

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ-ULUSLARARASI TIP FAKÜLTESİ

MEDİPOL RADYOLOJİ TEKNİKERLERİ KİŞİ OKULU 4

# MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME GÜVENLİĞİ SEMPOZYUMU



19 Mart 2023



**MEDİPOL**  
**UNV-İSTANBUL**  
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ



## PROGRAM

**09.00-10.30 MODERATÖR: Dr. Irmak DURUR SUBAŞI**

**Manyetik Rezonans Görüntüleme Personeli**

Dr. Abdülkadir EREN - İstanbul Medipol Üniversitesi

**Manyetik Rezonans Zonları**

Dr. Cengiz EROL- İstanbul Medipol Üniversitesi

**Manyetik Rezonans Görüntüleme Tarama-Kontrol-Giyinme**

Dr. Mustafa Orhan NALBANT- İstanbul Bakırköy Dr. Sadi Konuk EAH

**Hastalar ile İlgili Özel Durumlar**

Dr. Mehmet Sait DOĞAN - İstanbul Medipol Üniversitesi

-----ÇAY-KAHVE ARASI-----

**11.00-12.00 MODERATÖR: Dr. Cengiz EROL**

**İmplant, Cihaz ve Nesnelere**

Dr. Irmak DURUR SUBAŞI- İstanbul Medipol Üniversitesi

**MR Kontrast Ajanları-Hasta Riski Değerlendirilmesi-Fizyolojik Monitörizasyon**

Dr. Afak DURUR KARAKAYA- Koç Üniversite Hastanesi

**MR Komponentleri**

Dr. Abdülkadir EREN-İstanbul Medipol Üniversitesi

-----SINAV 12.15-----

### **Düzenleme Kurulu:**

Cengiz EROL

Irmak DURUR SUBAŞI

Fatma Zeynep GÜNGÖREN

Abdülkadir EREN

Kadir BOZDOĞAN

### **İLETİŞİM:**

Radyoloji Teknikeri Kadir BOZDOĞAN

e-posta: [kadir.bozdogan@medipol.com.tr](mailto:kadir.bozdogan@medipol.com.tr)

Tel: 444 7 044-12951

# Önsöz

Manyetik rezonans (MR) görüntüleme, yüksek yumuşak doku kontrast çözünürlüğü, doku karakterizasyonu yeteneği, anatomik ve fonksiyonel bilgi sağlaması ile günümüzde gözde yöntemlerden biridir. Manyetizma ile hidrojen atomlarının yoğunluklarına ve hareketlerine göre biyolojik dokulara ait görüntüler oluşturur. MR'da yüksek manyetik alan ile vücuttaki hidrojen çekirdeklerindeki proton uyarılır. Bu amaçla kullanılan manyetik alan 0,5-7 Tesla aralığındadır. Dünyanın manyetik alanı (0,5 Gauss) ile karşılaştırıldığında, bu, on binlerce katı düzeyindedir. Radyasyon içermemesi ile ön plana çıkan MR'de ise özellikle bu nedenle en önemli sorun güvenlidir.

Bu kadar yüksek bir manyetik alan süperiletkenler ile sağlanır. Süperiletkenliğin devamı ise sıvı nitrojen ile soğutma sayesinde ve hiçbir şekilde kapatılması mümkün değildir. Bu, cihazdan kaynaklanan manyetik alanın; içeride hasta olsun olmasın, çalışma saatleri içerisinde veya dışında açık olacağı anlamına gelir. Dolayısıyla MR ortamı ile ilgili güvenlik tedbirleri **her zaman ve en sıkı** şekilde uygulanmalıdır.

Radyoloji teknikerlerinin eğitimine yönelik olarak 2023 yılında hazırladığımız ve dördüncüsünü gerçekleştireceğimiz bu program, özellikle ülkemizde son yaşadığımız depremlerle daha da önemli hale gelmektedir. MR ortamında yaşanacak herhangi bir kazada hekimler ve sağlık personeli yanında itfaiye erleri, arama-kurtarmaacılar, güvenlik mensupları dahi bu güvenlik zincirini korumalıdır.

**Medipol Radyoloji Teknikerleri Kış Okulu-4, Manyetik Rezonans Görüntüleme Güvenliği Sempozyumu'nda** personel, zonlar, kontrol-giyinme, hastalar ile ilgili özel durumlar, implant, cihaz ve nesnelere, kontrast ajanları-hasta riski değerlendirilmesi-fizyolojik monitörizasyon, MR komponentleri ve fiziki konularına değinilecektir.

Yalnızca radyoloji teknikerleri değil, bu bilgiye sahip olması gereken diğer profesyoneller için de hazırlanacak yeni programlarda buluşmak dileği ile.

