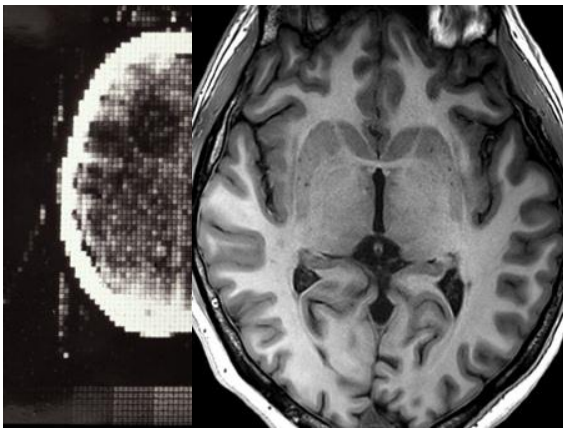


YDÜ'ye hoşgeldiniz...

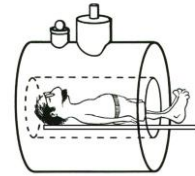


MR Cihazının Bileşenleri

Prof. Dr. Nail Bulakbaşı
Yakın Doğu Üniversitesi
SHMYO Müdürü
Tıp Fakültesi Radyoloji A.D.

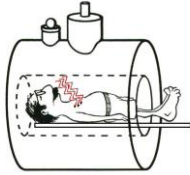


MRG



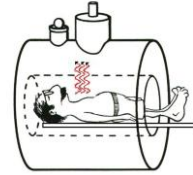
1. Hastayı magnet içersisine koyarız.

MRG



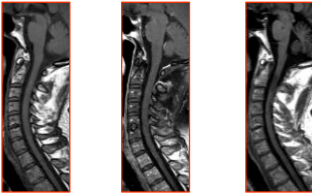
1. Hastayı magnet içerisine koyarız.
2. Vücuduna radyo dalgası göndeririz.

MRG



1. Hastayı magnet içerisine koyarız.
2. Vücuduna radyo dalgası göndeririz.
3. Hasta vücudundan sinyal alırız.

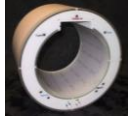
MRG



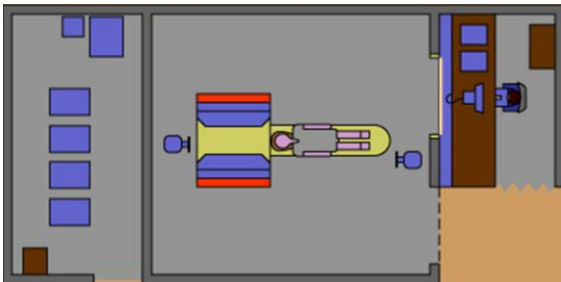
1. Hastayı magnet içerisine koyarız.
2. Vücuduna radyo dalgası göndeririz.
3. Hasta vücudundan sinyal alırız.
4. Sinyali görüntüye çeviririz.

MRG Cihazı

- Magnet
 - Manyetizmayı sağlayan temel eleman
- Gradyent sargılar
 - Manyetik alanı istenilen şekilde düzenler
- RF sargılar
 - RF darbelerini gönderir
 - Sinyali toplar
- A-D çevrimci ve işlemci
 - K uzayı
- Bilgisayar
 - Görüntü toplama, işleme, depolama



Magnet



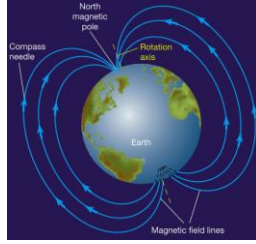
Magnet

- MRG sisteminin temel elemanı
 - Güçlü;
 - Homojen;
 - Sabit bir manyetik alan oluşturmak
- MRG sistemlerinin çoğunda manyetik alan gücü 0.2-3.0 Tesla arasındadır



