

MANYETİK REZONANS (MR)

MR, BT gibi bir kesit görüntüleme yöntemidir. Görüntüleri, BT’de olduğu gibi dijitalize edilmiş değerlerden, güçlü bilgisayarlar marifetiyle oluşturulur. Dijital olan bu görüntüler, bilgisayar teknolojisinden yararlanılarak işlenir ve üç boyutlu görüntüler yapılabilir. MR yönteminin önemli bir avantajı hastanın pozisyonunu değiştirmeden her düzlemde görüntü alabilmesidir.

MR’nin kullandığı enerji radyo dalgalarıdır. Radyofrekans (RF) olarak isimlendirilen bu enerji, elektromanyetik radyasyon yelpazesi içerisinde yer alır. Veri kaynağı hücre sıvısı ve lipidler içerisindeki hidrojen çekirdeğidir (protonlar). Bir MR görüntüsünün elde edilişi şu şekilde özetlenebilir:

- Normalde vücudumuz RF enerjisine duyarlıdır. Önce veri kaynağımız olan protonların RF enerjisi ile uyarılır hale getirilmesi gerekir. Bunun için hasta çok güçlü bir manyetik alan içerisinde yerleştirilir. Bu manyetik etkiyle protonlar manyetik alana uygun şekilde dizilir ve uyarılmaya hazır hale gelirler.
- Kesit alınacak bölgeye RF enerjisi gönderilir. Protonlar bu enerjiyi alır ve enerjinin miktarına göre konumlarından saparlar
- RF enerjisi kesilir. Protonlar eski konumlarına dönerler. Bu dönüş sürecinde aldıkları enerjiyi bir sinyal şeklinde yayarlar. Güçlü manyetik alan marifetiyle protonlar, sinyal alan ve yayan antenler gibi davranırlar. MR görüntüleri işte bu sinyallerden oluşturulur.

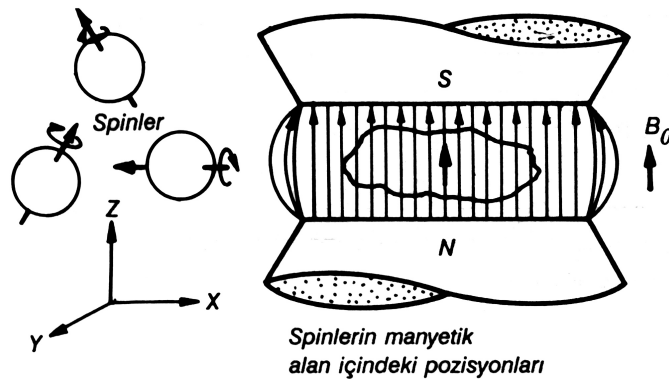
MR görüntülerindeki gri tonların anlamı inceleme protokolüne göre değişir. Ancak beyaz-açık tonlar artmış sinyal alanlarını, koyu-siyah tonlar ise sinyalin az olduğu veya olmadığı alanları gösterir.

Radyolojik yöntemler içerisinde yumuşak dokuyu en ayrıntılı olarak gösteren yöntem MR’dır. Akımı doğrudan görüntüleyebilmesi nedeniyle kontrast madde vermeden anjiyografik görüntüler elde edilebilir.

Temel fizik kurallar

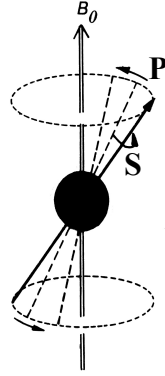
Atom çekirdeğinin temel yapıları olan proton ve nötronlar kendi aksları etrafında dönerler. Buna **spin** hareketi adı verilir. Bu özellikleri nedeniyle protonlar manyetik bir çubuk gibi davranırlar ve çevrelerinde doğal olarak bir manyetik alan meydana gelir.

Hidrojen atomu, çekirdeğinin tek protondan ibaret olması nedeniyle güçlü manyetik alana sahiptir. İnsan vücudunda bol miktarda bulunan bu çekirdek sinyal kaynağı olarak idealdir.



Şekil 8. Spinler ve manyetik alan içerisindeki konumları

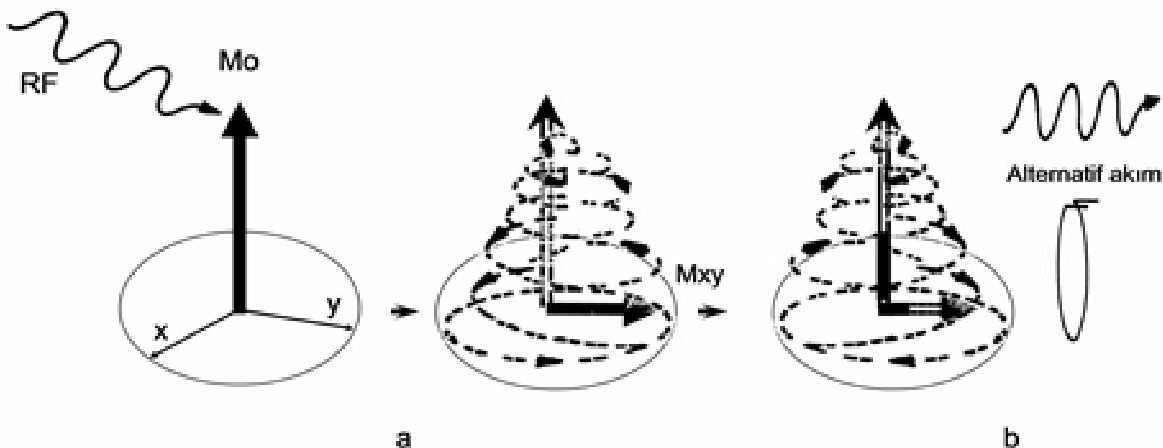
Protonlar, dokularda normalde birbirinin etkisini ortadan kaldıracak şekilde rastlantısal olarak dizilirler. Bu nedenle vücudun manyetizasyonu sıfırdır (Şekil 8). İncelenen vücut kesimi güçlü bir manyetik alan içerisine konduğunda, bu protonlar küçük demir çubukların manyetik alanda davrandıkları gibi, manyetik alan vektörüne paralel konuma geçerler. Ancak bu paralellik hareketsiz bir duruş değil, manyetik alan vektörü çevresinde topaç gibi bir dönüşle birlikte. Bu dönüşle de **presesyon** adı verilir (Şekil 9). Protonların presesyonlarının frekansı, manyetik alanın gücü ile doğru orantılıdır.



Şekil 9. Manyetik alan içersindeki spinlerin presesyon hareketleri B_0 : Manyetik alanın yönü (vektörü), S : Spin hareketi , P : Presesyon hareketi

Presesyon, manyetik rezonans olayının temelidir. Protonları etkileyebilmek için önce onları manyetik alan içerisine koyarak presesyon yaptırmak gerekir. Ancak bu durumdaki protonlar dışarıdan gönderilecek presesyon frekansındaki bir radyo dalgasıyla (RF) rezonansa girebilirler.

Radyo dalgası ile uyarılan bu protonlar manyetik alan vektörüne paralel olan konumlarından saparak vektörle bir açı yaparlar. Radyofrekans (RF) kesildiğinde ise presesyon yaparak eski konumlarına dönerler. Bu presesyon hareketinin ürettiği alternatif akım görüntüleme kullandığımız MR sinyali (Şekil 10).

