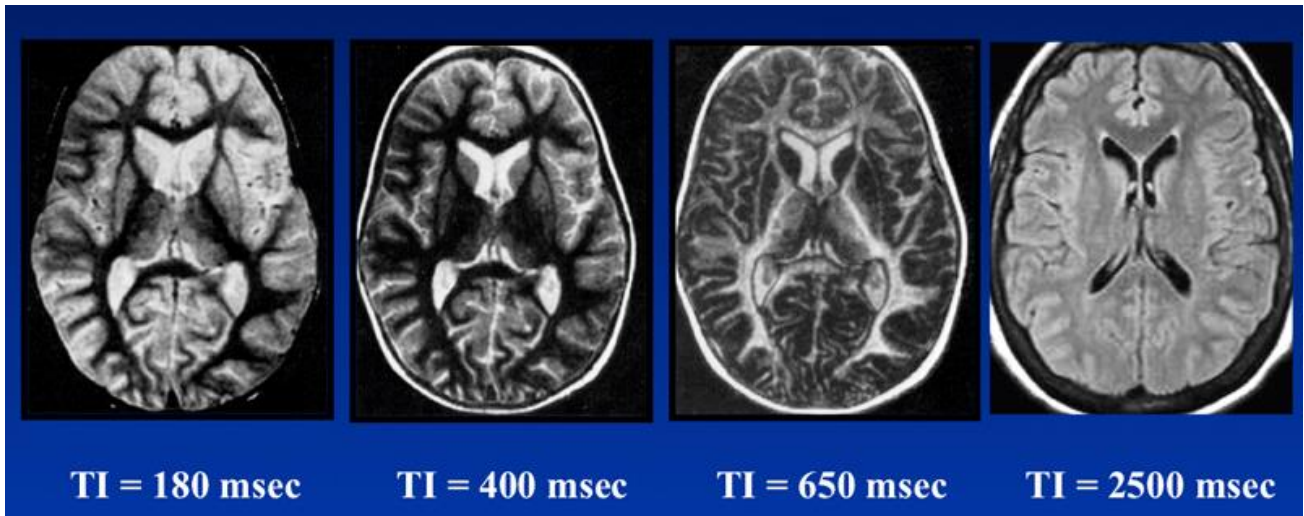
STIR은 T1강조, T2강조와 조합하여 쓰인다.



T1 강조영상

T1 강조 with 조영제

## (2) IR



TI이므로 Inversion 영상이다. TI가 180ms이면 STIR, 2000ms이상이면 FLAIR로 보면 된다.

TI가 길어질수록 뇌를 감싸는 두개골이 하얗게 나오며 뇌척수액은 어두워 진다.

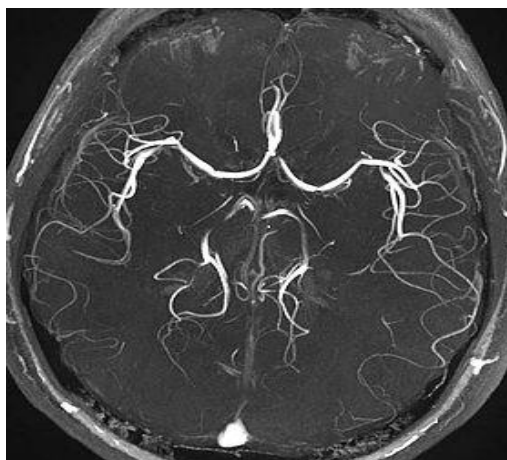
## 3. 혈관조영술(MRA) 구별하기

| TOF | PC | CE MRA |
|-----|----|--------|
|-----|----|--------|

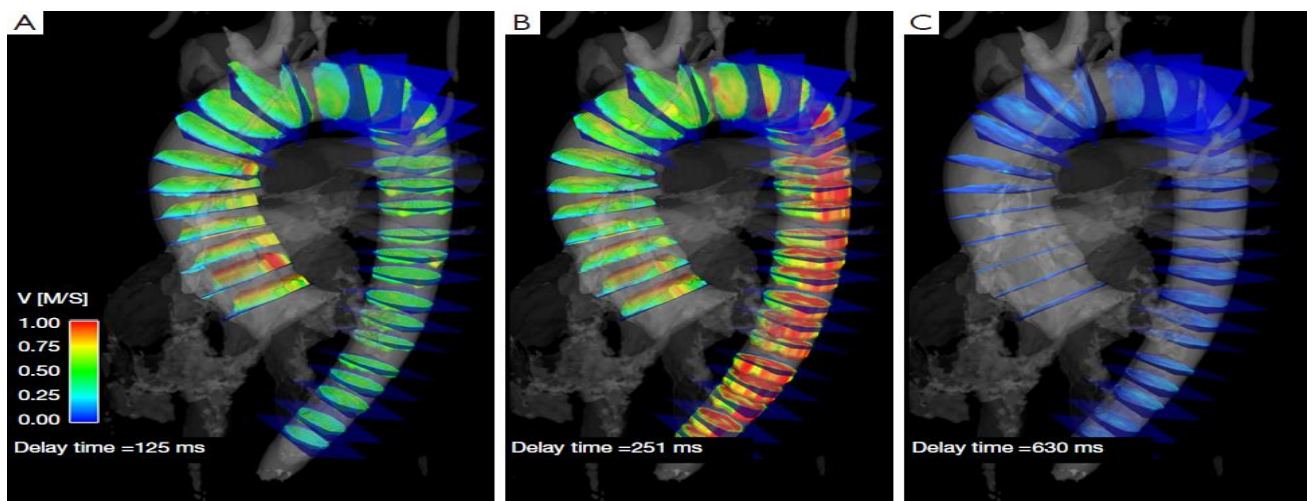
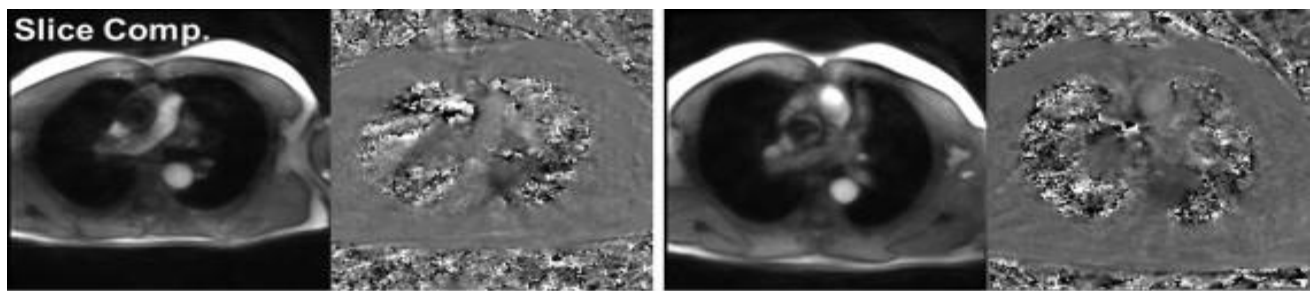
### (1) TOF

이론상 TOF는 주변장기가 다른 조영술에 비해 잘 나오며 동맥/정맥중 하나가 안보인다.

대개 3D Wills circle이 잘 나오며 빠른 뇌동맥에 검사에 좋다. 그래서 대부분 정맥 억제한다.



## (2) PC



PC는 대개 심장의 혈류를 측정할 때가 많다. 심장이나 대동맥이 나와 속도를 측정하면 PC

## (3) CE-MRA

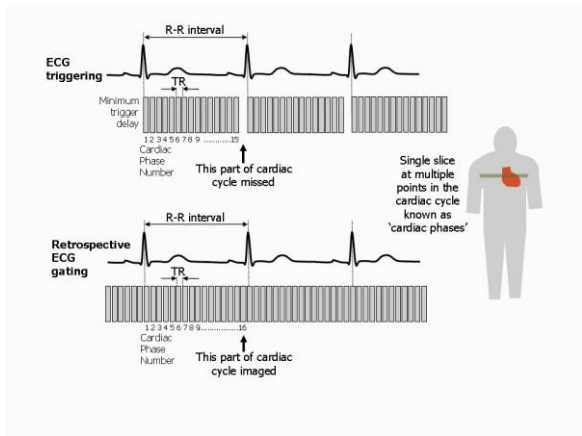
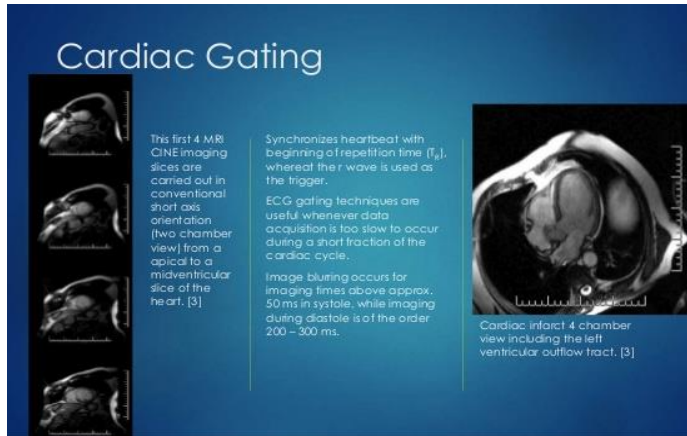
혈관의 범위가 넓고 세세하게 관찰된다.