Magnet

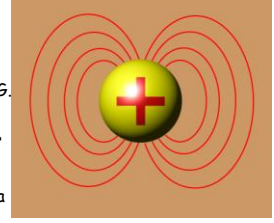
- Magnet gücü
 - Tesla yada Gauss
 - (1Tesla=10,000 Gauss)
- Dünya 0.5 Gauss,
 - 1/30,000 -1/60,000 MRG.
- Lorentz kuvvet kanunu:
 - 1 kolomb yük taşıyan bir partikül, 1 m/sn hızla 1 T'lık manyetik alandan geçerken, manyetik alana dik 1 newton'luk güç yaratır



$$T = \frac{Vs}{m^2} = NA^{-1}m^{-1} = Wb m^{-2} = kg C^{-1}s^{-1} = kgA^{-1}s^{-2} = N s C^{-1}m^{-1}$$

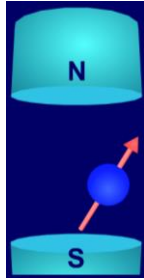
Magnet

- Magnet gücü
 - Tesla yada Gauss
 - (1Tesla=10,000 Gauss)
- Dünya 0.5 Gauss,
 - 1/30,000 -1/60,000 MRG.
- Lorentz kuvvet kanunu:
 - 1 kolomb yük taşıyan bir partikül, 1 m/sn hızla 1 T'lık manyetik alandan geçerken, manyetik alana dik 1 newton'luk güç yaratır

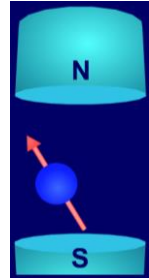


$$T = \frac{Vs}{m^2} = NA^{-1}m^{-1} = Wb m^{-2} = kg C^{-1}s^{-1} = kgA^{-1}s^{-2} = N s C^{-1}m^{-1}$$

Magnet



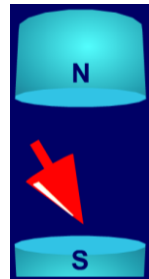
Magnet



Magnet



Magnet

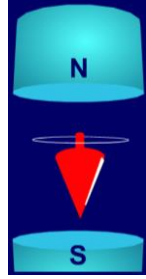


Larmor denklemi

$$\omega_0 = \gamma B_0$$

[Hz/MHz] [T]

$\gamma_{\text{protons}} = 42.5 \text{ MHz/T}$



Magnet tipleri



Magnet tipleri

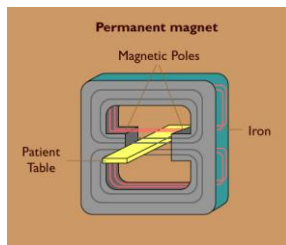
- Manyetik alan gücüne göre
 - Düşük Tesla'lı (low-field): > 0.2 T
 - Orta Tesla'lı (mid-field): 0.2 - 1 T
 - Yüksek Tesla'lı (high-field): <1,5 T üstü

Magnet tipleri

- Manyetik alanın oluşturulma şekline göre
 - Sabit (permanent) magnet (<0.3T)
 - Rezistif magnet (0.3-0.5T)
 - Süperiletken magnet (>1T)

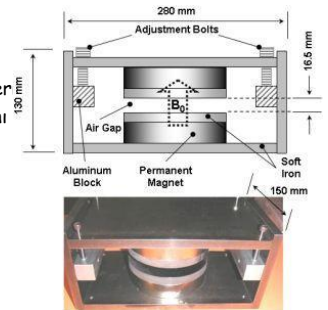
Permanent (Sabit) magnetler

- Taşıyıcı demir kafes içerisine yerleştirilmiş ferromagnetik (nikel, kobalt) tuğlalardan yapılır
- Ağır (100 ton)
- Düşük $B_0 = 0.35 \text{ T}$
- İşletim masrafları düşük
 - elektrik ve soğutucuya ihtiyaç yok