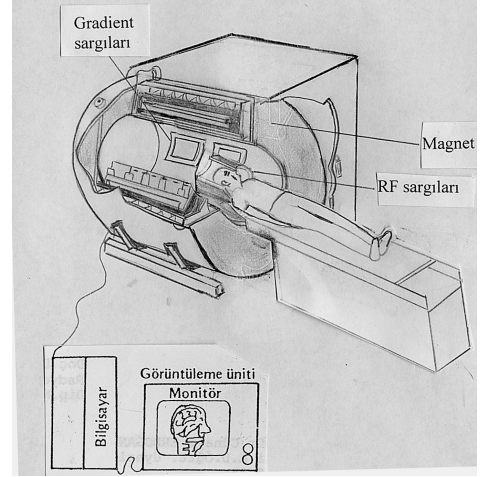


Şekil 10. Manyetik alan içersine konan dokuda M_0 konumundaki spinler uygun RF pulsu ile M_{xy} konumuna yatırılır (a). Puls kesildikten sonra M_0 konumlarına, aynı şekilde presesyon yaparak dönerler. Bu sırada meydana gelen alternatif akım görüntü (b)

MR aygıtı

MR aygıtı da BT gibi üç ana parçadan oluşur (Şekil 11).

- **Veri toplama bölümü:** Bu bölümün ana parçası çok güçlü manyetik alan üreten mıknatıslardır. Genel amaçlı MR'lerin manyetik alan gücü genellikle 1.0-1.5 Tesla civarındadır. Ortasında hastanın içine sokulduğu bir tüneli vardır. İçlerinde, kesit alabilmek için ana manyetik alanı kontrollü olarak hafifçe değiştiren ek sargılar bulunur. Bunlara **gradiyent sargılar** adı verilir. Üç düzlemde yerleştirilmiş bu sargılar sayesinde hastanın pozisyonu değiştirilmeden her üç düzlemde de kesit alınabilir.



Şekil 11. MR aygıtının bölümleri

Veri toplama bölümünün diğer önemli parçası **RF sargılarıdır**. RF sargıları RF pulsunu gönderen ve sinyalleri toplayan aygıtlardır. İncelenecek bölgeye ne kadar yakınsa veriler o kadar hassasiyetle elde edilir. Her vücut bölgesine göreye göre üretilmiş RF sargıları vardır. İncelenecek bölgeye RF sargısı yerleştirildikten sonra hasta mıknatısın tüneli içerisine sokulur.

- **Bilgisayar sistemi:** BT'de olduğu gibi, çok gelişmiş bilgisayar sistemleri vardır. Veriler bu bilgisayarlarda işlenerek görüntüler oluşturulur.
- **Görüntüleme birimi:** BT'deki gibidir. Yüksek çözünürlüğe sahip bir monitörde görüntüler seçilir, işlenir ve filmler üzerine kaydedilir. Bu birim aynı zamanda sistemin kontrol ünitesidir.

Görüntü oluşumu

RF göndererek manyetik alandan saptırdığımız protonları manyetik alana dik bir düzleme (x-y düzlemi) yatırdığımızı varsayalım. Yani protonları, manyetik alan vektöründen 90° saptıracak bir RF pulsı uygulamış olalım. RF göndermeyi kestiğimizde vokselimizde yatırdığımız milyonlarca proton, aynı fazla presesyona başlar. Bu başlangıç, sinyalin en güçlü olduğu noktadır. Çünkü tüm manyetik çubuklar (protonlar) en yüksek enerji seviyesindedir (90° de) ve hepsi birden hareket ederek (aynı fazda) çok güçlü bir manyetik alan oluşturur. Bu güçlü manyetik alanın dönmesi ise yüksek bir alternatif akım yaratır.

Zaman geçtikçe, presesyona birlikte başlayan protonların dönüş hızları çevrelerindeki manyetik alanın küçük farklılıklarından etkilenerek değişmeye başlar. Bu farklılık blok olarak dönen protonların gittikçe dağılmasına neden olur. Protonların dağılması, üretilen alternatif akımın (sinyalin) zayıflaması demektir. Protonlar bir daire oluşturup tümüyle farklı fazlarda dönmeye başladıklarında (defaze olduklarında) sinyal biter.

Sinyalin zayıflaması sadece bu olaya bağılı değildir. RF'nin kesilmesiyle başlayan presesyona, protonlar x-y düzleminde gittikçe küçülen daireler çizerek başlangıç konumlarına dönerler. Başlangıç konumuna yaklaştıkça da x-y düzlemindeki izdüşümü küçüleceğinden sinyalin gücü azalacaktır. Protonlar başlangıç konumlarına gelmeden önce daima defaze olurlar, yani sinyalleri biter.

Her voksel içerisindeki protonların, içinde bulundukları ortama göre başlangıç konumlarına gelme ve defaze olma süreleri değişiktir. Protonların eski konumlarına gelme sürelerine T1, defaze olma sürelerine ise T2 süreleri adını veriyoruz. T1 süresi T2'den daima daha uzundur. Saf suyun ya da BOS' un T1 değeri 2000-3000msn, yağınki ise 150-250 msn dir. T2 değeri ise genellikle T1 değerlerinin %10-20'si kadardır. Sıvılarda T2 değeri T1'e yaklaşır, katılarda belirgin şekilde düşüktür. Bu değerlerin manyetik alanın gücüyle değiştiği unutulmamalıdır.

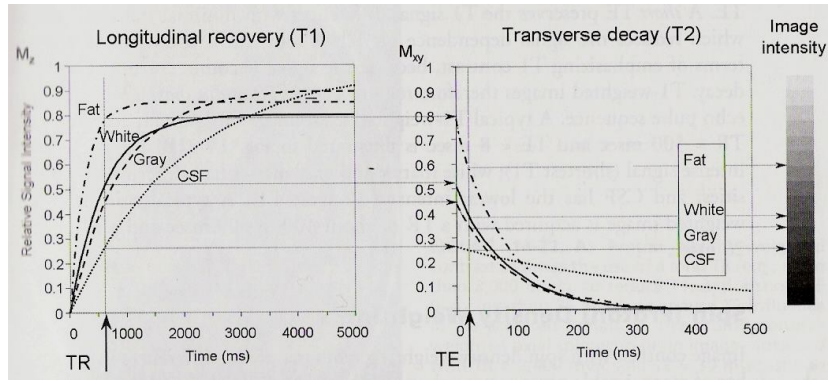
MR görüntülerindeki doku kontrastı sadece sinyalin amplitüdünden değil, sinyalin sönüş süresi (T₂) ve protonların eski haline dönüş süresindeki (T₁) farklılıklardan oluşturulur. Bu süre farklılıklarının hesaba katılması ile doku kontrastı çok daha belirgin olarak ortaya çıkarılır. Ancak her üç ölçütün (proton yoğunluğu, T₂, T₁) taşıdığı doku kontrastını ayrı ayrı ortaya çıkarabilmek için her ölçütün ağırlıklı olduğu görüntüler oluşturmak gerekir. Bu nedenle bir MR incelemesinde aynı bölgenin her biri farklı doku kontrastı taşıyan üç ayrı görüntüsü vardır: T₁ ağırlıklı, T₂ ağırlıklı ve proton ağırlıklı görüntüler.

Şimdi buraya kadar anlattığımız görüntü oluşturma işlemini özetleyerek konuya devam edelim:

- Görüntü kaynağımız su ve yağda yoğun olarak bulunan hidrojen çekirdeği, yani protondur.
- Yöntemimiz bu protonları önce uyarılır hale getirmek, sonra uyarmak, daha sonra da uyarılan bu protonlardan salınan sinyalleri geldikleri yerle birlikte saptamaktır.
- Protonlar spin hareketinden dolayı manyetik alana duyarlıdır. Güçlü bir manyetik alan içerisine konulduğunda manyetik alanın aksına (z-aksı) paralel olarak dizilir. Bu diziliş durağan değildir, alan aksı çevresinde topaçın hareketine benzer şekilde dönerler (presesyon hareketi).
- Presesyon yapan bu protonlar alan dışından aynı frekanstaki bir radyo dalgası (radyofrekans-RF) ile uyarılabilirler. RF kısa bir atım şeklinde uygulanır. Protonların uyarılabilmesi için bu RF dalga atımının frekansının, presesyon hareketinin dönüş hızı ile (frekansı ile) aynı olması gerekir. Bu durumda rezonans olayı gerçekleşir ve protonlara enerji aktarımı olur.
- RF enerjisini alan protonlar paralel olarak dizildikleri z-aksından saparlar. Bu sapmanın derecesi aktarılan enerjinin miktarı ile orantılıdır. Standart bir yöntemde (SE sekansı) bu enerji, protonları z-aksına dik olan x-y düzlemine yatıracak kadar, yani 90 dereceliktir.
- X-y düzlemine yatırılan bir voksel içerisindeki milyarlarca proton RF atımı kesildikten hemen sonra presesyon yaparak eski konumlarına dönerler. Presesyona aynı anda başlamış olmalarına rağmen zaman içerisinde çevre faktörlerine bağılı olarak fazları değişir. Tüm protonlar defaze olduklarında sinyal biter. Sinyalin bitiş süresine T2 denir. Protonlar gittikçe küçük daireler çizerek (presesyon yaparak) z-aksına paralel olan eski konumlarına dönerler. Bu dönüş süresine de T1 denir.
- Sinyalin miktarı sinyala katılan proton yoğunluğuna bağılıdır. Sinyalin bitiş ve protonların eski hallerine dönüşü her doku için farklı olan bir süre içerisinde gerçekleşir. RF atımları tek değil ardışıktır. İki RF atımı arasında TR süresi denir. Bu süre dokular arasındaki geriye dönüş süresindeki (T1) farklılıkları

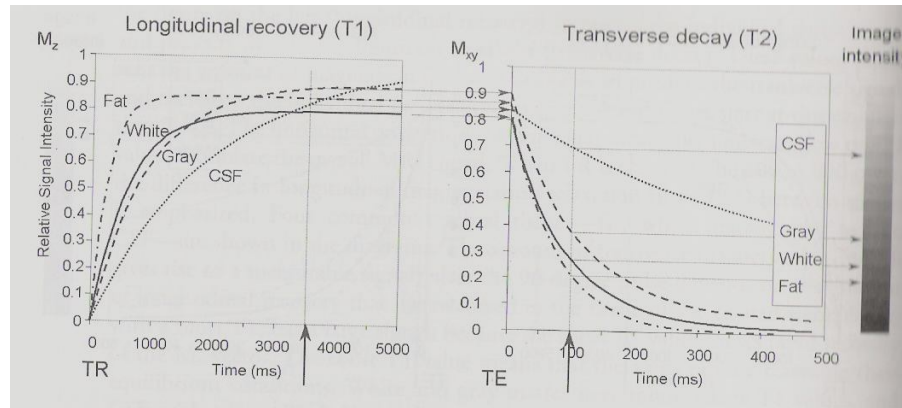
kontrol eder. Sinyali dinleme süremiz (TE) de dokular arasındaki sinyal bitiş süresindeki farklılığı kontrol eder. Bu şekilde TR ve TE sürelerini ayarlayarak oluşturduğumuz görüntü elde etme protokollerine **puls sekansları** adı verilir

- Özetimizi su ve beyin dokusunun kontrastının uygulanan puls sekanslarına göre nasıl değiştiğini örnekleyerek bitirelim. Suyun T1 ve T2 değerleri beyin dokusundan belirgin şekilde uzundur. İlk protokolümüzde TR ve TE değerlerimiz kısa olsun (ör: TR=500 msn, TE=15 msn). T1 değeri uzun olan su protonları bu süre içerisinde geri dönemezler, dolayısıyla ikinci RF atımında x-y düzlemine yatırılacak proton bulunamaz. Proton olmadığı için de sinyal üretilmez. Su siyah görülür. Beyin dokusunun protonları ise bu süre içerisinde geriye dönebildikleri için her RF atımında x-y düzlemine yatırılır ve sinyal verirler. TE süresi kısa olduğu için sinyal bitiş süreleri arasında bir farklılık olmayacak, görüntünün kontrastı tümüyle T1 farklılıkları ile oluşturulacaktır (T1 ağırlıklı görüntüler) (Şekil 12).



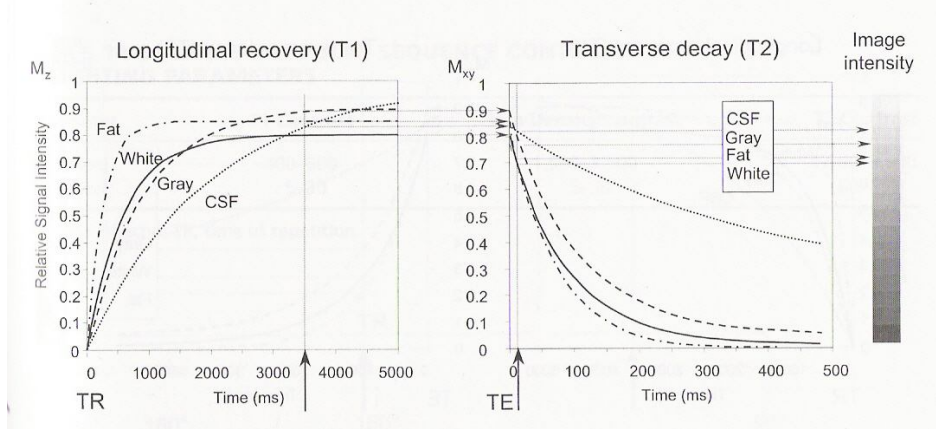
Şekil 12. SE görüntülemeye T1 ağırlıklı görüntü elde ettiğimiz puls sekansı

İkinci görüntüleme protokolümüzde TR ve TE değerlerimizi uzatalım. TR değerimiz 2000 msn, TE değerimiz 90 msn olsun. Beyin dokusu ve su protonları yani tüm protonlar eski hallerine dönmek için zaman bulacaklardır. Bu durumu dokular arasında T1 farklılığının sinyal üzerinde farklılık yaratacak bir etkisi olmaz. Buna karşılık TE değeri uzun olduğu için (sinyali geç dinlediğimizden) sinyali erken biten dokulardan sinyal alınamaz, buna karşılık T2 değeri uzun olan, yani sinyali geç biten dokular yüksek sinyal vereceklerdir. Su parlak görülür. Bu nedenle bu sekansta kontrastı belirleyen T2 farklılığıdır (T2 ağırlıklı görüntüler) (Şekil 13).



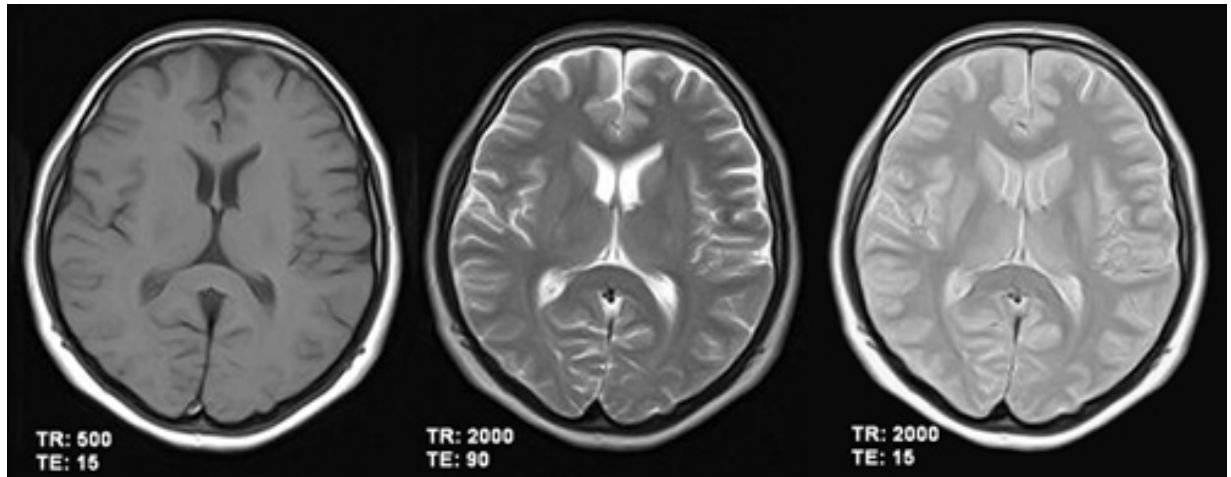
Şekil 13. SE görüntülemeye T2 ağırlıklı görüntü elde ettiğimiz puls sekansı

Şimdi TR değerini değiştirmeyelim (2000 msn), TE değeri kısa olsun (15 msn). Bu durumda dokular arasındaki kontrast T1 ve T2 değerlerine bağlı değildir, doğrudan proton yoğunluğu ile belirlenir (proton ağırlıklı görüntüler) (Şekil 14).