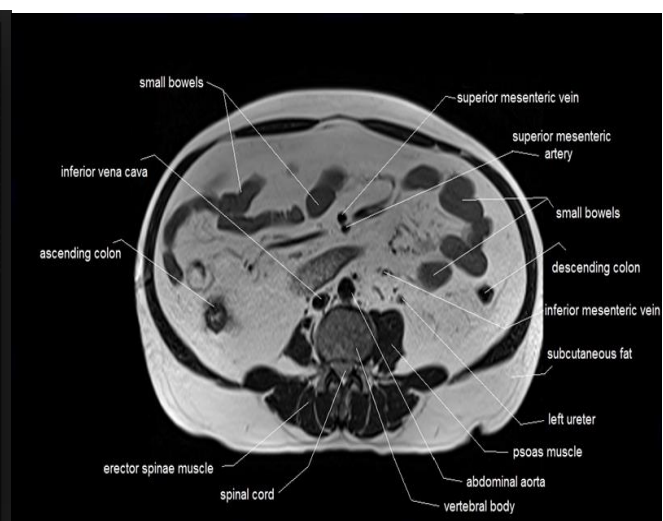
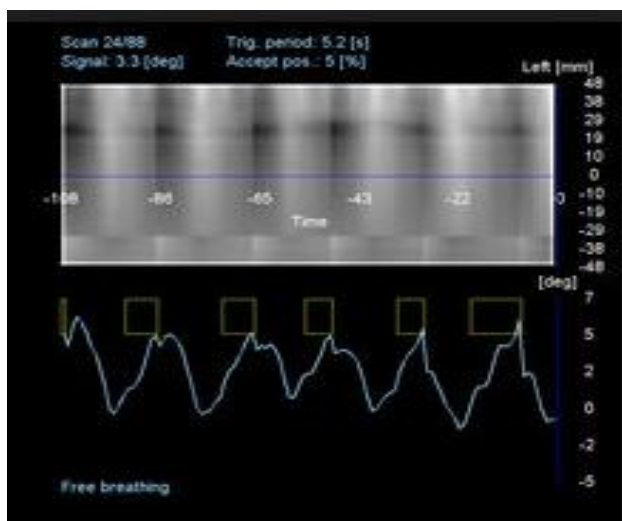
## 4. 움직임을 보정하는 촬영

### (1) 심장을 위한 ECG gating

가끔 심장 MRA중에 ECG gating이 같이 나온다. 심장의 움직임을 동기화 하여 촬영하는 것이다.

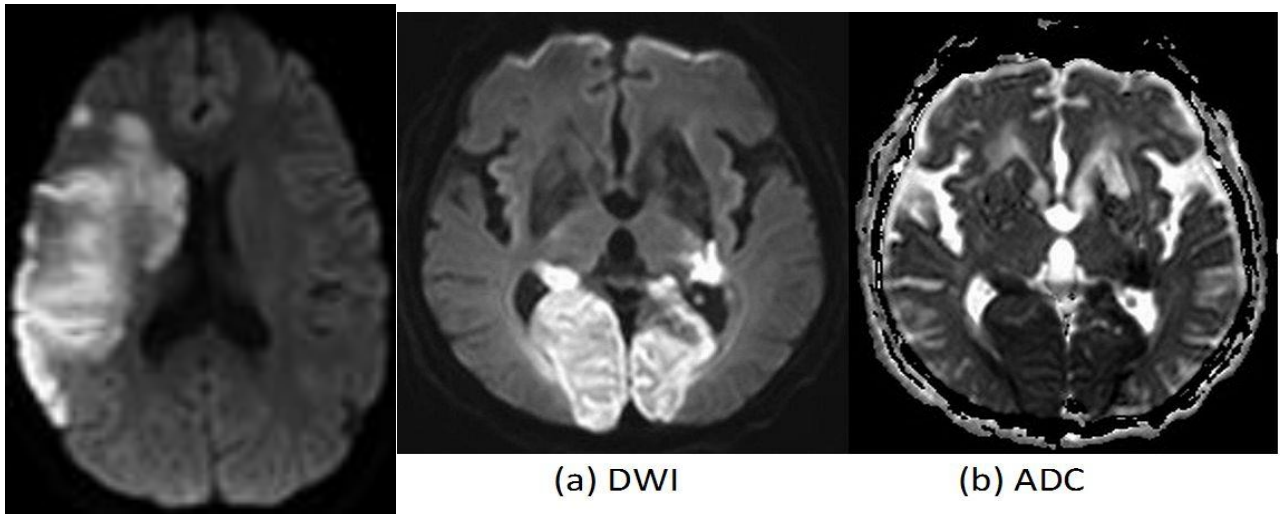


### (2) 복부를 위한 Respiratory gating



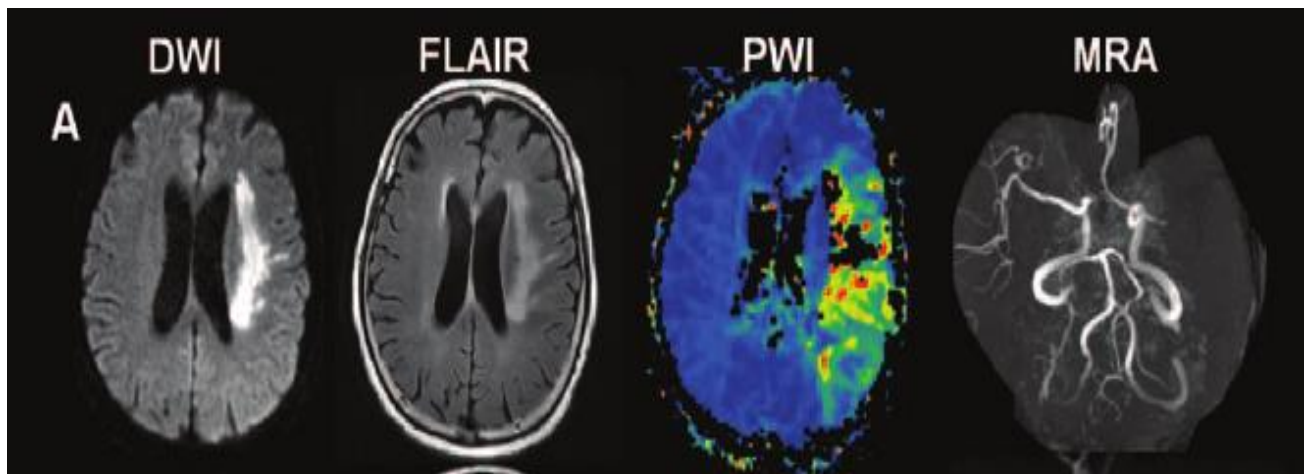
## 5. 특수기법 영상

### (1) DWI



뇌만 저렇게 나오면 DWI 찍어주면 된다. 병변과 같이 섞여서 나오는게 대부분

### (2) PWI

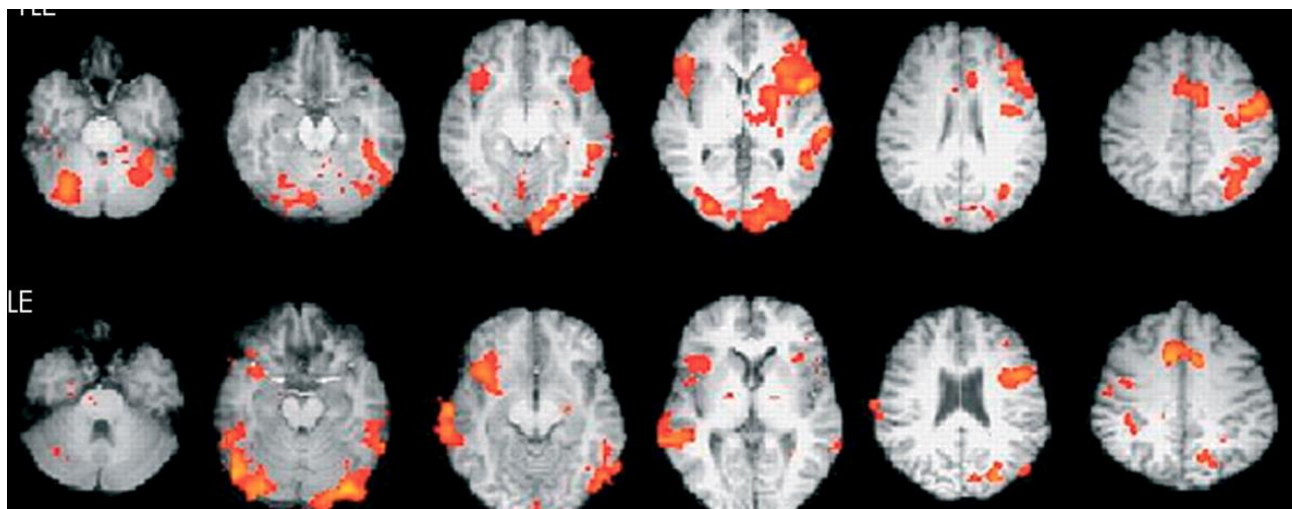


PC는 조영제사용하는법, Spin labelling 두가지 방법이 있다.

