

# TRD MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME GÜVENLİK KILAVUZU

## AMAÇ:

Manyetik Rezonans görüntüleme (MRG), insan vücudundaki dokuların detaylı görüntülenmesinde kullanılan ve iyonizan radyasyon içermeyen bir görüntüleme yöntemidir. MR görüntüleme, bazı güvenlik kurallarına uyulduğu ve gerekli önlem alındığı takdirde hastada bilinen bir risk oluşturmaz. Ancak gerekli güvenlik kurallarına dikkat edilmez ise hastada ciddi yaralanmalara ve ölümlere kadar varabilen ciddi risklere neden olabilir. Bu kılavuz ile MRG ile çalışan profesyoneller ve hastaların bilgilendirilmesi ve güvenli çalışma ortamı oluşturulması hedeflenmiştir.

## TEMEL BİLGİLER:

MRG'de hastalar üç farklı manyetik alandan etkilenir;

1. Statik manyetik alan
2. Gradient manyetik alan
3. Radyofrekans (RF) enerji

### 1. Statik manyetik alan:

MRG cihazında, magnet ünitesinin bulunduğu bölümün etrafında bir manyetik alan bulunur. *Manyetik etki alanı (fringe field)* olarak adlandırılan bu bölge, çekim etkisini oluşturur. Manyetik etki alanı, MRG cihazının etrafında üç boyutlu olarak devamlı bulunan statik manyetik alan olarak da isimlendirilir. Burası magnetin merkezinden 5 Gauss ya da 0.5 mT manyetik çekim gücüne kadar azalarak devam eden ve kırmızı bir çizgi ile sınırlanan etki alanıdır. Bu alan içerisindeki tüm ferromanyetik maddeler, MRG cihazları tarafından hızlı bir şekilde çekilebilecek özelliğe sahiptir. Günümüzde kullanılan MR cihazlarının oluşturduğu statik manyetik alan, dünyanın manyetik alanından 30-60 bin kat daha güçlüdür. Bunun en önemli etkisi ferromanyetik (mıknatıstan etkilenen) maddeler üzerindeki çekim kuvvetidir.

MRG'de unutulmaması gereken en önemli konu, cihaz kapalı olsa bile statik manyetik alanın sürekli olarak ortamda bulunduğudır. Bu nedenle, MRG içinde hasta olmasa ve cihaz çalışmasa bile, gerekli güvenlik önlemlerinin uygulanması gerektiği, mesai saatleri içinde ve dışında, her an akılda tutulmalı ve tam olarak uygulanmalıdır.

Statik manyetik alanın en önemli etkisi, kuvvetli manyetik alanın oluşturduğu güçlü çekim ya da fırlatma etkisi (*missile ya da projektile etki*) ve buna bağlı oluşabilecek yaralanmalardır. Bu yaralanmalar bazen ölüme neden olabilecek kadar şiddetli olabilir. Gerekli önlemler alınmaz ise, MR ortamında bulunan oksijen tüpleri, hastane sandalyesi, sandalyeleri gibi MRG için güvenli olmayan metalik malzemeler önemli yaralanmalara neden olabilmektedir. Hasta vücudunda bulunan ferromanyetik malzemeler ve implantlarda ciddi yaralanmalar oluşturabilir.

Ayrıca bu malzemelerin MRG cihazına hızla çarpması da MR sistemlerine zarar vererek ciddi ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Bu tür kaza durumlarında, MR sistemlerinde sıklıkla kullanılan süperiletken mıknatısına bağlı statik alanı sonlandırmak için Quench işleminin yapılması (Helyumun boşaltılması) gerekebilmektedir. Quench işlemi çok pahalıya mal olmakla beraber ciddi yaralanmalarda ve yangın gibi acil durumlarda yapılması gereken bir müdahaledir.

MR ünitelerinde oluşan kazaların çok büyük bölümü bu ortama sokulmaması gereken ve MR'ın güçlü manyetik etkisinden etkilenen malzeme ve araçlar nedeni ile olmaktadır. Bunların başında MR uyumlu olmayan hasta sandalyesi, sandalyesi ve karyoları, oksijen tüpleri, hasta monitörleri, temizlik elemanlarının kullandığı bazı malzemeler ve hastaların yanlarında taşıdıkları metal malzemelerinin de hatırlanması gerekir.