Şekil 14. SE görüntülemesinde proton ağırlıklı görüntü elde ettiğimiz puls sekansı

T₁ ağırlıklı görüntülerde su (BOS) siyah, T₂ ağırlıklı görüntülerde beyaz, proton ağırlıklı görüntülerde ise gri tonlarda görülür (Resim 34). T₁ ağırlıklı görüntüler anatomiye, T₂ ağırlıklı görüntüler ise patolojiyi iyi gösterir. Az sayıda kullanım alanı olan proton ağırlıklı görüntüler standart incelemelerden kaldırılmıştır.



Resim 34. T₁, T₂ ve Proton ağırlıklı MR görüntüleri

Ayrabildiği dokular

MR' nin diğer tanı yöntemlerinden bir üstünlüğü de doku kontrastının birden fazla görüntüyle zenginleştirilmesidir. Bu özelliğinden dolayı MR yumuşak dokuları ayrıntılı biçimde görüntüleyebilmektedir.

MR görüntülerinde beyaza yakın alanlar *hiperintens* ya da yüksek sinyal veya yüksek intensite, siyaha yakın kesimler ise *hipointens* ya da düşük sinyal veya düşük intensite olarak isimlendirilir. Eşit intensitedeki kesimler için *izointens* terimi kullanılır.

MR’de kompakt kemik ve hava sinyalsizdir, her görüntüde siyah görülür. Ancak kemik iliği yetişkinde yağla dolu olduğu için korteks dışında kemikler açık gri tonlarda görülürler. Bebeklerde olduğu gibi, kemik iliği hiperplazisi olan durumlarda da kemik iliğindeki yağ intensitesi T₁ ağırlıklı kesitlerde hipointensiteye dönüşür.

Tendonlar, bağlar, menisküsler hipointens görünür. Kaslar, karaciğer, dalak, böbrek gibi parankimal organlar ara intensitedir.

Beyinde T₁ ağırlıklı görüntülerde beyaz cevher hiperintens, gri cevher hipointens, T₂ ağırlıklı görüntülerde ise tersine beyaz cevher koyu, gri cevher açık gri tonlarda görülür.

Lezyonlar (tümör ya da enflamasyon) genel olarak T₁ ağırlıklı görüntülerde hipointens, T₂ ağırlıklı görüntülerde ise hiperintensdir. Bunun nedeni lezyonlarda su içeriğinin artmış olmasıdır. Az sayıda doku veya lezyon T₁ ağırlıklı görüntülerde hiperintensdir ve bu özellikleri radyolojik tanı açısından büyük değer taşır. Belli başlı dokuların MR görüntülerindeki sinyal intensiteleri Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. MR görüntülerinde dokuların gri tonları

Dokular	T ₁ A	T ₂ A
- Hava - Kompakt kemik - Menisküs-tendon-bağlar - Matür fibrozis	Çok siyah	Çok siyah
- Yağ -Geç subakut kanama (methemoglobin) - Ferromanyetik katyonlar (melanin) - Gd-DTPA - Protein içeriği yüksek sıvı - Yavaş akım	Çok beyaz	Beyaz/gri-beyaz Çok beyaz Koyu gri Koyu gri Beyaz Beyaz
- Beyaz cevher - Karaciğer-pankreas	Açık gri	Koyu gri
- Gri cevher - Dalak	Koyu gri	Açık gri
- Kas	Koyu gri	Koyu gri

Kontrast madde kullanımı

MR incelemelerinde kontrast madde olarak en sık Gadolinium DTPA (Gd-DTPA) kullanılır. Gd-DTPA oturduğu dokuların T₁ değerlerini belirgin biçimde kısaltır; bu nedenle sadece T₁ ağırlıklı görüntülerde kullanılır. Kontrast tutan kesimler hiperintens görünürler. Gd-DTPA’ya karşı istenmeyen reaksiyonlar iyotlu kontrast maddelere kıyasla çok nadirdir ve daha hafif derecededir.

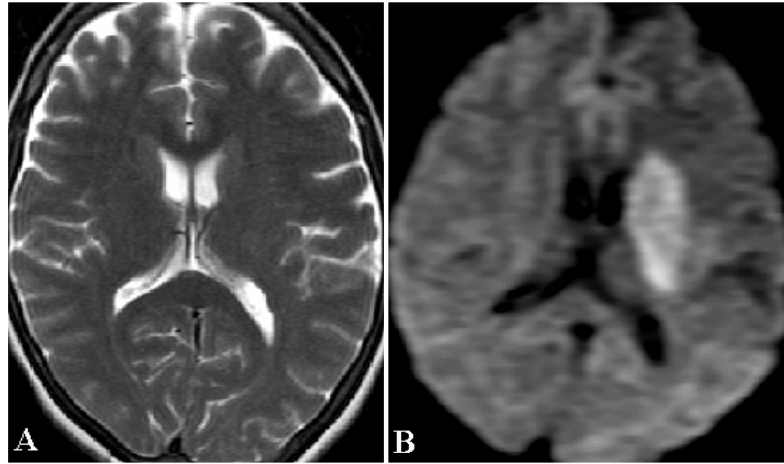
İnceleme yöntemleri

Temel inceleme yöntemi kesit görüntülerdir. Resim ‘da gördüğünüz resimler **spin eko** (SE) görüntüleridir. SE görüntüleme MR’nin ana görüntüleme yöntemidir. Ancak inceleme süresi oldukça uzundur. SE tekniğinde tüm hızlandırma çabalarına rağmen, sadece bir plandaki T₁ veya T₂ ağırlıklı beyin görüntüleme yaklaşık 3.5 dakika sürmektedir. Bir düzlemdeki görüntülerin çoğu aynı anda elde edildiği için, çekim sırasında hastanın hareket etmesi tüm

kesitlerin bozulmasına neden olur. Bu durum MR' yi harekete çok duyarlı bir yöntem haline getirmiştir.

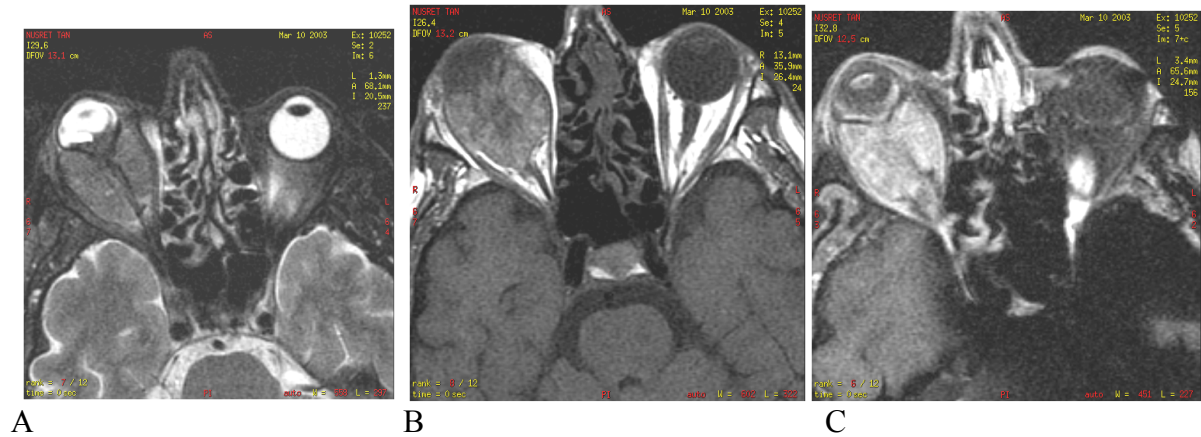
Bu sorunu çözmek için daha hızlı görüntü alabilen yeni teknikler geliştirilmiştir. **Gradyent eko (GRE)** başlığı altında toplanan, bir dizi çekim tekniğiyle görüntü elde etme süresi saniyelere düşürülmüştür. Bu sayede vücudun blok şeklinde bir vücut parçası görüntülenebilir. Ancak hıza karşılık görüntülerde veri kaybı olabilir.