그 중 대부분 조영제를 사용한다. (급속주입하며 DWI는 조영제 사용X)

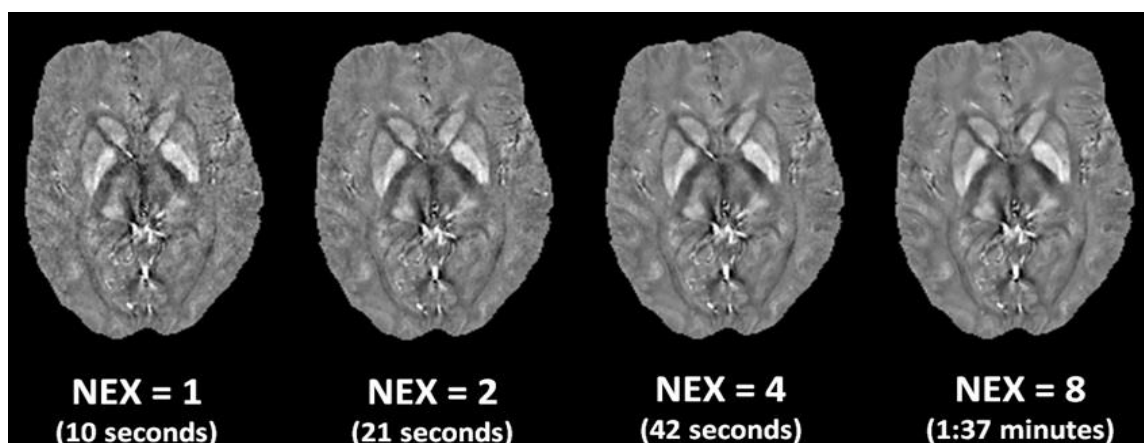
PWI는 뇌를 컬러풀하게 나타내는 영상이 많다.

### (3) fMRI

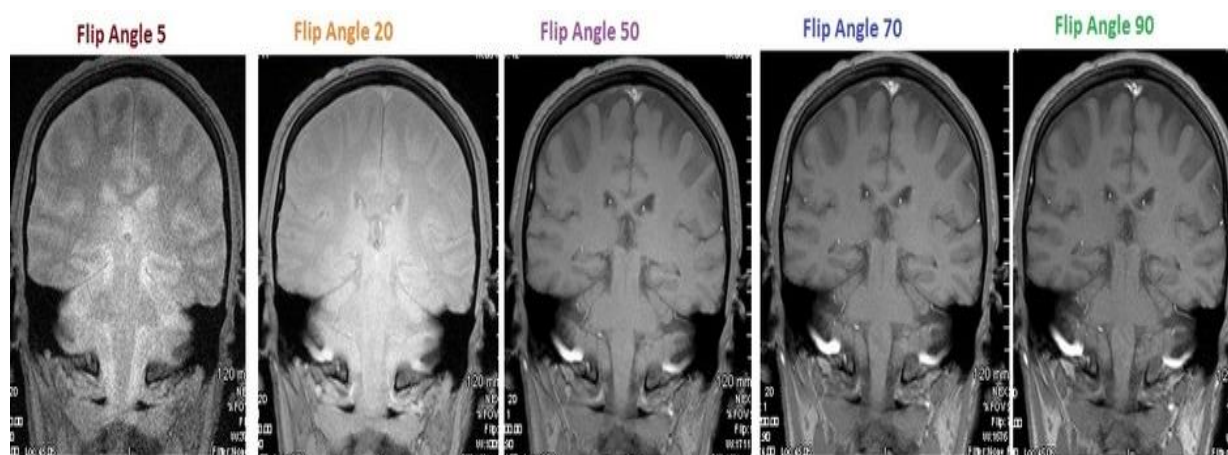


뇌 사진에서 산소분압이 높은곳이 주황색으로표현되는 이미지

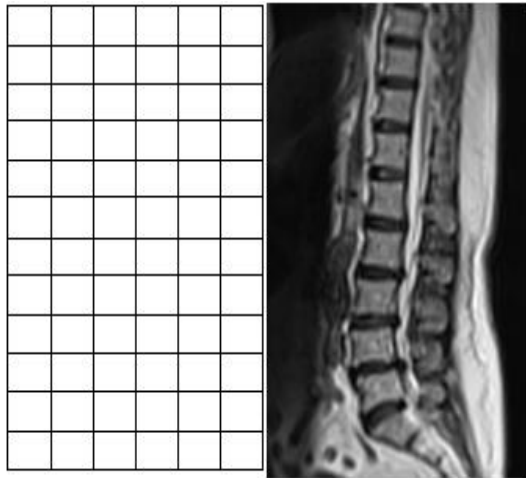
### 6. NEX에 따른 이미지 변화



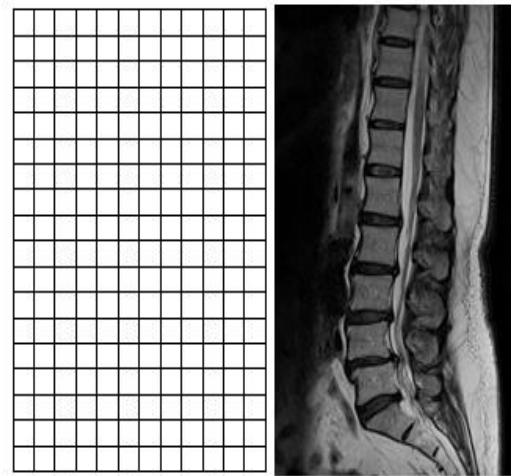
### 7. Flip angle에 따른 변화



## 8. Matrix 수에 따른 변화



Large pixel size low resolution image



Small pixel size high resolution image

매트릭스가 작으면 해상력은 안 좋지만 검사시간이 빠르고 픽셀이 크므로 SNR이 높다.

매트릭스는 위상부호화수X주파수부호화수이며 두개를 같게하면 왜곡현상방지할 수 있다.

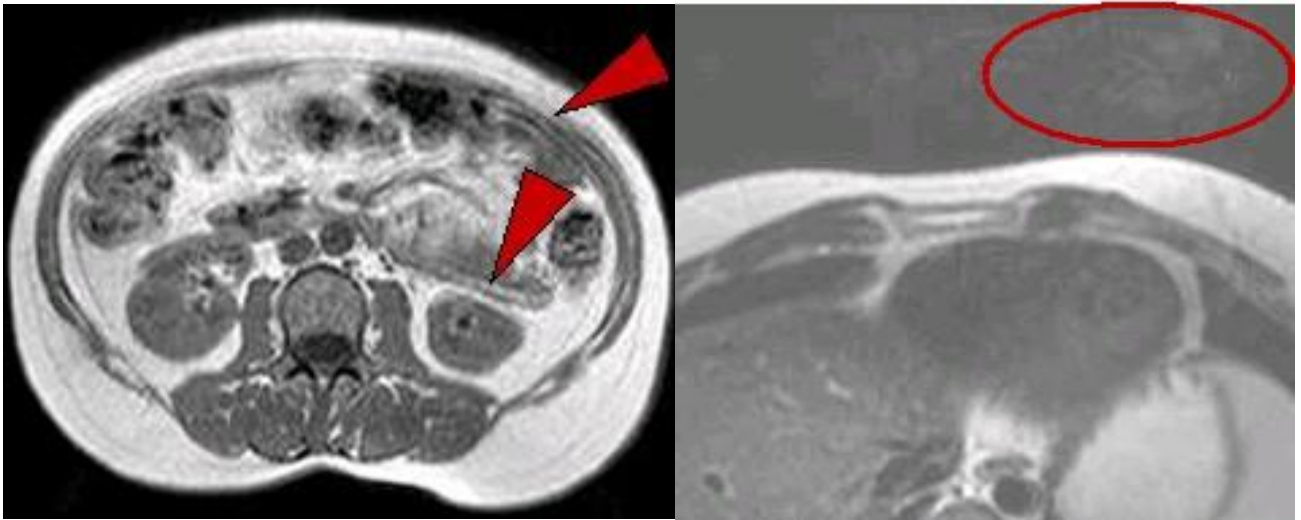
## 9. MRI의 고유인자와 부가인자

| 고유인자                    | 부가인자            |
|-------------------------|-----------------|
| Proton density          | TR              |
| T1 이완시간                 | TE              |
| T2 이완시간                 | Flip angle      |
| Blood flow              | NEX             |
| Chemical shift          | Matrix          |
| Magnetic susceptibility | FOV             |
| Diffusion               | Slice thickness |
| Perfusion               | Slice gap       |
|                         | Bandwidth       |

아티팩트(Artifact)에 대해 알아보자.

| 환자 이유 (Motion)                                                | 신호수집 과정 이유                                                        | 자장 이유                   | RF와 Gradient 이유                 |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Respiration<br>Cardiac motion<br>bowel motion<br>flow related | Chemical shift<br>Truncation<br>Aliasing<br>Shading<br>Cross talk | Magnetic susceptibility | Zipper<br>Zebra<br>Eddy current |