Güçlü çekim ya da fırlatma etkisine bağlı kazaları önlemek için aşağıda vurgulanan uygulamalara

dikkat edilmelidir:

- Başta radyoloji personeli olmak üzere MR ortamında çalışma olasılığı bulunan tüm personel bu konuda eğitimden geçmeli ve bu eğitimler yıllık olarak tekrar edilmelidir,
- MR güvenlik kılavuzları ve prosedürleri çalışanlar tarafından gözden geçirilmelidir,
- Statik manyetik alanın, MRG cihazı kapalı olsa bile sürekli aktif olduğu unutulmamalıdır,
- MRG cihazına alınmadan önce tüm hastalar, varsa hasta ile beraber odaya girme olasılığı bulunan hasta yakınları ve hastane personeli MRG Hazırlık Formu (Ek A) doldurmalıdır
- Ferromanyetik objelerin MR cihazının bulunduğu ortama girmesine kesinlikle izin verilmemelidir,
- Metalik malzemeler dışında, saatler, cep telefonları, işitme cihazları, takılar ve benzeri metalik malzeme ile banka kartları kredi kartları da işlev bozukluğu gösterebilecekleri için MRG odasına girmeden çıkarılmalı, hastalar özel hastane önlüklerini giydikten sonra MRG odasına alınmalıdır

MRG ortamına girişlerin kontrolü aşağıdaki şekilde sağlanmalıdır:

- MR cihazına girecek kişiler, hastalar ve diğer personel MRG konusunda standart güvenlik eğitimi alan personel tarafından kontrol edilmelidir.
- MRG cihazında kapıların sürekli kapalı olması sağlanmalıdır.
- MRG ortamına girilen yerlerde yapılması gerekenleri açıkça gösteren uyarı işaretleri ve yazılar bulunmalıdır.
- Faaliyetin yoğun ve kontrolün güç olduğu durumlarda, gerekirse MRG ortamına girilmeden önce özel detektörlerle hasta ve yakınlarının üzerindeki metalik malzemelerin bulunmasına yönelik kontrol sağlanmalı.
- Kademeli MR güvenlik bölgeleri hasta ve yakınları ile diğer personelin MRG alanına alınması sırasında kontrollerin yapılması amacıyla kullanılmalıdır.

Hastanelerde MRG cihazının bulunduğu alanlarda, güvenlik bölgeleri MRG cihazının uzaklığına göre 4 kademeye ayrılmalıdır.

*Bölge 1* (Hasta bekleme alanı): MR manyetik alanına uzak bölge olup buna bağlı herhangi bir zarar meydana gelmez. Binadaki herkesin kolayca girip çıkabildiği bir alandır. MRG çalışma alanına giriş bölümü olabilir. Halka açık ve kontrol uygulanmayan bir alandır.

*Bölge 2* (İşlem öncesi hazırlık alanı): MRG personelinin kontrolünde olan hastalar bu alanda bulunur. Burada genellikle müracaat odası, kayıt ve formların doldurulduğu oda ve giyinme odası bulunabilir.

*Bölge 3* (Kontrollü alan): Hastalar MR personeli tarafından bu alana alınır. Halka ve MR personeli dışındaki hastane personeline kısıtlı bir alan olmalıdır.

*Bölge 4* (MR inceleme odası): MRG cihazının yani statik manyetik alanın olduğu bölgedir. Bu alan, içinde 5 Gauss ya da 0.5 mT line bulunan manyetik etki alanıdır. Bu 5 Gauss çizgisi, ferromanyetik implantları ve kalp pilini de etkileyen alandır.

## **2. Gradient manyetik alan:**

Gradient sarmallar vücuttaki protonları hareket geçirmek için çok kısa olarak açılan ve kapanan sistemlerdir. Yani zaman içinde ani değişen manyetik alanlar oluşturur. Bu, hızla değişen manyetik alanlar iletken cihazlarda elektrik akımına neden olabilir. Gradient çalışması esnasında hastada periferik sinirlerde uyarılmaya neden olabilir.

Gradient sarmalın diğer biyoetkisi gürültüdür. Yüksek gürültüye bağlı hastalarda *işitme kaybı* olma riski nedeni ile MR cihazlarına girmeden önce hastalar kulaklık veya diğer koruma malzemeleri kullanılmalıdır. Ayrıca bazı çocuk ya da klostrofobik hastaların yanında bulunan kişiler de benzer şekilde gürültüden koruyucu kulaklık kullanılmalıdır.

### 3. Radyofrekans (RF) enerji:

RF enerji hasta vücudundaki protonları uyarır. Buna bağlı olarak dokularda ısınma meydana gelebilir. RF enerjisinin hastada abzorsiyonunu SAR (spesifik absorpsiyon rate) ile hesaplanır. Birimi watt/kg'dır.