Hızlı görüntülemeye son aşama **ekoplanar görüntülemeye (EPI)**. Bu yöntemde görüntü elde etme süresi milisaniyelere düşmüştür. Bu sayede dokuların **perfüzyonu** değerlendirilebilir ve doku **diffüzyonundaki** değişimler görüntülenerek beyinde doku ölümü ilk saatlerde saptanabilir (Resim 35).



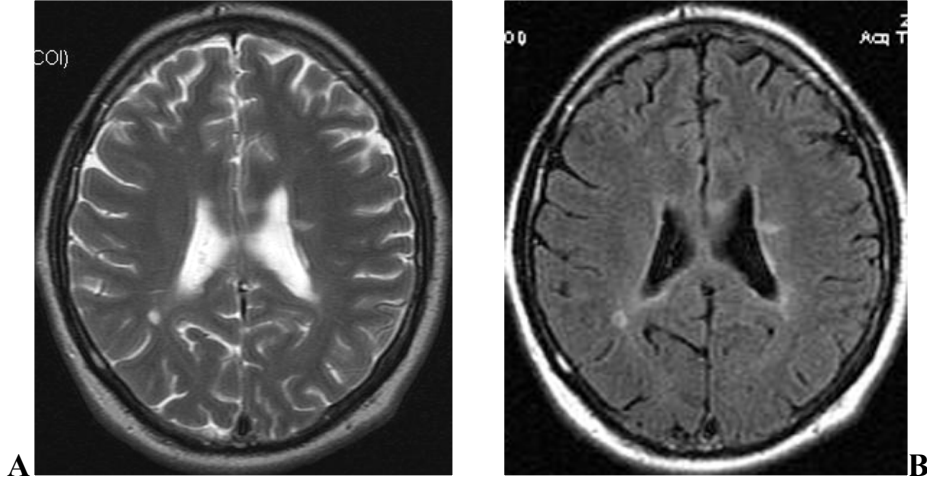
Resim 35. A. T_2 ağırlıklı görüntü normal B. Aynı olgunun derin pariyatalde diffüzyon görüntülerinde infarkt alanı

MR'de yağ dokusu, hem T_1 , hem T_2 ağırlıklı kesitlerde beyaz tonlarda (yüksek sinyalli-hiperintens) görülür. Yağ dokusu içindeki veya komşuluğundaki normal veya anormal hiperintens oluşumlar yağdan gelen yüksek sinyal tarafından örtülür. Bu sorun görüntüdeki doku kontrastını değiştirmeden, yağdan gelen sinyaller yok edilerek çözülebilir. **Yağ baskılama** adı verilen bu yöntem kemik iliği gibi yağlı dokulardaki lezyonları daha iyi göstermek ve tanı için gerekli olduğu durumlarda yağ dokusunun varlığını araştırmak amacıyla kullanılır. Yağ baskılama ile birlikte kontrast madde kullanılması lezyonun saptanma olasılığını artırır (Resim 36).



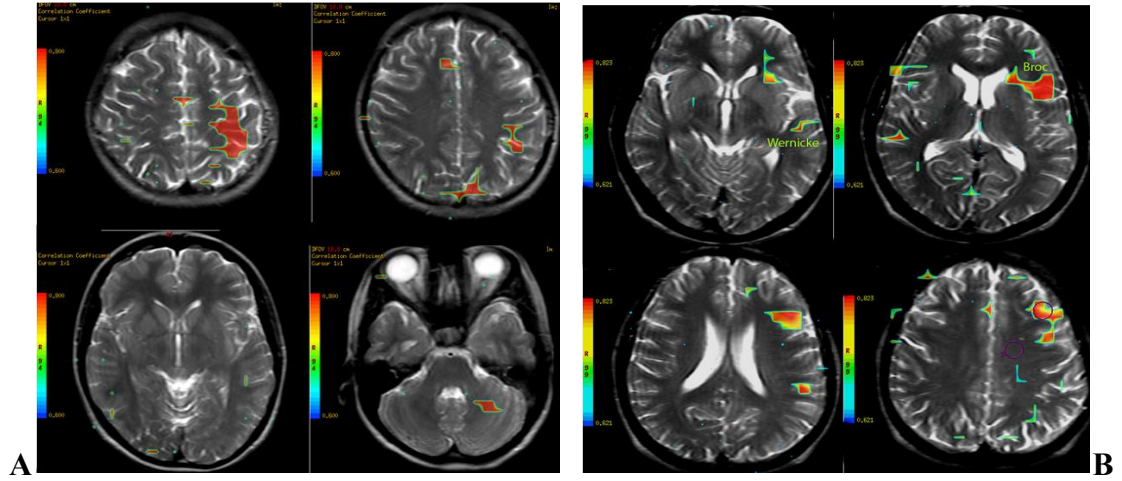
Resim 36. Sağ retrobulber kitle A. T_1 ağırlıklı görüntü B. Yağ supresiyonlu T_2 ağırlıklı görüntü C. Yağ baskılamalı, kontrastlı T_1 ağırlıklı görüntü. Resim A ile karşılaştırıldığında sol retrobulber yağın suprese olduğu görülüyor.

Lezyonlar T_2 ağırlıklı görüntülerde daha iyi görünürler ve genellikle çevrelerinden daha parlak tonlardadır. Beyindeki, sıvı ile dolu ventriküllere komşu lezyonlar, T_2 ağırlıklı görüntülerde sıvının beyazlığı ile karışabilir. Çözüm bu sekansta sudan gelen sinyalleri silmektir. Yağ baskılama benzeri BOS'dan gelen sinyallerin baskılandığı T_2 ağırlıklı görüntülerden oluşan bu yöntem **siyah sıvı** tekniği adı verilir (Resim 37).



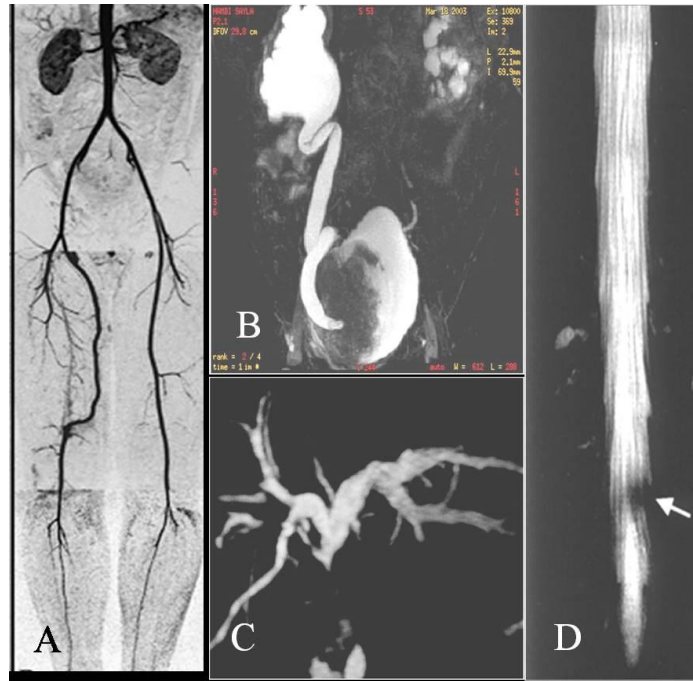
Resim 37. Periventriküler multiple skleroz plakları A. T_2 ağırlıklı görüntüsü. B. Siyah sıvı tekniği ile elde edilen görüntü. Sudan gelen sinyaller baskılanmış.