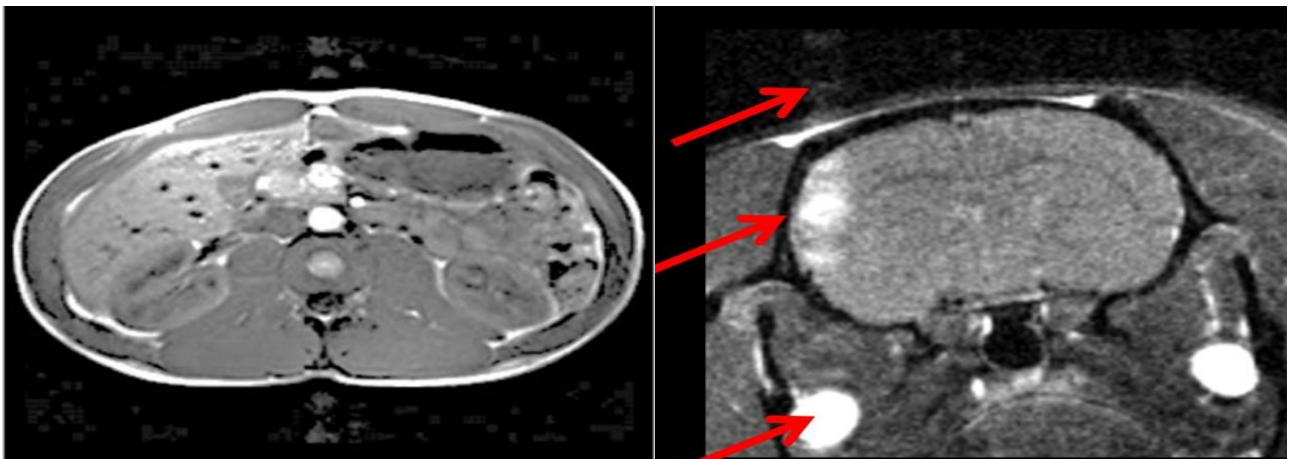
## 1. Motion artifact

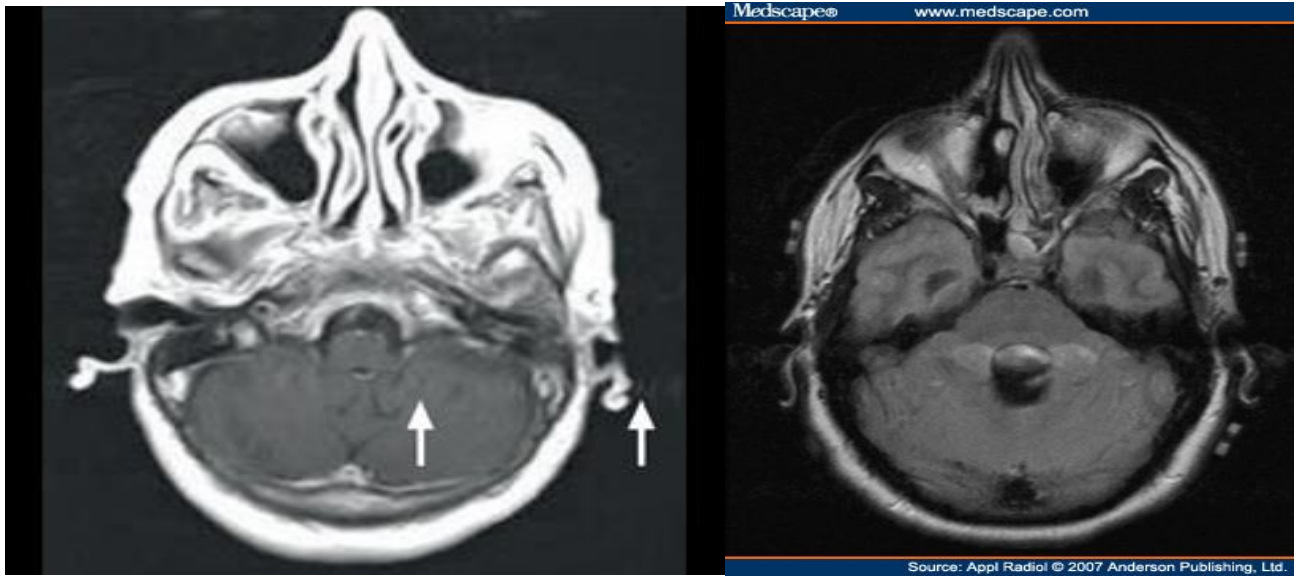


호흡으로 인해 세로방향으로 겹겹히 보이는 이미지

| 방지법                           |  |
|-------------------------------|--|
| 1. 주파수방향과 위상방향을 바꾸어 줌         |  |
| 2. Respiratory, ECG gating 사용 |  |
| 3. Band나 Pad 등으로 운동 억제        |  |
| 4. 항 연동 주사제 사용                |  |

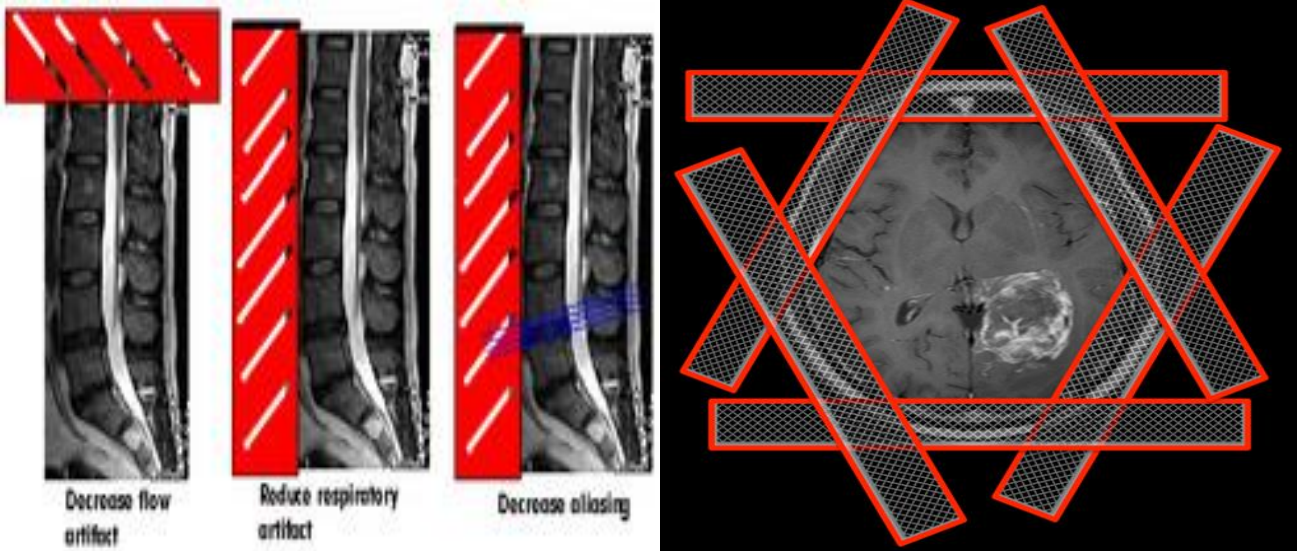
## 2. Flow artifact





뇌혈류의 흐름으로도 발생할 수 있다. 영상이 꾸물꾸물한 느낌

| 방지법                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Flow compensation</li> <li>2. EKG gating</li> <li>3. *Saturation band 사용 (밑에 그림)</li> </ol> |