RF enerjisinin dokudaki depozisyonu; RF frekansı tipi, tekrarlama zamanı, RF sarmalın tipi, dokunun özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. MRG cihazı içindeki hastanın ısı da ortamdaki ısıya ve neme bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. RF enerjisinin dokulardaki etkisine bağlı olarak, hafif dereceden ağrıya kadar değişen tipte dokulardayanıklarmeydana gelebilir. Özellikle ısıyı çabuk ileten maddelere, örneğin EKG pabuçlarına bağlı yanıklar oluşabilmektedir.

RF enerjisine bağlı dokulardaki ısınmayı, ısı artışını ve yanıkları önlemek için şu önlemler alınabilir:

- Hasta vücudunun RF sarmalları ile direkt teması önlenmeli, aralara yastıklar koyarak hastanın vücudu sarmallardan uzakta tutulmalıdır.
- Kullanılan sarmallar eğitimli kişilerce kullanılmalı
- Sarmallar ve aksesuarlarının bütünlüğü sık sık kontrol edilmeli
- Hastada bulunan bütün elektrik iletken maddeler çıkarılmalı
- Kullanılan elektrik kablolar hastaya direkt dokunmamalı

### MRG GÜVENLİĞİNİN SAĞLANMASI

#### Hastalar, radyoloji personeli ve diğer kişilerin tetkik öncesi bilgilendirilmesi:

MR odasına girme olasılığı bulunan personel, hasta ve hasta yakınlarının uyulması gereken güvenlik önlemleri konusunda uygun ve ayrıntılı biçimde bilgilendirilmeleri gerekir. Genellikle kazalar bu bilgilendirmenin uygun yapılmamasından kaynaklanır.

Bilgilendirme ve hazırlık MR güvenliği konusunda uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmelidir. Ayrıntılı bilgilendirme sonrası onam alınması da sağlanmalıdır.

Kimlere MR görüntüleme bilgilendirmesi yapılmalıdır?

MR ortamına girecek tüm kişiler MR hazırlık formu doldurulmalıdır. Bu kişiler:

- Radyologlar,
- MR teknisyenleri,
- MR'da çalışan radyoloji personeli,
- Hastalar
- Hastanede çalışan personel, hasta bakıcılar, tamir ve temizlik işlerine bakan personel,
- Hasta yakınları,
- Araştırmalara katılan kişiler,
- Özel durumlarda MR odasına girme olasılığı bulunan güvenlik görevlileri, polisler, itfaiye gibi kişiler

*Ekte hastalar için (ek A) ve hasta dışı kişiler için (ek B) hazırlanmış olan hazırlık formu örnekleri verilmiştir.*

Hastanın MR'a alınmasında yetkili kişiler kimlerdir?

- Radyolog
- MR teknisyeni
- MR hemşiresi

Bunlar içerisinde radyoloğun görevi önemlidir. Güvenlik konusunda en son kararı verecek kişi olmalıdır.

### **MRG için hastanın sorgulanması ve hazırlık:**

Hasta açısından hayati önemi olan konulardan birisi, hasta vücudunda bulunabilecek ferromanyetik implant ve metal malzemelerdir. Bu malzemeler manyetik alan ile etkileşime girip hareket edebilir. Bu malzemeler MR'ın güçlü çekim alanından etkilenmeyecek şekilde güvenli olsa bile, RF sarmallara yakın olan bu tip malzemeler RF enerjisi nedeniyle önemli derecede ısınmaya ve sonuç olarak hasta cildinde yanıklara neden olabilir. Ayrıca elektrik akımının indüklenmesine, bunun sonucunda elektronik olan araçların ayarlarının bozulması ve uygun çalışmamasına yol açabilir. Metal malzemenin neden olabileceği artefaktlar görüntünün bozulmasına sebep olabilir. Bu implantlar ve malzemeler ile ilgili "mrisafety.com" internet adresinden detaylı bilgi alınabilir. Bu internet sitesinde birçok malzemenin MRG inceleme açısından güvenli olup olmadığına dair bilgi bulunabilir. Hasta vücudunda bulunan implant ve diğer malzeme hakkında bu sitede gerekli bilgi yok ise, hastanın MR'a girmesine izin verilmemelidir.