Ekoplanar görüntüleme sayesinde beyin **fonksiyonel görüntüleri** de elde edilebilir. Bu görüntülerde oksijen sarfına dayanarak motor ve sensoriyal korteks alanları belirlenir (Resim 38). Bu amaçla inceleme sırasında hastadan el ve ayaklarını hareket ettirmesi istenir ve hasta konuşturulur. Koruyucu cerrahi uygulamaya olanak veren bu yöntem sayesinde ameliyat a bağlı hasarlanmalar önemli ölçüde azalır.



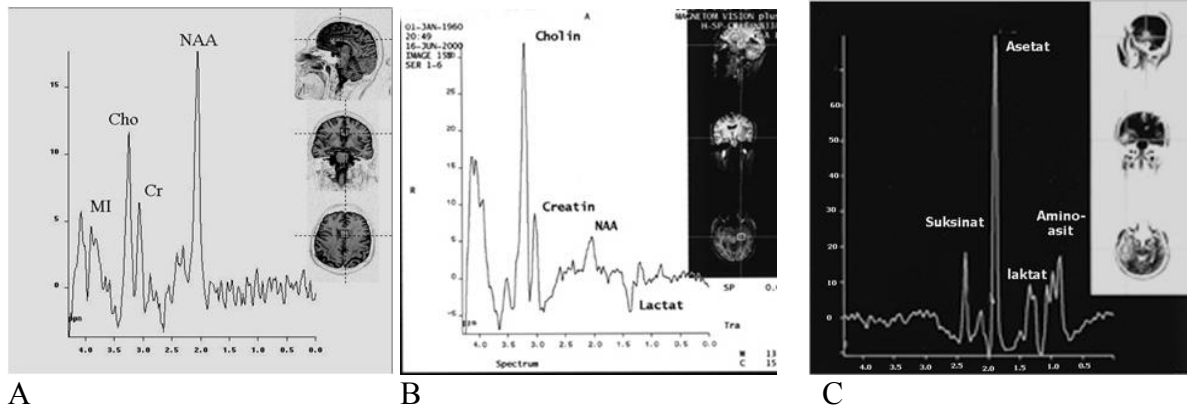
Resim 38. Beyinde fonksiyonel görüntüler. A. Sensorimotor merkezler B. Dil merkezleri

MR sisteminin çok güçlü bilgisayarlara sahip olması, BT’de olduğu gibi görüntü kalitesi çok yüksek üç boyutlu reformasyonlar yapabilmemizi sağlar. Bu olanaktan yararlanarak **MR-anjiyografi**, **MR-kolesistografi**, **MR-ürografi**, **MR-miyelografi** yapılabilir (Resim39). Görüntüleri elde ederken kontrast madde kullanılmaması önemli bir avantajdır.



Resim 39. A. MR-anjiyografi, B. MR-ürografi, C. MR-kolanjiografi, D. MR-miyelografi

MR yönteminin en ilginç uygulamalarından biri de **MR spektroskopidir (MRS)**. MRS’de bir lezyon ya da bölgede, işaretlenen hacimdeki N-asetilaspartat (NAA), kolin içeren bileşikler (Cho), kreatin (Cr), ölçülerek tümör/abse, tümör/enfarkt ayrımı kolayca yapılabilir, birtür sara nöbetinde neden saptanabilir. (Resim 40).



Resim 40. MRS A. Normal B. Tümör C. Abse

Bu kısa açıklamalardan anlaşılıyor ki MR standart bir görüntüleme yönteminden daha çok, klinik soruna göre çok değişik alternatifleri olan bir tanı yöntemidir. BT ile karşılaştırsak, BT incelemesi hastaya bir konfeksiyon elbise seçerek giydirmekse, MR incelemesi ölçü olarak yeni bir elbise dikmektir. Bu nedenle, uygun çekim yöntemini seçebilmek için, MR incelemesi istenirken hastaya ait tüm klinik ve laboratuvar verileri, incelemeyi yapacak radyoloji uzmanına aktarılmalıdır.

Güçlü ve zayıf yanları

Güçlü yanları:

- İyonizan ışın kullanılmaması,
- Hastanın pozisyonu değiştirilmeden istenilen her düzlemde görüntü alınması,
- Yumuşak doku ayırt etme gücünün yüksek olması,
- Kemik sinyalsiz olduğundan, kemiğe komşu yapıların çok iyi incelenmesi (kafa tabanı, beyin sapı, spinal kord, eklemler),
- Kan akımının kontrastsız görüntülenebilmesi,
- Kontrast maddesinin, iyotlu kontrast maddelerden daha emniyetli olması,

Zayıf yanları:

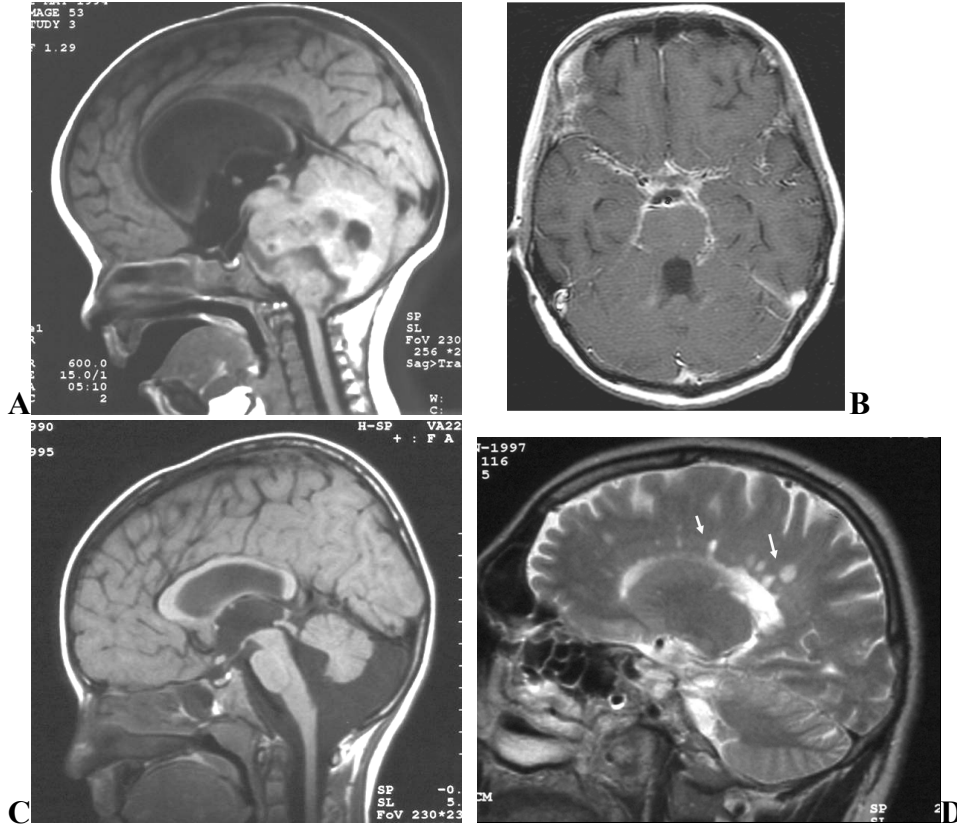
- Kalsiyumun ve akut dönemdeki subaraknoid kanamanın, rutin incelemelerde iyi görüntülenememesi,
- Akciğer parankim hastalıklarının görüntülenememesi
- Görüntüleme zamanının uzunluğu nedeniyle harekete çok duyarlı olması (teknolojik ilerleme görüntüleme süresini kısaltarak bu dezavantajı ortadan kaldırmaktadır),
- Harekete duyarlılık nedeniyle iletişim kurulamayan ve bir çok ağıza bağlı hastaların ağız tüneli içine girememesi nedeniyle incelenememesi,
- Hasta güçlü manyetik alana yerleştirildiği için kardiyak “pacemaker” benzeri cihaz taşıyanların ve manyetik materyallerden yapılmış protez ve klip taşıyanların incelenememesi,
- Kloströfobili olguların (%2-5) incelenememesi (açık MR ile incelenebilirler),
- Kuruluş ve işletme giderlerinin, dolayısıyla inceleme fiyatının yüksek olması,