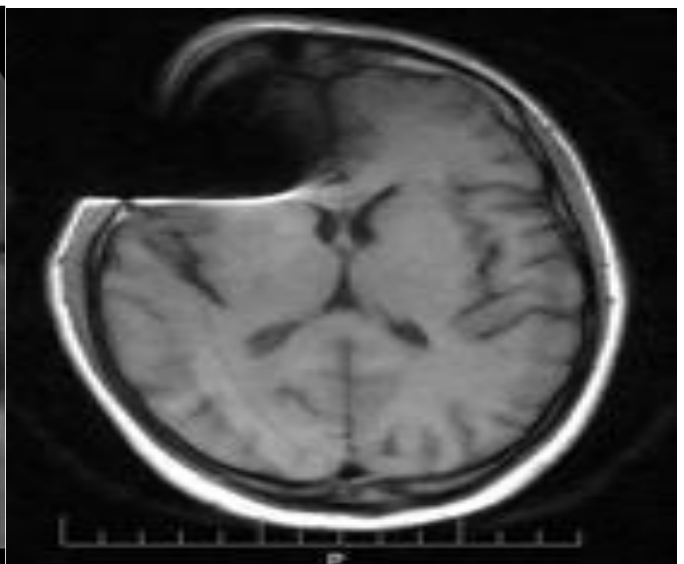
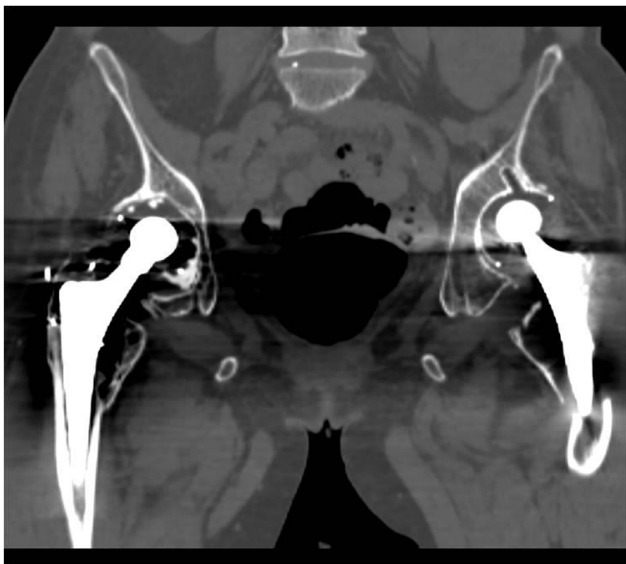
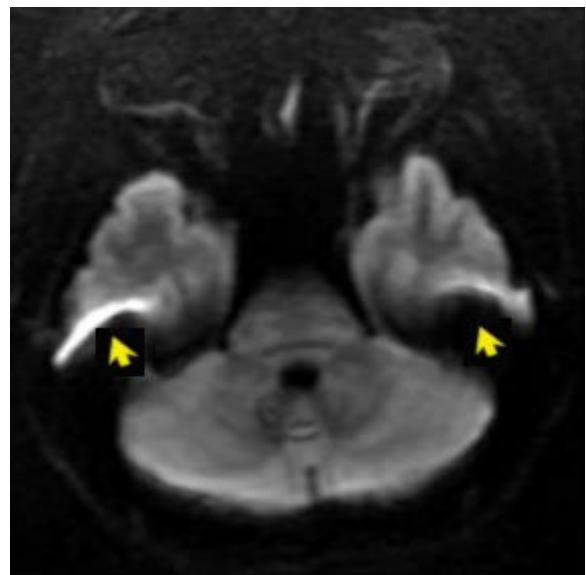
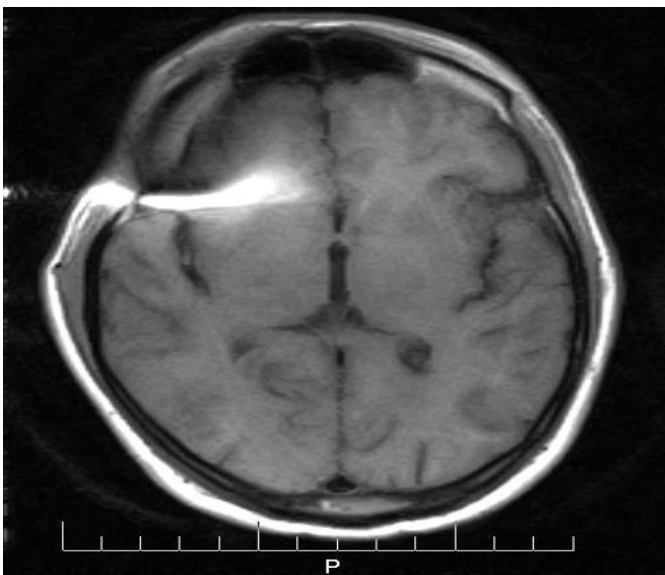


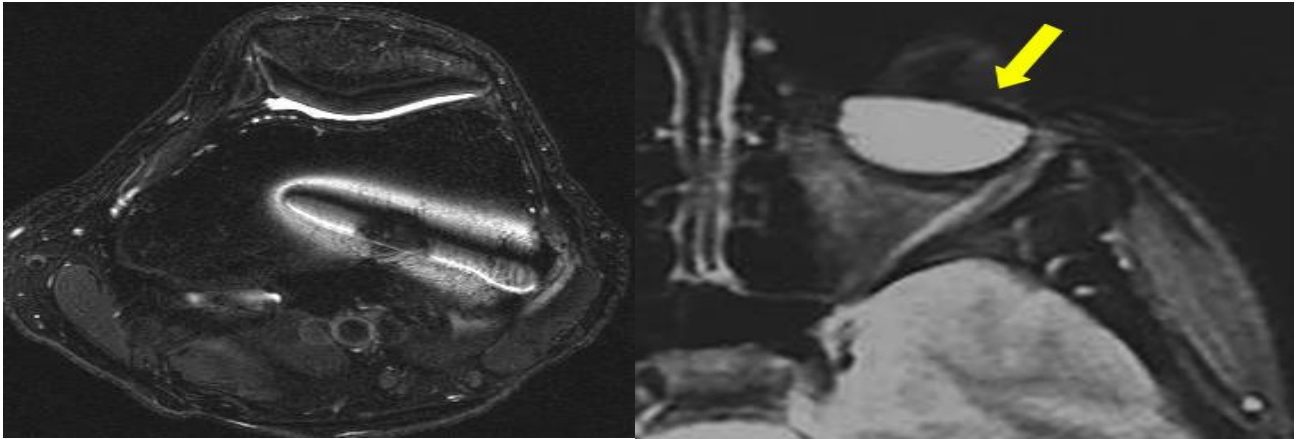
| Saturation band 사용시 특징                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. TR 증가 = 검사시간 증가</li> <li>2. SNR 증가</li> <li>3. 혈류의 움직임에 의해 발생하는 영상 왜곡 감소</li> </ol> |

\*\*Artifact가 발생하는 축 외우기

| 위상부호화                                                       | 주파수 부호화               |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Aliasing</b><br><b>Motion</b><br>Heart<br>Breath<br>Flow | <b>Chemical shift</b> |