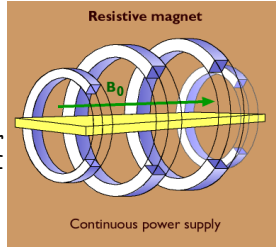
Permanent (Sabit) magnetler

- Avantajları
 - Düşük maliyet
 - Düşük işletme gideri
 - Kenar (fringe) alanı küçük
- Dezavantajları
 - Sınırlı B_0 (<0,35 T)
 - Çok ağır
 - Hareketli değil



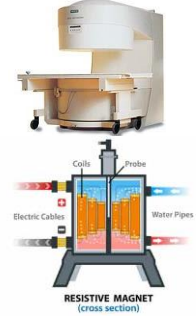
Rezistif Magnet

- Hava veya demir çekirdekli olabilir
- Genelde 4 büyük elektromagnetten oluşur
- Alanı şekillendirebilmek için büyükler içeride, küçükler dışarıda yerleşir
- Manyetik alan AP veya SI yönde olabilir
- $B_0 = 0,2-0,5$ T
- B_0 homojenitesi düşük



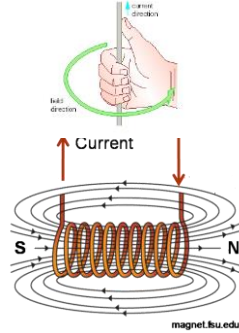
Rezistif Magnet

- Avantajları
 - Düşük maliyet
 - Bakım ve idamesi kolay
 - Hafif
 - Kapatılabilir
- Dezavantajları
 - Yüksek enerji tüketimi
 - Su ile soğutma gerekir
 - Kenar (Fringe) alanı geniş



Süperiletken Magnet

- Günümüzde kullanılan yüksek manyetik alanlı sistemlerin hepsi bu tiptedir.
- Yüksek Tesla gücüne yalnızca süperiletken magnetler ulaşabilir
- Rezistif magnetlere benzer
- > 1 T



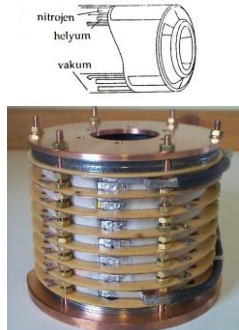
Süperiletkenlik

- Süperiletkenlik, iletken bir maddenin 4°K (-269°C)'ye kadar soğutulması sonrası elektrik akımına olan direncinin sıfıra yaklaşması olayıdır.
- 4°K 'de direnci sıfıra yakın niobiyum-titanyum alaşımli tellere akım bir kez uygulandıktan sonra manyetik alan oluşunca elektrik akımı kesilir.



Süperiletken Magnet

- Kriyojen: Kaynama derecesi -160°C (110 K) nin altında olan sıvılar
 - Helyum $4,2^{\circ}\text{K}$ (Kriyojen)
 - Azot 77°K (İzolatör)
 - Cold head: = zero boil off
- Kriyostat: İçinde kriyojenleri ve bakır iletkenleri bulunduran, iç içe geçmiş ünitelerden oluşan, vakumlu, termos benzeri yapı

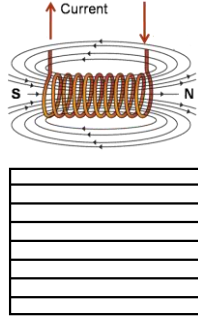


Süperiletken Magnet

- Avantajları
 - Yüksek manyetik alan
 - Yüksek homojenite
 - Düşük enerji tüketimi
 - Yüksek SNR
 - Yüksek kaliteli görüntüler
 - Hızlı görüntüleme
- Dezavantajları
 - Yüksek maliyet
 - Kriyojen maliyeti
 - Cold-head ile sıfıra yakın
 - Kimyasal kayma artefaktı
 - Hareket artefaktı
 - Ses düzeyi yüksek

Homojenite

- Süperiletken magnetler tipik olarak ± 100 ppm homojeniteye sahiptir.
- Bu yeterli değil
- İyi kalitede görüntü için belirlenen değer $\pm 1-5$ ppm arasında olmalıdır.