Düzenleme Kurulu adına  
Dr. Irmak DURUR SUBAŞI  
Mart 2023

# Manyetik Rezonans Görüntüleme Personeli

Dr. Abdülkadir EREN

## MR Bölgeleri

**Bölge I:** Bu bölge, hastaların serbest olarak erişebileceği tüm alanları içerir. Bu alan hastaların, sağlık bakım personelinin ve MR tesisinin diğer çalışanlarının MR ortamına eriştiği, MR ortamının dışındaki alandır.

**Bölge II:** Hastalar, Bölge II'de karşılanır ve Bölge III'e girmeden önce, MR Personelinin gözetiminde Bölge II boyunca serbestçe hareket etmelerine izin verilir. MR incelemesi için yapılan hastanın anamnez alınması ve hasta önlüğü giydirilmesi gibi hazırlık işlemlerinin Bölge II'de yapılması önerilir.

**Bölge III:** Bu alan, görüntülenme yapılmayan, MR Dışı Personelin ve ferromanyetik nesnelere ile ekipman taşınmasının, serbest erişimin, kişiler veya ekipman ile MR tarayıcısının özel ortamı arasındaki etkileşimleri nedeniyle ciddi yaralanma veya ölümlerle sonuçlanabileceği bölgedir.

MR Dışı Personelin Bölge III'e (Bölge IV dahil) erişimi ve denetimi, Seviye 2 MR Personeli tarafından kontrol edilir ve tamamen onun gözetimi altındadır. MR Dışı Personele, soyunma odası ve/veya lavabo dışında, Bölge III veya IV'te kaldıkları süre boyunca Seviye 2 MR Personeli statüsünde olan bir kişi eşlik etmeli veya bu kişinin hemen gözetimi altında ve onunla görsel temas halinde olmalıdır. Sözlü iletişimin yeterli olduğu durumlarda, yanlış anlamaları veya sorumluluk problemlerini önlemek için, Bölge III'e giren her MR Dışı Personel bireyinin, Bölge III'te kaldıkları süre boyunca

kendilerinden sorumlu, özel olarak tanımlanmış bir Seviye 2 MR Personeli (tipik olarak - ancak zorunlu olmamakla birlikte bir MR teknisyeni) olmalıdır. 2. Seviye MR Personelinin bu işlevi doğrudan MR Baş Teknisyenin veya MR tesisi için konsültan MR Hekiminin yetki ve sorumluluğu altındadır.

**Bölge IV:** Bu alan, MR tarayıcı odasının kendisiyle eş anlamlıdır (yani, tarayıcının bulunduğu odanın fiziksel sınırları). Bölge III'ün varlığını oluşturan, MR mıknatısı ve onun kriyostatı olduğundan, Bölge IV, tanım gereği her zaman Bölge III içinde yer alacaktır. Bölge IV ayrıca, çok güçlü manyetik alanların varlığı nedeniyle potansiyel olarak tehlikeli olarak açıkça etiketlenmelidir. Bölge IV alan kısıtlamasının bir parçası olarak, Bölge IV'e giden yollara erişim için Seviye 2 MR Personeli tarafından görsel gözlem sağlanmalıdır.

## **Personel Tanımları**

### **MR Personeli ve MR Dışı Personel**

MR ortamının 3 ve 4 nolu bölgelerinde bütün bireyler güvenlikten sorumludur ve MR güvenlik konularıyla ilgili (tesisin MR Baş teknisyeni tarafından tanımlanan bir şekilde) en azından MR ortamında kendileri veya başkaları için tehlike oluşturmamalarını sağlamaya yetecek düzeyde başarılı bir şekilde eğitim almış oldukları belgelenmelidir. Bu tür MR güvenlik eğitimi katılımı yıllık olarak tekrarlanmalı ve devam eden bu MR güvenlik eğitimini doğrulamak için uygun belgeler muhafaza edilmelidir. Bu eğitimi alan kişiler MR Personeli olarak adlandırılır. Bu eğitim seviyesinin, aşağıdaki paragrafta açıklandığı gibi, MR dışı personele sağlanabilecek eğitimden daha derin ve resmi olduğunu unutmayın.

Bu MR güvenlik eğitimi seviyesini başarıyla elde edemeyen kişiler, MR dışı personel olarak anılacaktır. Özellikle, MR dışı Personel, önceki 12 ay içinde, MR Personeli olarak nitelendirilmek için gerekli olan tesisin MR Baş teknisyeni tarafından tanımlanan belirlenmiş resmi MR güvenlik eğitiminden başarıyla geçmemiş herhangi bir kişiyi ifade etmek için kullanılan terminoloji olacaktır.