### 3. Magnetic susceptibility artifact

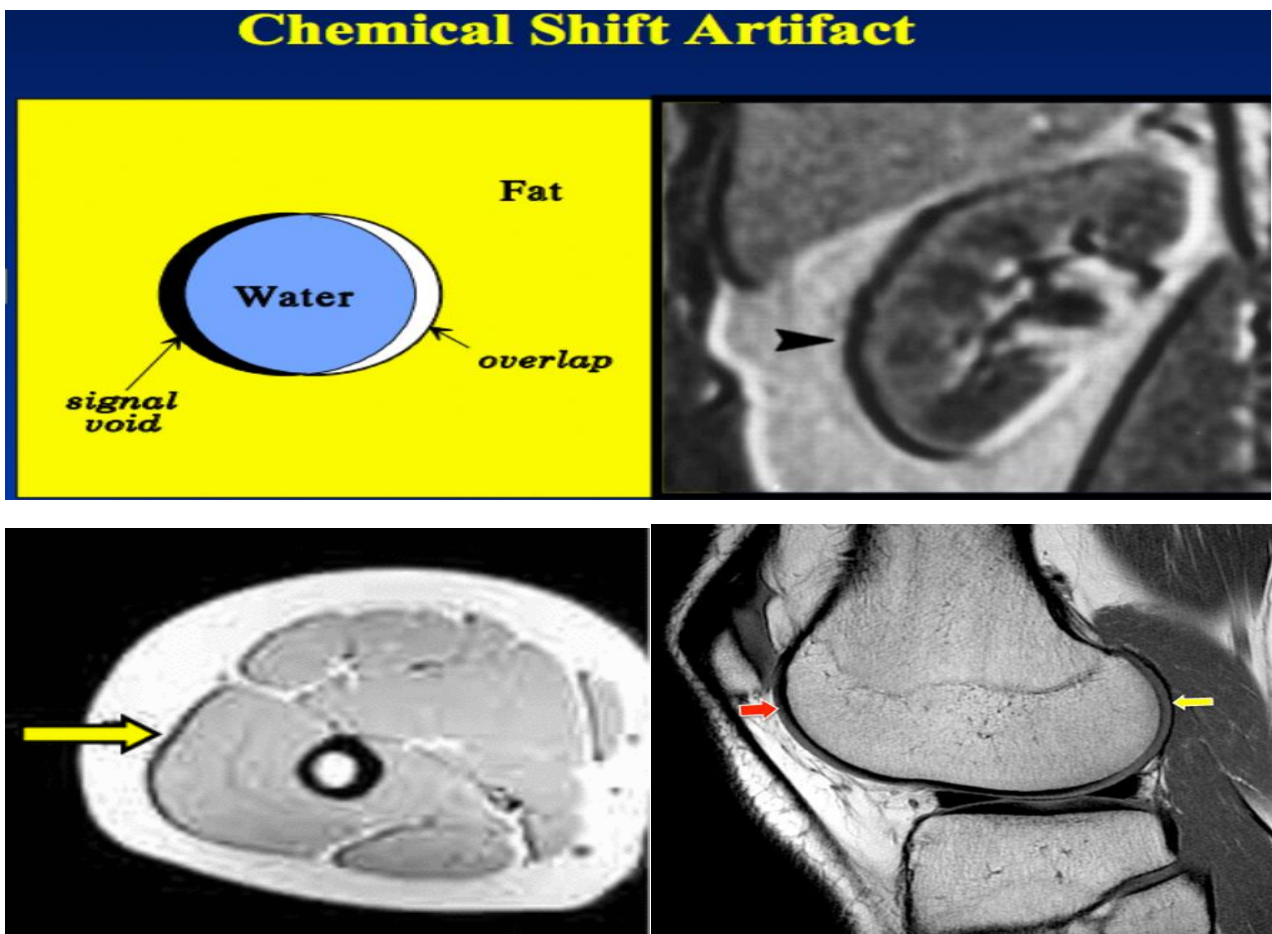


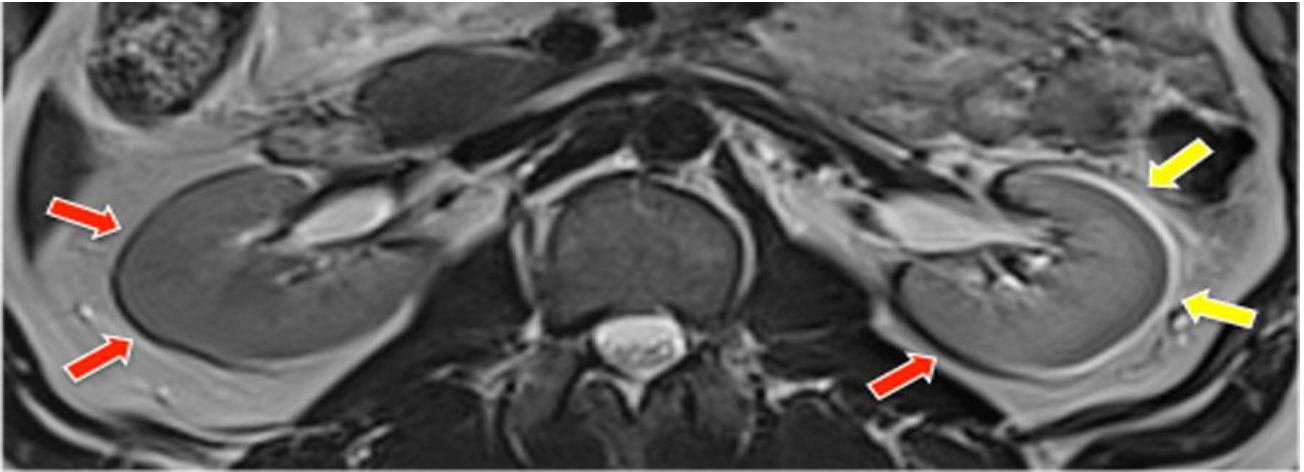


조직들간의 자화율차이가 극심할 때 일어난다. 외부에서 바늘이나 이물질이 들어와도 마찬가지

| 방지법                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. GE보단 SE기법 사용</li> <li>2. Short TE 사용</li> <li>3. 금속물질 제거</li> <li>4. GE검사를 한다면 2D보다는 3D 사용</li> </ol> |

4. Chemical shift artifact





물과 지방의 경계에서 일어나는 경우가 많은데 지방의 결합구조에는 탄소가 들어있어 물보다 낮은 세차주파수를 갖는다. (1.5T기준 220Hz or 3.5ppm 차이)

따라서 주파수 부호화의 위치선택이 살짝씩 밀려 발생한다. = 주파수부호화 방향으로 발생

주로 눈이나 콩팥이미지 많이 나온다.

Chemical shift 계산하는 문제도 있는데,

$$\text{Chemical shift 정도} = \frac{\text{FOV(cm)} \times \text{물과지방의 차이(Hz)}}{\text{수신대역폭(Hz)}} \quad [\text{cm}]$$

| 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | → | 주파수50<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수150<br>위상0 |
|---------------|---------------|---------------|---|--------------|---------------|---------------|
| 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 |   | 주파수50<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수150<br>위상0 |
| 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 |   | 주파수50<br>위상0 | 주파수100<br>위상0 | 주파수150<br>위상0 |

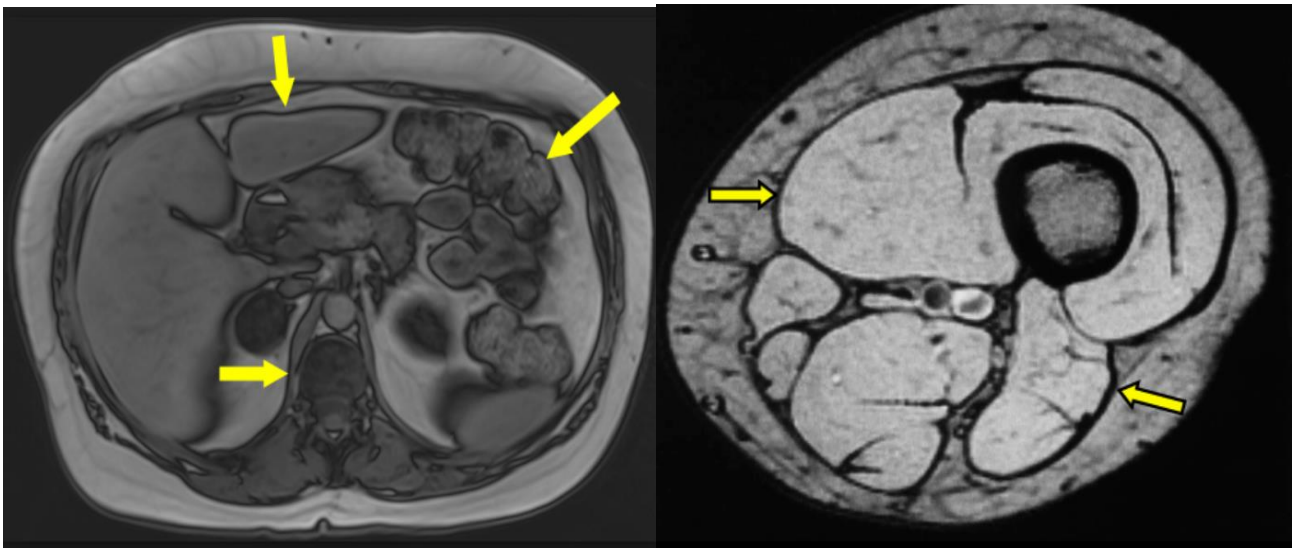




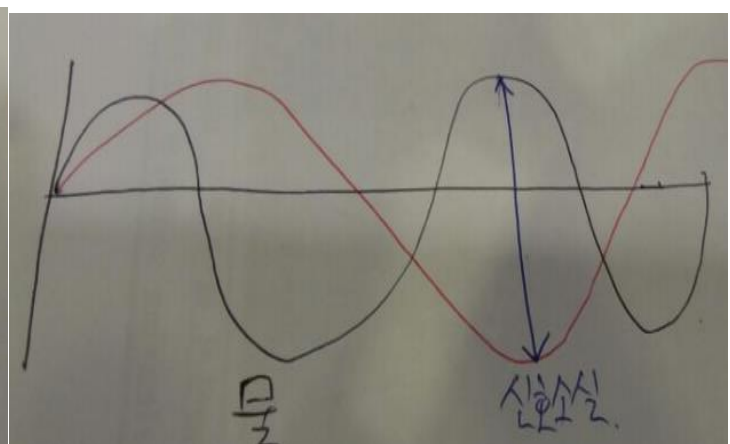
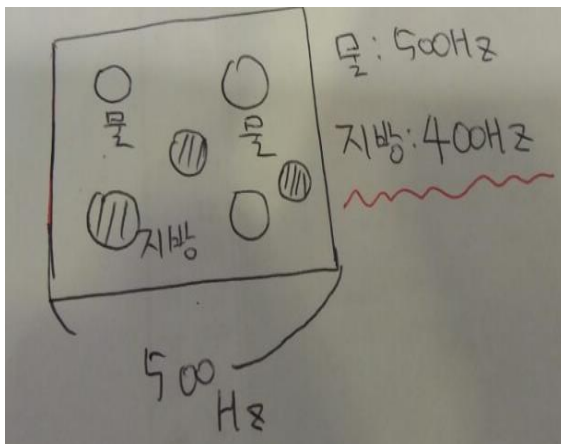
#### 방지법

1. 약한 주 자기장 장치 사용
2. 수신대역폭(Band width)을 늘린다.
3. 지방소거기법 사용

#### 5. Black boundary artifact

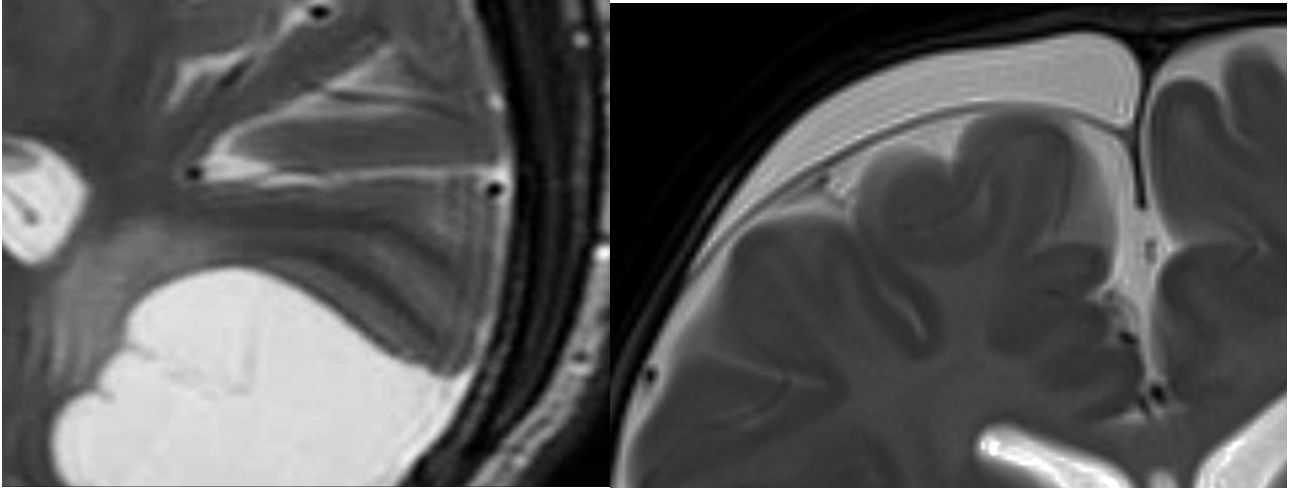


지방과 물의 경계들이 까맣게 boundary가 있다. 지방의 수소와 물의 수소 주파수 상쇄로 인함.