Klinikteki yeri

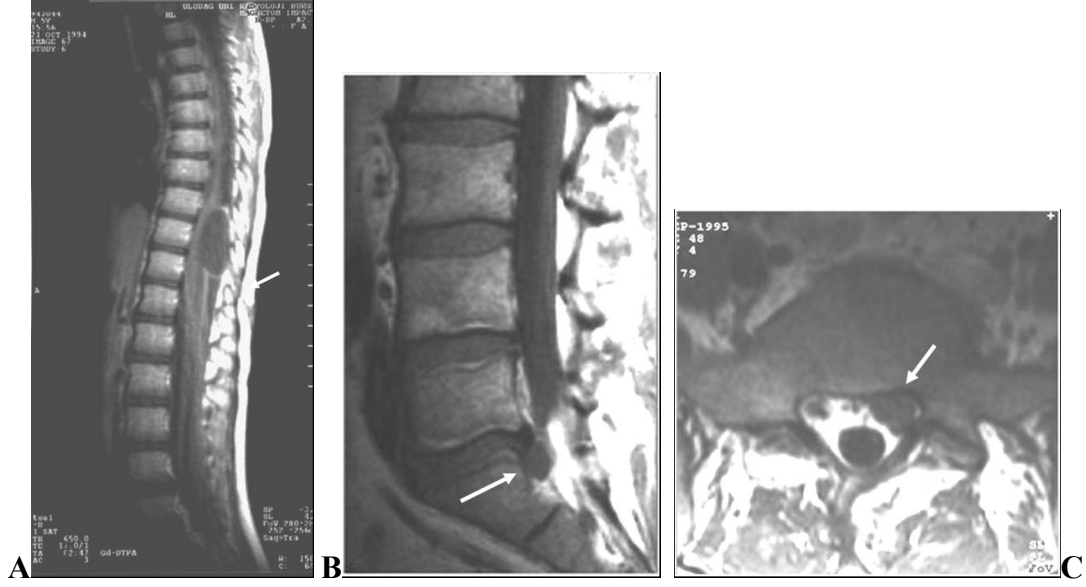
İyonizan ışın olmaması ve yumuşak dokuları en ayrıntılı görüntüleyen yöntem olması nedeniyle MR, birçok alanda temel tanı yöntemi konumuna gelmiştir. Günümüzde bir MR ünitesinin günlük hastasının yaklaşık %70’ini nöroradyolojik incelemeler, %20’sini spor

hekimliğı başta olmak üzere iskelet- kas-yumuşak doku incelemeleri, geriye kalanını da karın ve mediasten incelemeleri oluşturmaktadır. MR'nin klinikteki yerini şu şekilde özetleyebiliriz:

Merkezi sinir sisteminin temel tanı yöntemidir. Kalsifikasyon ve akut subaraknoid kanama dışındaki tüm merkezi sinir sistemi hastalıklarının tanısında öncelikli olarak kullanılır(Resim 41). Miyelografi gibi invaziv bir çok yöntem yerini MR'ye bırakmıştır. Omurilik lezyonlarında tartışmasız temel yöntemdir (Resim 42).

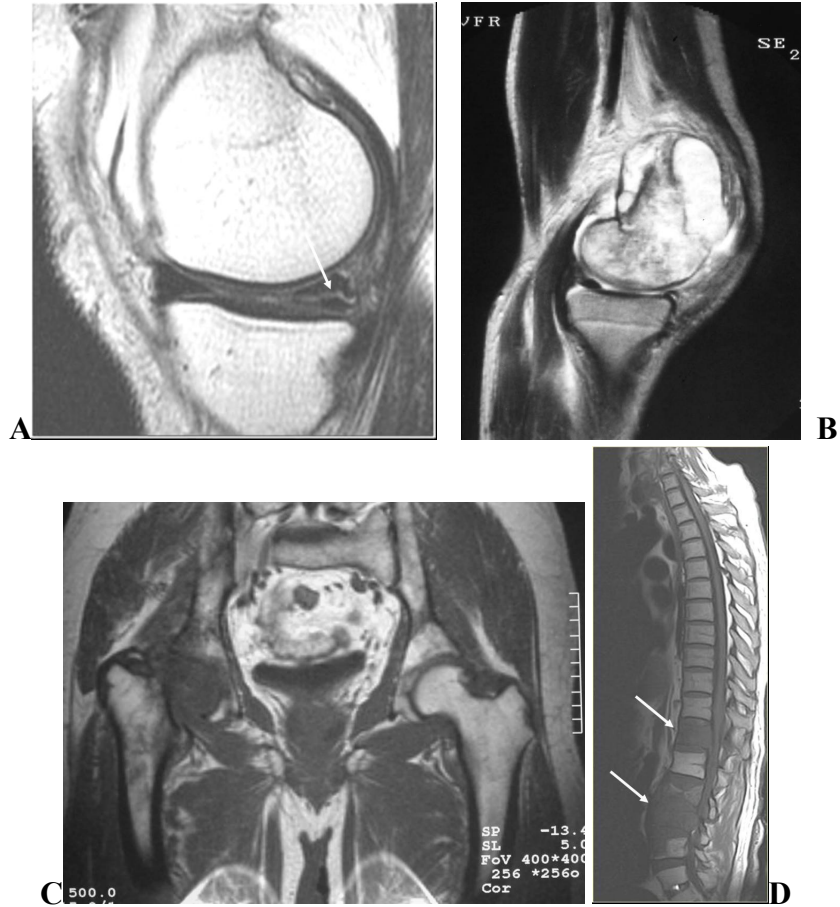


Resim 41. A. Posterior fossa tümörü (oklar) B. TB menenjit: Kontrastlı T₁ ağırlıklı kesit. Bazal sisternalarda yoğun kontrast tutulumu C. Dandy-Walker kisti. Posterior fossa büyük, BOS dolu. Serebellum küçük D. Beyaz cevher hastalığı (MS) (oklar)



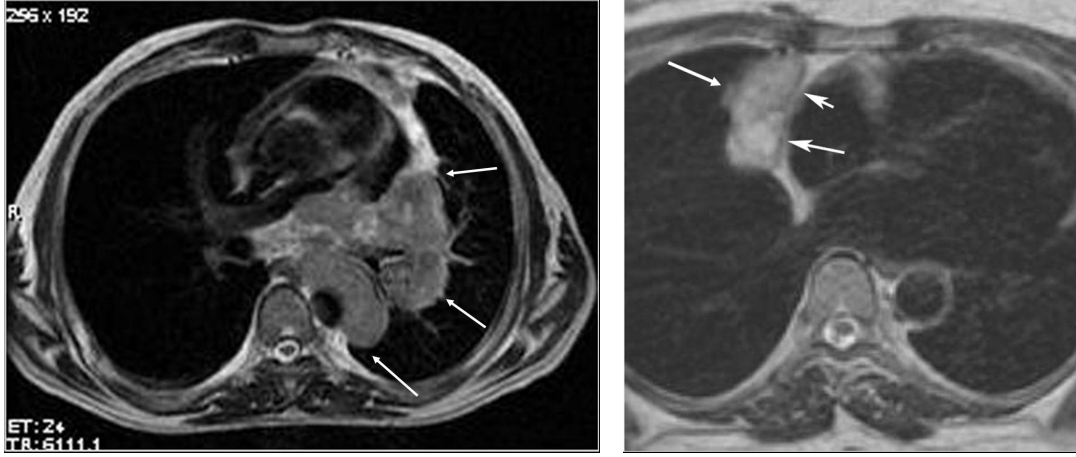
Resim 42. A. Dermal sinüs, medulla spinalisteki gelişimsel bir tümöral yapıya (dermoid?) uzanıyor. B.ve C. L₅-S₁ disk hernisi (oklar)

Kas-iskelet sisteminde,kemikle bağlantılı ve eklem içi ve çevresindeki tüm yumuşak dokular(tendon, bağ, kıkırdak, menisküs vb.) en ayrıntılı şekilde MR ile gösterilir. MR, kemik iliğini değerlendirmede ve yumuşak doku kitlelerinde değerli bilgiler verir (Resim 43). Kemik tümörlerinin yaygınlığı en iyi MR ile saptanır.