## **MR Teknisyenleri**

MR teknisyenleri, MR Akreditasyon Programı gerekliliklerinde listelenen teknisyen niteliklerine uymalıdır.

**MR Dışı Personel:** Seviye 1 veya Seviye 2 Manyetik Rezonans (MR) Personeli kriterlerini karşılamayan hastalar, ziyaretçiler veya tesis personeli, MR Dışı Personel olarak anılacaktır.

**Seviye 1 MR Personeli:** Tesisin MR baş teknisyeni tarafından tanımlanan güvenlik eğitimi programını başarıyla bitirmiş, kendi güvenliklerini sağlamaya yeterli ve Bölge III'te çalıştıkları için kendileri veya başkaları için potansiyel bir tehdit oluşturmayacak kişiler Seviye 1 MR Personeli olarak anılacaktır (örn., MR görüntüleme departmanı ofis personeli ve hasta yardımcıları.) Seviye 1 MR Personelinin Seviye 1 statüsünü koruyabilmesi için Bölge III içinde düzenli ve rutin olarak çalışması gerektiğini unutmayın. (Örnek olarak, yılda bir kez tek bir ders almak ve MR odasına neredeyse hiç adım atmamak, Seviye 1 MR Personelinin gereksinimlerini karşılamak için yetersiz olabilir.)

**Seviye 2 MR Personeli:** RF güvenliği, zamanla değişen görüntüleme gradyanlarının güvenliği, kriyojen güvenliği, kontrast madde kullanımı dahil, MR güvenliği konularının daha geniş yönleri hakkında daha kapsamlı bir şekilde eğitilmiş kişiler ajan güvenliği vb., Seviye 2 MR Personeli olarak anılacaktır



(örn. MR teknisyenleri, radyologlar, radyoloji bölümü hemşire personeli).

RF ile ilişkili termal yükleme, yanık potansiyeli ve hızla değişen eğimlerden kaynaklanan doğrudan nöromusküler uyarım ile ilgili sorunlar dahil MR güvenlik konularının daha geniş yönleri hakkında daha kapsamlı bir şekilde eğitilmiş kişiler, bundan böyle Seviye 2 MR Personeli olarak anılacaktır. Sadece gerekli eğitimi belirlemek değil, aynı zamanda Seviye 1 ve 2 MR Personeli olarak nitelendirilen kişileri belirlemek de MR Baş teknisyenin sorumluluğundadır.

## **MR Güvenlik Eğitimi Seviyeleri**

Açıklandığı gibi 2 seviye MR Personeli vardır.

**Seviye MR Personeli:** MR ortamında kendileri veya başkaları için tehlike oluşturmayacaklarından emin olmak için tesisin MR güvenlik eğitim gerekliliklerini (tesisin MR baş teknisyeni tarafından tanımlandığı şekilde) geçen kişiler bundan böyle 1. Seviye MR Personeli olarak anılacaktır.

## **Personel**

Hastalar MR ortamındayken, bölge II'den bölge IV'e kadar olan MR ortamında en az iki MR teknisyeni veya bir MR teknisyeni ve MR Personeli olarak adlandırılan başka bir kişi ile birlikte bulunacaktır. Bu süre boyunca, iki MR Personeli her zaman birbirlerinin duyabileceği mesafede doğrudan iletişim kurabilmelidir.

Rutin olarak planlanmış hastalar veya araştırma için alınan deneklerin Bölge II ile IV arasında bulunduğu durumlarda, güvenli çalışma ve yeterli erişim kontrolü sağlamak için Bölge III ile IV arasında minimum sayıda MR personelinin bulunmasının sağlanması gereklidir.

## Minimum MR personeli sayısı şu şekilde hesaplanır:

Bölge III/IV'te bir MR makinesi ile çalışan bir tesis için, Bölge III'ten IV'e kadar olan bölgelerde en az iki MR personeli bulunacak ve bu personelden en az biri Seviye 2 MR personeli olarak belirlenecektir. NOT: MR personeli hasta/araştırma için alınan denek ile görüşürken veya hastayı/araştırma denegini bekleme/değiştirme alanlarından geçirilirken geçici istisna yapılır.

Her iki makinenin de aynı anda kullanımda olduğu tek bir Bölge III alanını paylaşan iki veya daha fazla MR makinesine sahip bir tesiste, her makine için en az bir Seviye 2 MR Personeli ve en az bir ek MR Personeli bulunacaktır. MR personeli, yani programlanan saatlerde iki makine, iki Seviye 2 MR personeli ve ek olarak Seviye 1 veya 2 MR personeli gerektirecektir. Yalnızca bir makine kullanımdayken, örn. öğle yemeği veya akşam vardiyasında, Bölge III ile IV'te en az iki MR personeli olacak ve bu personelden en az biri Seviye 2 MR Personeli olarak atanacaktır.