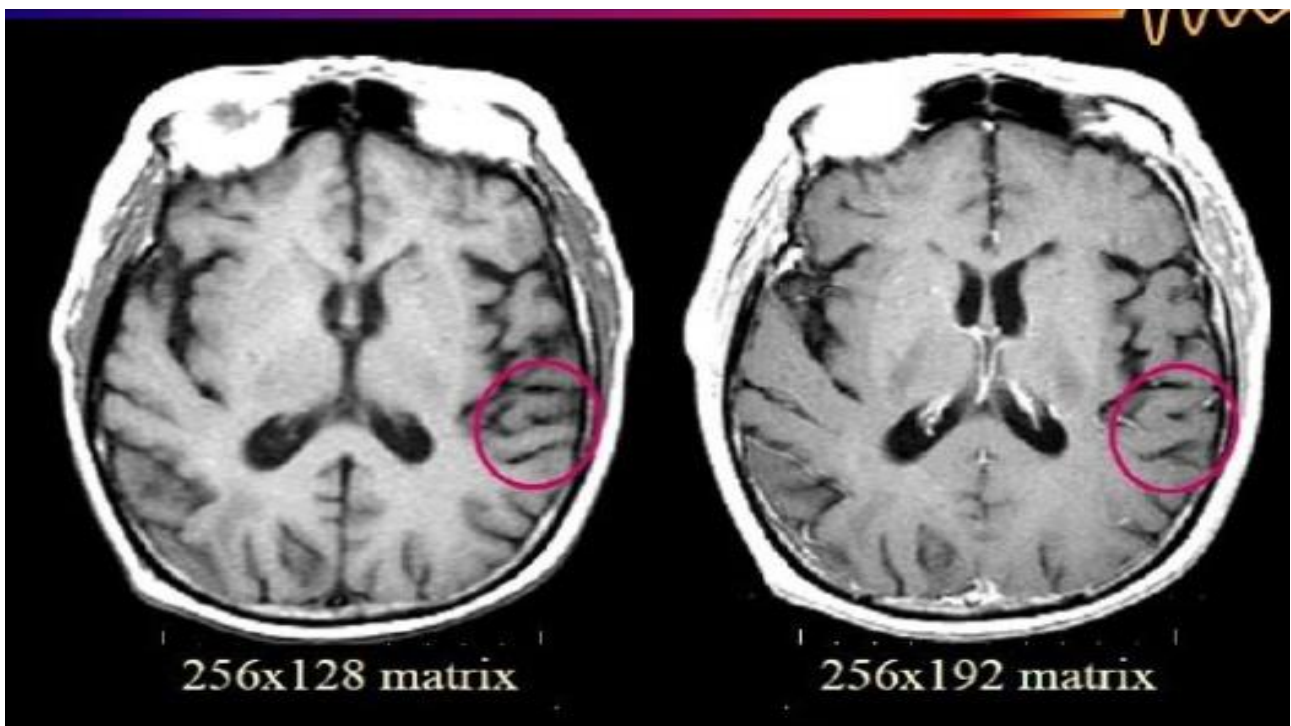


| 방지법                                  |
|--------------------------------------|
| 1. 신호소실 타이밍을 계산하여 그때를 생략하여 동위상일때만 수집 |

## 6. Truncation, Ringing, Gibb's artifact



Motion artifact처럼 울렁울렁한게 보이나 Truncation의 경우 가장자리에서 잘 나타난다.

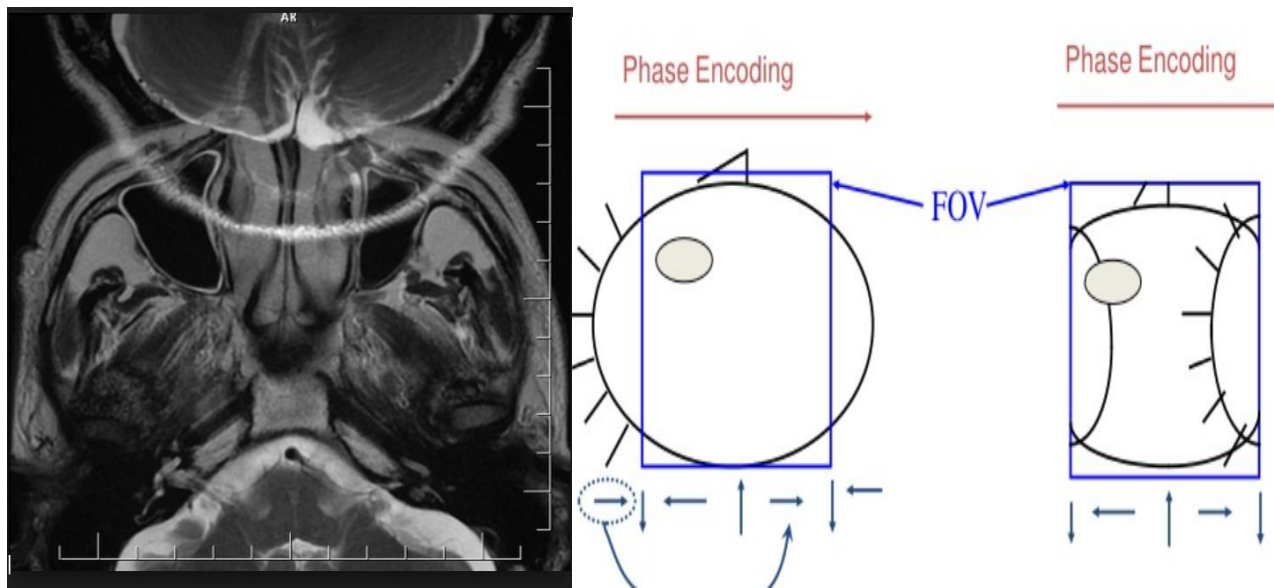


원인: Matrix size가 작거나 위상부호화의 encoding수가 작을 때

영상에서 매트릭수가 올라가면서 울렁거리는데 사라지면 Truncation 의심하자.

| 방지법             |
|-----------------|
| 1. 위의 2가지를 높인다. |

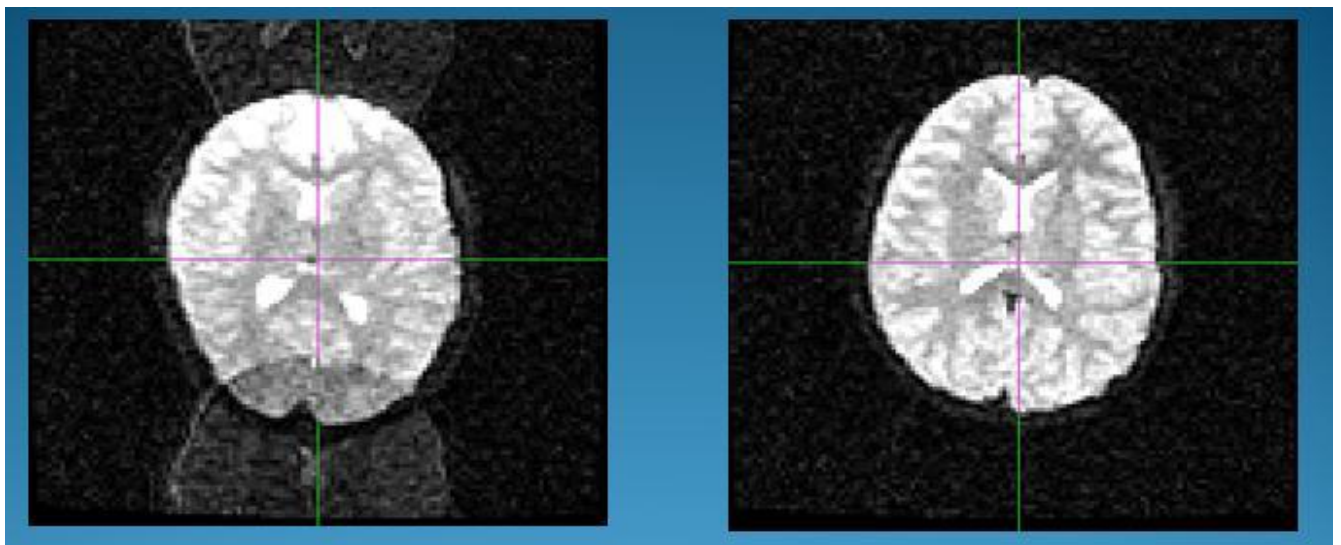
## 7. Aliasing artifact



FOV가 보고자 하는 ROI보다 작게 설정되면 발생

| 방지법                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 충분한 FOV</li> <li>2. Over sampling 기법</li> <li>3. 위상부호화와 주파수부호화 축을 바꿔준다.</li> </ol> <p><b>** MRI artifact는 대부분 위상부호화 방향으로 생긴다.</b></p> |