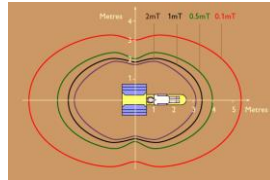
Shimming = Pullama

- Pasif shimming
 - Magneti homojen hale getirmek için
- Aktif shimming
 - Yaklaşık 30'a yakın elektromagnetik sargı ile manyetik alan homojenize edilir
- Günümüz süperiletken magnetlerinde ikisi bir arada kullanılır



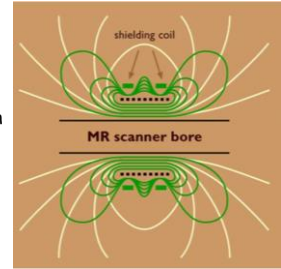
Fringe alanı

- Süperiletken yüksek B_0 sahip magnetlerde problem
- Pasif kalkanlama
 - Borun en dışında demir kılıf
 - Fringe alanını daraltır
 - Ağırlığı arttırır
 - B_0 homojenitesini etkiler

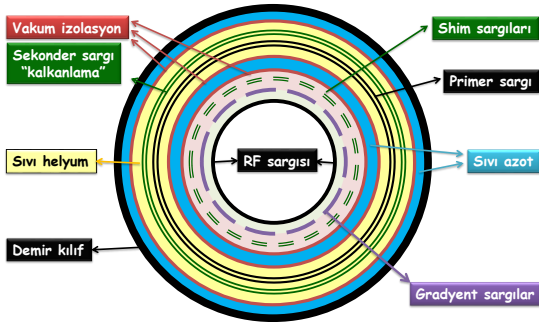


Shielding = Kalkanlama

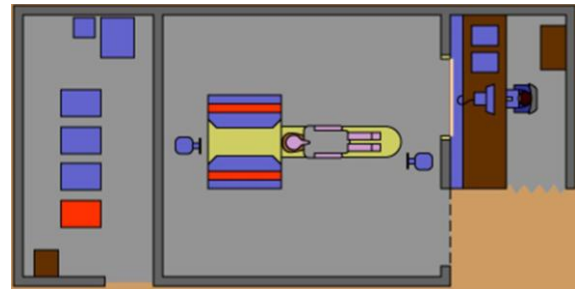
- Aktif kalkanlama
 - İçteki 1^o sargı dışındaki 2^o sargı ile yapılır
 - 2^o'daki akım 1^o'dakinin tersi yöndedir
 - İki sargının B_0 'su birbirini siler
 - 1^o(2,5 T)-2^o(1T)=1,5T



Süperiletken Magnet

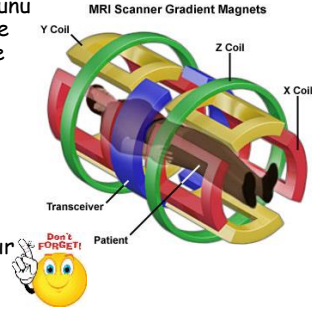


Gradyent sistemi



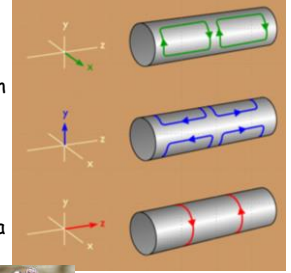
Gradient Sargılar

- Manyetik alan gücünü 3 değişik düzlemde istenilen miktar ve sürede değiştiren sargılardır
- MRG' de sinyalin nereden geldiğinin saptanmasını ve dolayısı ile kesit alınabilmesini sağlayan sargılardır