### **Tıbbi malzemeler MRG güvenliği açısından üç grupta incelenir:**

- 1. MR güvenli olanlar:* MR ortamında herhangi bir zarar oluşturmaz, yeşil renkle gösterilir. Foley sonda, silikon gibi non-metallik, non-manyetik materyaller bu gruptadır.
- 2. Şartlı MR güvenli olanlar:* Belirli, MR ortamlarında herhangi bir zararı yoktur, sarı renkle gösterilir. Bazı kalp pilleri ve protezleri örnek verilebilir.
- 3. MR güvenli olmayanlar:* Bütün MR ortamlarında tehlikelidir, kırmızı renk ile gösterilir. Ferromanyetik özellikteki metallere yapılan materyaller bu grupta yer alır.

İnsan vücuduna yerleştirilen İmplant ve malzemeler MRG güvenliği yönünden 2 gruba ayrılır.

1. Pasif malzemeler (Anevrizma klipleri, yapay kalp kapakları, filtreler, stentler vs).
2. Aktif malzemeler (Kalp pili, ICD [implantedcardiacdefibrilator], nörostimulation sistemi vs.)

Anevrizma klipleri: Kullanılan malzeme hakkında isim model ve tipi hakkında bilgi edinilmelidir. Klipsi koyan cerrah ve tetkiki yapacak olan radyoloji ünitesi bu konuda sorumludur. Ortopedik implantlar ve protezler genellikle üzerinde ayrı bir etiket olmadığı sürece sorun oluşturmazlar. Eksternalfiksatörlerde ise ciltte yanıklar meydana gelebilir.

*Şartlı MR uyumlu* etiketi olan bazı cihazlar şunlardır; Kemik füzyon sistemleri, programlanabilir infüzyon pompaları, koklearimplantlar, nörosimulation sistemleri, kalp pili/ICD rekorder monitör implantları,

**Aktif implantlarda şartlı olarak MRG uyumu için gerekli olan şartlar;**Statik manyetik alanın gücü, RF'ın frekansı (1,5 TD 64 megahertz, 3 Tesla 120 megahertz), transmit RF koilin tipi, kabul edilebilir SAR seviyeleri.

MR cihazı hasta vücudundaki kalp pili, ICD gibi cihazların jeneratörünün titreşimine veya hareketine, aşırı ısınmaya neden olabilir; geçici ve/veya kalıcı fonksiyonel değişimlere yol açabilir. Elektromanyetik etkileşimle aritmilere neden olabilir. Genellikle kalp pili MRG'de güvenli değildir. Ancak son zamanlarda "şartlı olarak MRG uyumlu kalp pilleri üretilmektedir. Bu hastalara MRG yapılırken, bu malzeme ile ilgili tecrübeli sağlık profesyoneline ihtiyaç vardır. Gerekirse ilgili firmalardan yardım alınmalıdır.

Bazı hastaların inceleme sırasında monitörize edilmesi ve desteklenmesi gerekebilir. Fiziksel ya da mental olarak stabil olmayan hastalar, fizyolojik fonksiyonları sorunlu olan hastalar, iletişim kurulamayan hastalar, bebekler ve çocuklar, oldukça kritik haldeki hastalar veya yüksek riskli hastalar, sedatize hastalar, anestezi hastalar, bazı ilaçlara karşı reaksiyon gösteren hastalar, monitörize edilerek MR cihazında incelenmelidir. Bu incelemeler sırasında kullanılacak olan monitörlerin MR uyumlu olması şarttır.

**Gebelik:** Literatürde MR görüntülemenin fetusa zararı konusunda herhangi bir bilgi olmadığından genellikle gebelikte MR kontraendike değildir. Ancak tetkikin kar-zarar oranına bakılarak gerekli ise işlem gerçekleştirilmelidir.

Kontrast madde Gadolinyum class C olarak geçtiğinden kar-zarar oranına göre gerekirse kullanılmalıdır.

**Kontrast maddeler:** Bulantı, kusma, baş ağrısı, ağrı, kaşıntı, enjeksiyon yerinde soğukluk gibi etkiler görülebilir. Nadiren ağır alerjik reaksiyonlar, ürtiker bronkospazm gelişebilir. Hayat tehdit eden anafilaktik şok görülmesi ise çok daha nadirdir.

Böbrek yetmezliği olgularında *nefrolojik sistemik fibrozis (NSF)* gelişebilir. Bu nedenle hastaların böbrek fonksiyonları inceleme öncesinde biyokimyasal olarak test edilmesi gerekir.