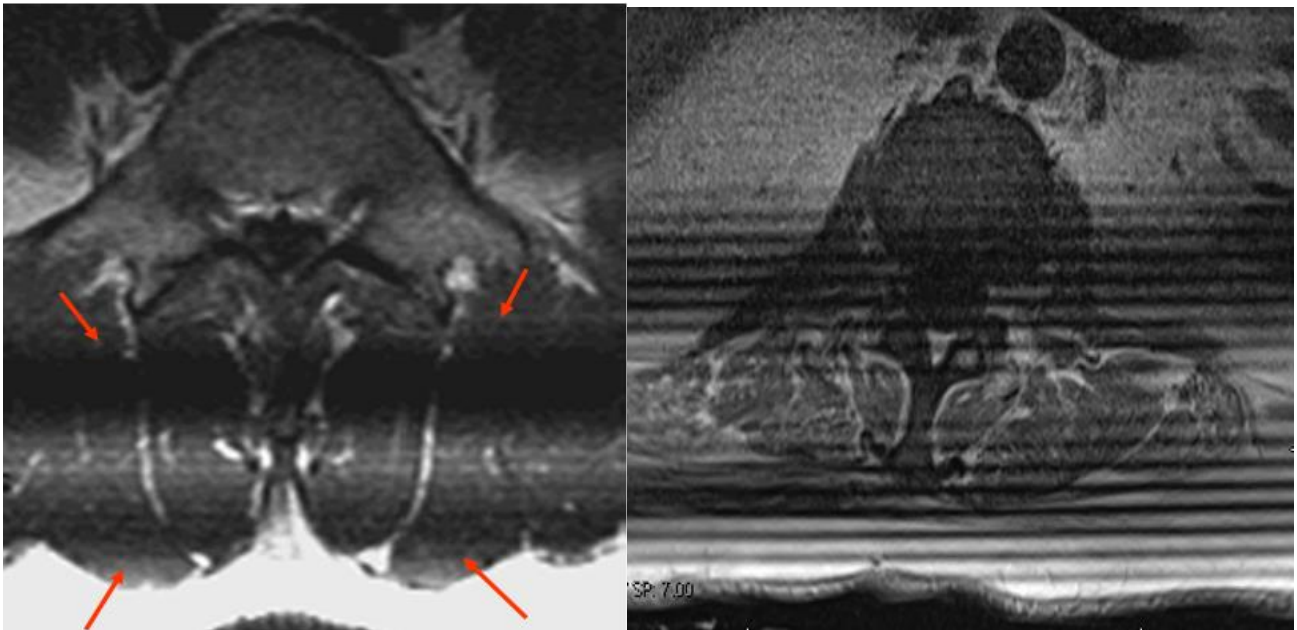
## 8. Ghost artifact



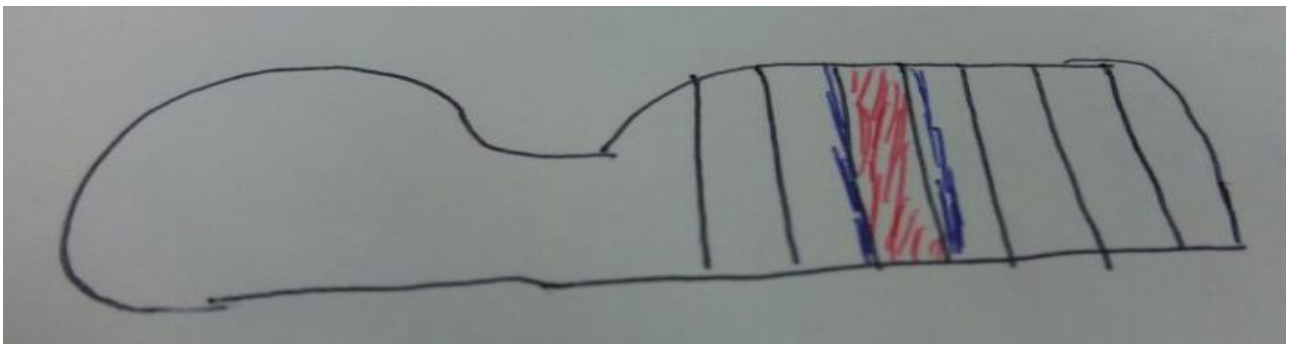
EPI기법에서 자주 발생한다.

Aliasing과 비슷한데 ROI가 다 나옴에도 불구하고 저렇게 나오면 Ghost.

## 8. Cross talk artifact



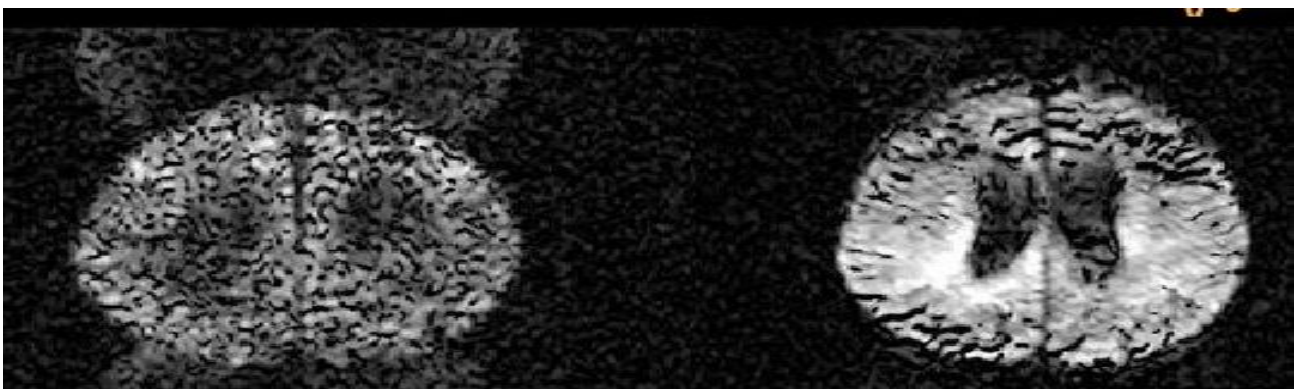
검은줄이 연속하여 그어져 있다.



단면선택을 하기 위해 경사자기장이 인가될 때 보고자하는 단면 말고 그 주변도 조금씩 선택된다.

| 방지법                                    |
|----------------------------------------|
| 1. Slice gap 유지한다. (신호강도에 영향을 주지 않는다.) |
| 2. Interleaving scan                   |

## 8. Eddy current artifact



전에 배웠던 와류로 인해 자기장이 안이쁘게 생겨서 발생하는 것

| 방지법        |
|------------|
| 1. 보상펄스 사용 |

## 9. Zipper artifact

외부의 특정 주파수가 들어와 발생



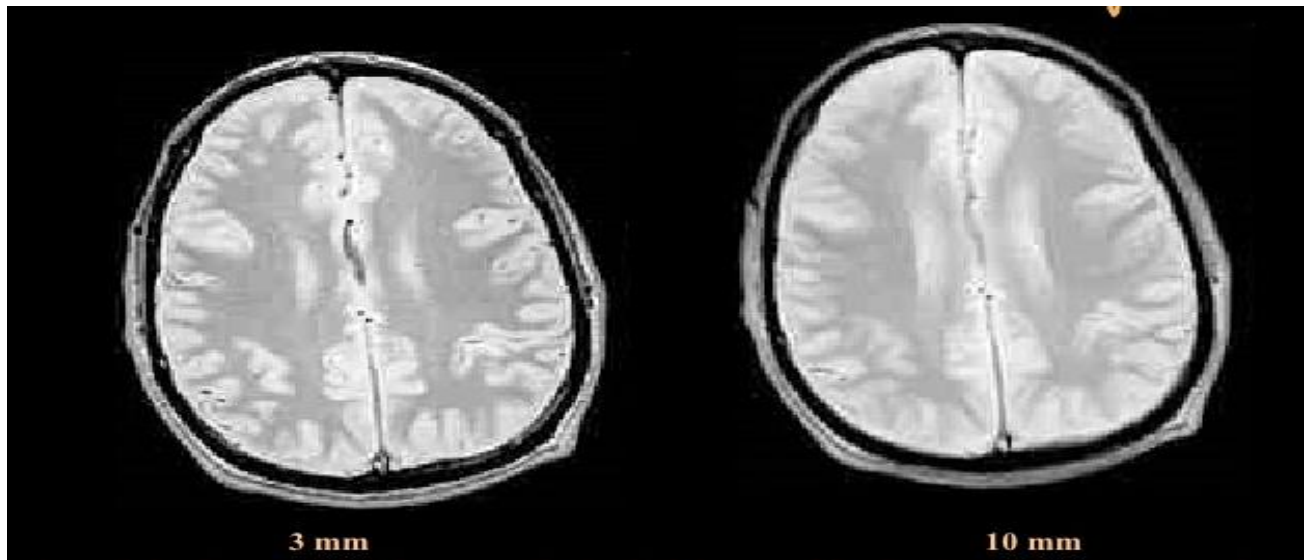
| 방지법                    |
|------------------------|
| 1. Scan room 문 잘 닫고 검사 |

## 10. Zebra artifact



| 방지법                          |
|------------------------------|
| 1. GE 기법 사용<br>2. FOV를 크게한다. |

## 11. Partial volume artifact



슬라이스 단면을 두껍게 하다보니 미세한 병변이 가려지는 것

| 방지법          |
|--------------|
| 1. 단면을 얇게 선택 |

정말 수고 많으셨습니다.

감사합니다.

사랑합니다.