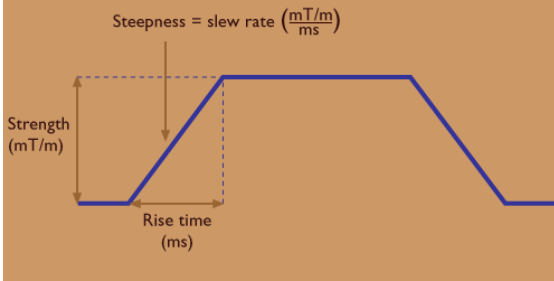


Gradient Sargılar

- Sinyal lokalizasyonu yapabilmek amacıyla manyetik alanı ve dolayısıyla çekirdeklerin presesyon frekanslarını her üç düzlemde kontrollü olarak değiştirilir.
- Tetkik sırasında oluşan gürültü gradient sargılarının çalıştıklarında ana manyete çarpmaları ile oluşur (110 dB)



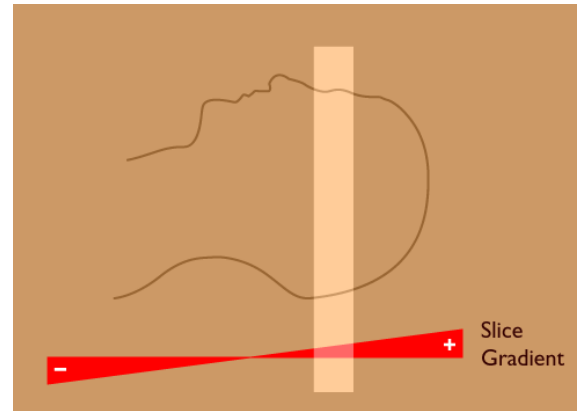
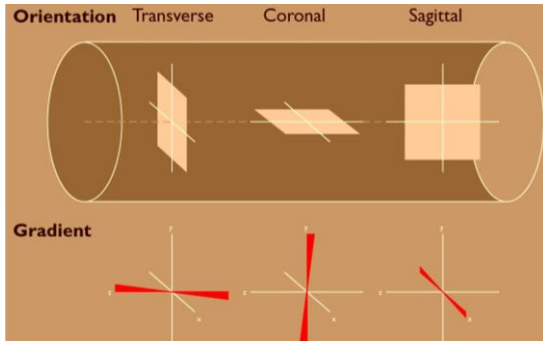
Gradient performance indicators

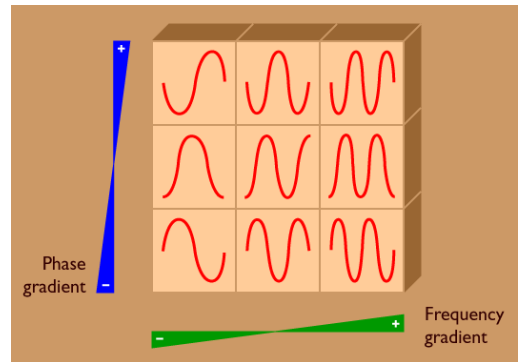
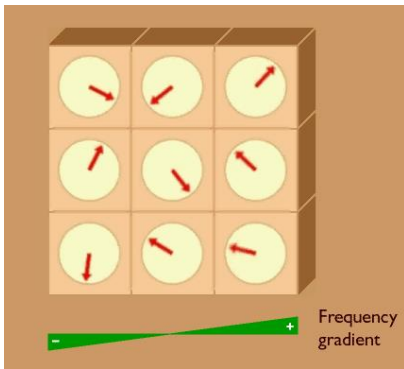
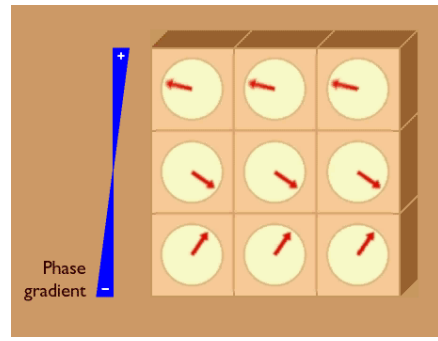
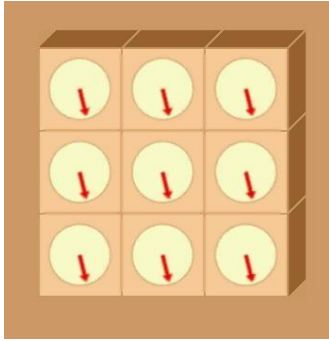


Niye hızlı ve güçlü gradyent?