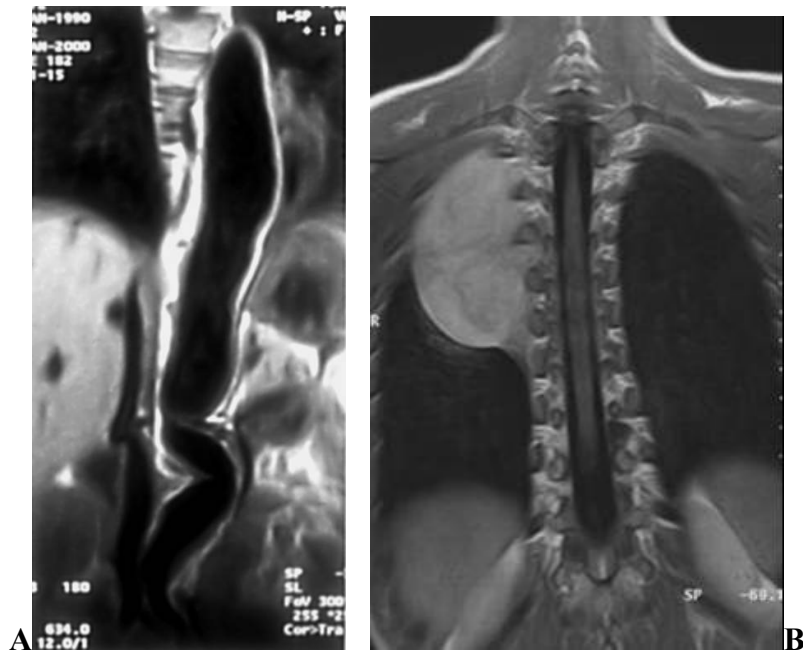
Resim 43. A. Menisküs yırtığı (oklar) B. Kemik tümörü C.Sağ femur başında aseptik nekroz D. Vertebralarda metastaz (oklar)

Akciğerler hava ile dolu olduğu için MR incelemesine uygun bir yapı değildir. Ancak akciğerdeki kitle lezyonlarının çevre işgalleri (kalp zarı, büyük damarlar, göğüs duvarı, diyafragma gibi) MR ile BT'den daha iyi gösterilir (Resim 44).



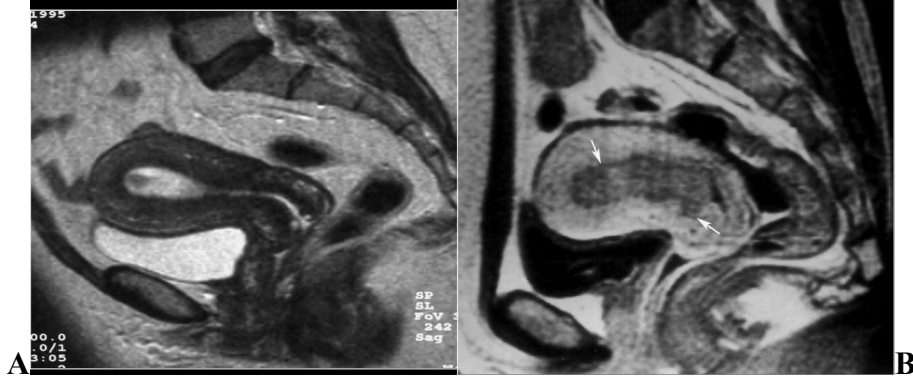
Resim 44. A. Sol hiler kitle. Aort ve perikard invaze (oklar) B. Sağ parakardiakta kitle perikart invazyonu (oklar)

Mediastendeki büyük damarlar kontrast madde verilmeden çok iyi görüntülenir (Resim 45). Arka mediastendeki nörojenik tümörlerin medüller kanalla ilişkisini en iyi gösteren yöntem MR'dir.



Resim 45. A. Takayaşu aortitine bağlı aortada anevrizmatik genişleme B. Posterior mediasten tümörü

Rahimdeki tabakaların (endometrium-miyometrium) ayırımı en iyi MR ile yapılır. Dolayısıyla rahim kanserlerinin evrenlenmesinde, MR tercih edilir (Resim 46). Kanserın karaciğer yayılımının saptanmasında en duyarlı tanı yöntemidir. MR, karında gittikçe daha çok olguda BT'nin yerini almaktadır.



Resim 46. A. Normal uterus (T_2 ağırlıklı kesit) B. Miyometriyal invazyon (oklar) (T_1 ağırlıklı kesit)

Eski yara dokusu (fibrozis) MR'de daima hipointenstir. Bu özellik sayesinde ışın tedavisi alan olgularda lezyonun bulunduğu bölgede ortaya çıkan bir oluşumun fibrozis veya lezon olup olmadığı ayırımı yapılabilir. Lezyon T_2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens görünür. İzlemde saptanan kitle, T_1 ve T_2 ağırlıklı kesitlerde hipointens görülüyorsa fibrozis kabul edilir, böylece hastaya gereksiz biyopsi yapılması önlenmiş olur.

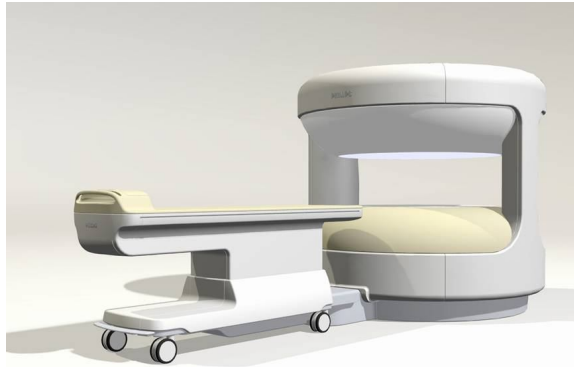
Zararlı etkileri

MR'nin bilinen zararlı bir etkisi yoktur. Kontrast maddesinin de allerjik etkileri iyotlu kontrast maddelere göre yok denecek kadar az ve hafiftir.

En önemli sorunu, güçlü manyetik alanı nedeniyle kardiyak “pacemaker”, nörostimulatör, koklear implant, göz içindeki manyetik yabancı cisimler ve eski ferromanyetik intrakraniyal anevrizma kliplerinin varlığında incelemenin yapılamamasıdır. Klostrofobili hastalar da MR cihazının tüneline giremezler.

Klostrofobili kişilerde sedasyon, bazen de anestezi gerekebilir. Ancak bu sorun kapalı tüneli olmayan **açık ("open") MR** ile de çözülebilir (Resim 47). Bu aygıtların gücü düşüktür; dolayısıyla inceleme süreleri güçlü aygıtlara göre daha uzundur. MR spektroskopisi yapamazlar; ancak görüntü kalitesinde önemli bir fark yoktur.

MR'nin harekete çok duyarlı olması nedeniyle küçük çocuklarda anestezi verilmesi gerekir. Bu durumda anestezinin riski de hesap edilmelidir.



Resim 47. Açık ("open") MR