**Kapalı alan korkusu olan (klostrofobik) hastalar:** Bu tür hastalar MRG işlemini tolere edemeyip incelemeyi yarıda bırakabilirler. Geniş gantrisi olan sistemler ve açık MRG sistemleri bu tür hastalarda incelemenin sorunsuz tamamlanmasında yardımcı olabilir.

**Anestezi ve Sedasyon ile MRG:** Çocuklar ve bazı klostrofobik erişkin hastalara MRG sırasında sedasyon veya anestezi gerekebilir. Bu tür hastalarda inceleme genellikle daha uzun olup harekete daha duyarlıdır. İncelemeye alınan hastalara anestezinin riskleri de bildirilmelidir.

#### **Acil durumlarda yapılması gerekenler:**

MRG sistemlerinde ortamda sürekli olarak statik manyetik alan mevcut olduğundan MRG cihazında hastanın durumu kritik hale geldiğinde ya da bir kaza anında veya hasta gantry içerisinde sıkıştığında acil olarak müdahale edilmesi gereklidir. Hastanın hayati riski varsa Quench düğmesine basılması gerekebilir. Quench, MRG sistemindeki Helyumun hızlı bir şekilde boşaltılmasını sağlar. Quench ancak hastanın durumunu kritik haline getiren kazada veya yangın gibi büyük olaylarda uygulanması gereken yöntemdir. Bazen farklı nedenlerde cihaz kendiliğinden Quench oluşturabilir. Bu durumlarda sıvı helyum gaz haline geçeceğinden odanın dışına doğru gaz Helyuma bağlı sis ortaya çıkabilir.

Ayrıca herhangi bir yangın anında, yangın söndürme tüpleri ve diğer ekipman MRG uyumlu olmalıdır. Aksi takdirde manyetik alanın uzağından söndürme işlemi yapılmalıdır.

Acil durumlarda hasta MRG cihazından hemen çıkartılıp bölge 4 dışında ilk yardım yapılmalıdır. Acil durumlarda, bölge güvenlik kılavuzlarına dikkat edilmeli, yardımcı sağlık personeli projektıl yaralanmalara neden olabilecek cihazları MRG ortamına sokmamalıdır.

**Sonuç olarak;** MR inceleme MR güvenlik kılavuzlarında belirtilen esaslara dikkat edildiği takdirde son derece güvenli ve faydalı bir görüntüleme yöntemidir.

#### **Referanslar**

1. www.MRIsafety.com

2. ASTM F2052-00 Standard Test Method for Measurement of Magnetically Induced Displacement Force on Passive Implants in the Magnetic Resonance Environment.

3. Kanal E, Barkovich AJ, Bell C, Borgstede JP, Bradley WG Jr, Froelich JW, Gimbel JR, Gosbee JW, Kuhni-Kaminski E, Larson PA, Lester JW Jr, Nyenhuis J, Schaefer DJ, Sebek EA, Weinreb J, Wilkoff BL, Woods TO, Lucey L, Hernandez D. Expert Panel on MRS. ACR guidance document on MR safe practices: 2013. Journal of magnetic resonance imaging : JMRI. 2013; 37(3):501–530.10.1002/jmri.24011 [PubMed: 23345200]

4. Tsai LL, Grant AK, Mortelet KJ, Kung JW, Smith MP. A Practical Guide to MR Imaging Safety: What Radiologists Need to Know. *Radiographics*. 2015; 35(6):1722–1737. doi:10.1148/rg.2015150108 [PubMed: 26466181]
5. [www.acr.org/Clinical-Resources/Radiology-Safety/MR-Safety](http://www.acr.org/Clinical-Resources/Radiology-Safety/MR-Safety)
6. [https://www.asrt.org/docs/default-source/research/whitepapers/asrt18\\_mrsafetywhitepaper.pdf?sfvrsn=ca0222d0\\_10](https://www.asrt.org/docs/default-source/research/whitepapers/asrt18_mrsafetywhitepaper.pdf?sfvrsn=ca0222d0_10)
7. Sammet S. Magnetic resonance safety. *Abdom Radiol (NY)*. 2016 Mar;41(3):444-51. doi:10.1007/s00261-016-0680-4. Review.
8. [/www.fda.gov/radiation-emitting-products/medical-imaging/mri-magnetic-resonance-imaging](http://www.fda.gov/radiation-emitting-products/medical-imaging/mri-magnetic-resonance-imaging)
9. [www.ismrm.org/mr-safety-links/mr-safety-resources-page/](http://www.ismrm.org/mr-safety-links/mr-safety-resources-page/)