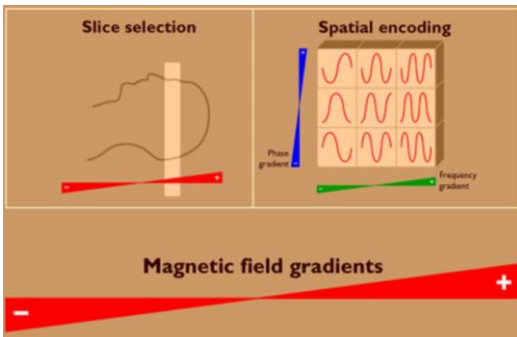
- Güç (10,15,20,23,27 mT/m)
 - Daha küçük FOV
 - Daha ince kesit
- Çıkış hızı (5 -270 mT/m/ms)
 - Minimum TE
 - Minimum TR
 - EPI / Spiral

Gradyent sargılarının dizilimi

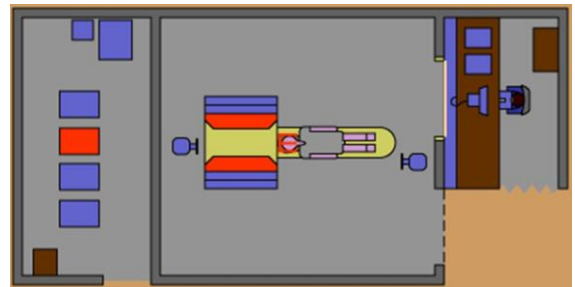




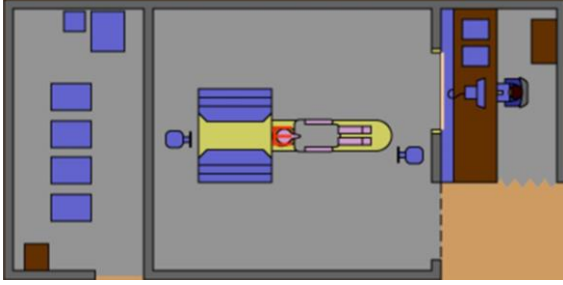
Gradyent sistemi



RF sistemi



RF sargısı



RF pulsu

- RF dalgası, radyo istasyonlarının kullandıkları frekans spektrumu içinde kalan bir elektromanyetik dalga türüdür.
- Güçlü manyetik alan (B0) içindeki protonlar, Larmor frekansın eşit frekansta RF pulsu ile uyarılır
- Elektrikle çalışan birçok aygıt benzer radyo dalgaları üretir (asansör, otomobil vb gibi hareketli olanlarda daha belirgin).
- Dış kaynaklı RF dalgaları manyetik inhomojeniteyi bozabilir. Bu nedenle çekim odaları izole edilir (Faraday kafesi)

Faraday kafesi prensibi

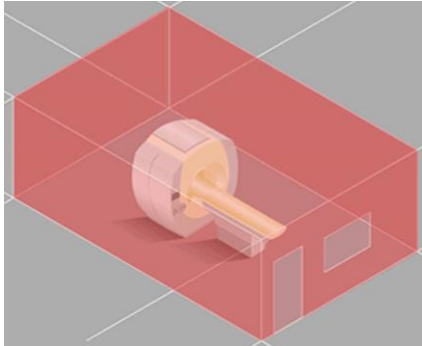
- İletken tellerden örülmüş kafes yapısı, içerideki hacme elektriksel alanların geçişine izin vermez
- Çekim odasının duvarları da bu tip iletken tel veya levhalar ile sarılarak RF bulaşı önlenir



Faraday kafesi



Faraday kafesi

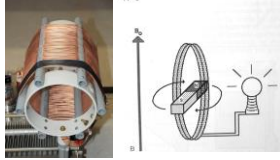


Faraday kafesi



RF Sargılar

- Dokudaki protonları uyarmak için RF pulsunu gönderen ve gelen sinyali algılayan sargılar
- 1 MHz-10 GHz



RF Sargılar

- Kullanıldıkları anatomik bölgeye göre
- Kafa, vücut, ekstremitelere, spine, TME,....

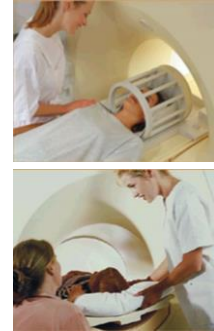


RF Sargılar

- Fonksiyonlarına göre:
 - Verici / alıcı (T&R) sargısı
 - En sık design
 - Yalnızca gönderici (T only) sargısı
 - Sadece RF puls gönderip sistemi uyarabilirler
 - Yalnızca alıcı koiller (R only)
 - Yalnızca MR sinyallerini toplayabilirler

RF Sargılar

- Geometrisine göre:
 - Hacim sargısı
 - Sensitivitesi düşük ancak düzenli kapsama alanına sahip
 - T & R sargısı yapısında (tüm anatomik bölge içinde ise R yapabilir)
 - Baş, vücut, diz, ayak bileği sargıları bu tip



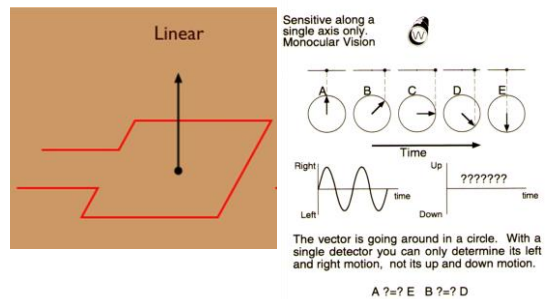
RF Sargılar

- Geometrisine göre:
 - Yüzey sargısı
 - Yüksek sensitiviteli ancak sınırlı kapsama alanı
 - Çekilen bölgeye yakın (SNR ve çözünürlük artar)
 - Ancak sargıdan uzaklaştıkça SNR hızla azalır
 - Her zaman R-only sargılardır.

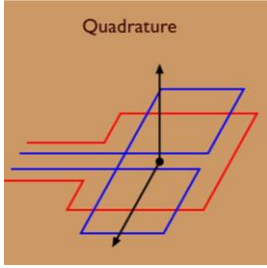


Lineer sargı

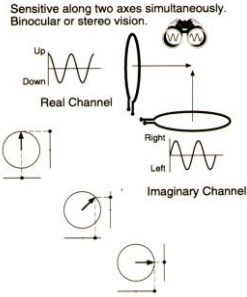
Linear RF Coils



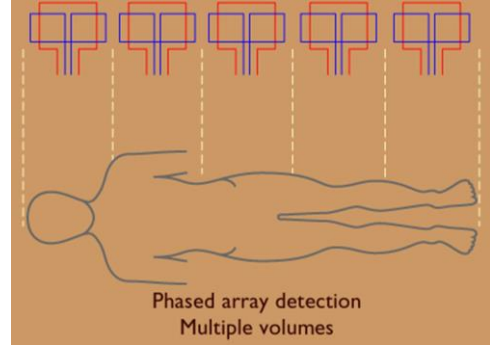
Quadrature sargı



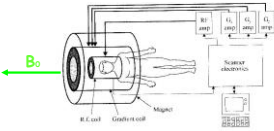
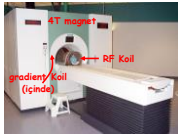
Quadrature RF Coils



Faz dizimli sargı



Cihaz



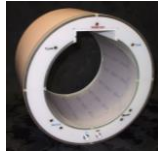
Magnet



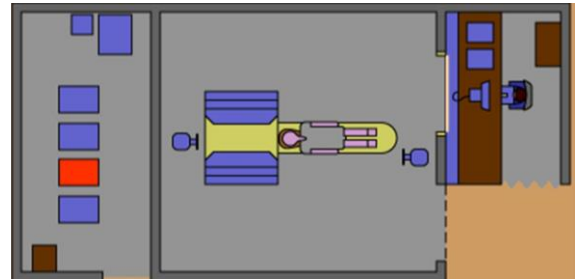
Gradient Koil



RF Koil

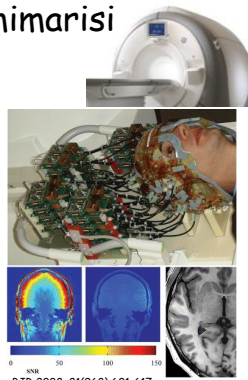


Görüntü oluşumu



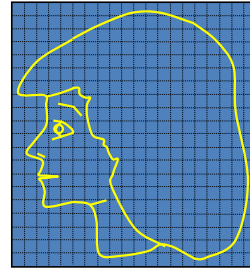
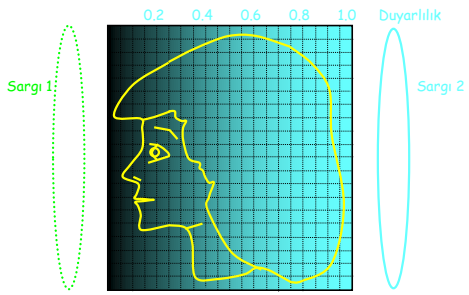
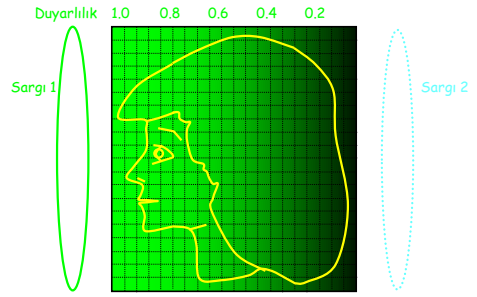
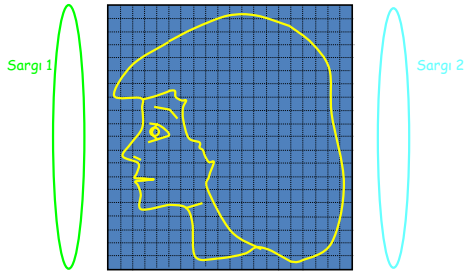
Kanal mimarisi

- Her bir sargı elemanından gelen bilgi ayrı ayrı toplanıp işlenir.
- Eskiden tek kanal
- Günümüzde >32 kanal
- Hem sargı hem de sistemin uyumlu olması gerekir

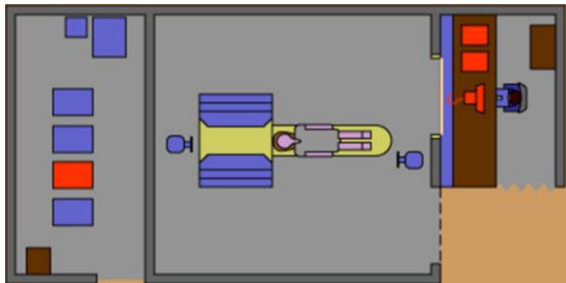


Paralel görüntüleme

- Her biri kendi RF kanalına sahip sargı elemanlarından eş zamanlı olarak gelen bilginin toplanması ve işlenmesi
- SNR artar
- Çekim süresi azalır (temporal çözünürlük artar)
- Artefaktlar azalır
- 2 tipi var:
 - FT öncesi datayı işleyenler (SMASH, GRAPPA)
 - FT sonrası datayı işleyenler (SENSE, mSENSE)
- Self-kalibrasyon gerekir
- En temel problemi objenin merkezinden gelen SNR düşük olması (rekonstrüksiyon algoritmaları ile düzeltilir)



Kontrol sistemi



YDÜ'ye yine bekleriz...