**NOT:** Tesisler, MR alanında normal çalışma saatlerinden sonra meydana gelen yangın, elektrik kesintileri veya su sızıntıları gibi acil durumlara hazırlıklı olmalı ve bunlarla başa çıkmak için planlama yapmalıdır.

## Denetim ve Bağımsız Erişim

Sözlü iletişimin söz konusu olduğu soyunma odası ve / veya lavabo dışında, Bölge III veya IV'te kaldıkları süre boyunca, MR dışı Personele, Seviye 2 MR Personelinden bir kişi eşlik etmeli veya onun hemen gözetimi altında ve onunla görsel temas halinde olmalıdır.

Seviye 1 MR Personelinin Bölge III ve IV boyunca refakatsiz erişimine izin verilir. Seviye 1 MR Personelinin Bölge III veya IV'teki MR dışı Personeli doğrudan kabul etmesine veya bunlardan sorumlu olmasına izin verilmez.

Hiçbir Seviye 2 MR Personeli, Bölge III ve/veya IV'teki MR dışı Personeli denetleme sorumluluğundan, söz konusu denetim resmi olarak diğer Seviye 2 MR Personeline devredilene kadar feragat etmeyecektir.

### **Resmi MR Güvenlik Roller**

MR baş teknisyeninin 2. Seviye MR Personeli olabilmek için MR güvenliği konusunda gerekli eğitim ve deneyime sahip olacağı anlaşılmaktadır. MR baş teknisyeni ve radyoloji bölüm başkanı ile tüm MR Personeli, yıllık bazda MR güvenliğine özel eğitimden geçmelidir.

Bir MR ünitesinde çalışan personelin uygun şekilde eğitilmiş olması ve kendilerinin ve başkalarının güvenliği için sorumluluklarının farkında olması önemlidir.

### **Kaynakça**

ACR Manual on MR Safety

# Manyetik Rezonans Zonları

Dr. Cengiz EROL

Manyetik Rezonans (MR) ünitesi dört bölgeye/zona ayrılabilir.

**Zon I:** Kontrolsüz alan olarak isimlendirilebilir. Bu alan MR ortamının dışında olup hastaların, hasta yakınlarının, sağlık personelinin ve MR ünitesi çalışanlarının MR ortamına ulaşmak için geçmek zorunda olduğu alanları kapsar.

**Zon II:** Halka açık olan kontrolsüz Zon I ile sıkı bir şekilde kontrol edilmesi gereken Zon III ve Zon IV'ün arasında kalan, sınırlı erişimin mümkün olduğu ara bölgedir. Tipik olarak MR çekimine gelen hastalar Zon II'de karşılanır ve Zon III'e girmeden önce MR personelinin gözetiminde Zon II içerisinde serbestçe hareket etmelerine izin verilir. MRG incelemesi için MR öncesi değerlendirme, tıbbi öykü ve uygun hasta önlüğünün giyilmesi gibi hasta hazırlıklarının Zon II'de yapılması önerilir.

Hasta Görüşmesi (Zon II) hastanın klinik sorgulaması hasta haklarının korunması ve bilgiye güvenli ulaşımın sağlanması açısından işitsel ve görsel mahremiyetin korunduğu bir alanda yapılmalıdır. Hasta güvenliği tarama formu ve MR tehlike kontrol listesi gözden geçirilir. Klinik sorgulamada elde edilen medikal kayıtlar elektronik ortamda tutulmalı ve MR odasından da kayıtlara erişim sağlanmalıdır. Yatan hastalar için klinik tarama hasta odasında yapılabilir. Tüm klinik taramalar MR incelemesinden önce uygun şekilde eğitilmiş seviye 2 MR personeli tarafından kontrol edilmeli ve doğrulanmalıdır.

**Fiziksel Tarama ve Hasta Soyunma-Giyinme Odaları (Zon II):** Zon III'e giren tüm kişiler ve nesnelere MR ortamında tehdit oluşturabilecek ferromanyetik malzemelerin varlığına karşı

fiziksel olarak taranmalıdır. Hastaların günlük kıyafetlerini çıkarıp sağlık kuruluşunun temin ettiği önlükleri giyebilecekleri bir soyunma odası bulunmalıdır. Soyunma odasında hastanın beraberinde getirmiş olduğu ve MR ortamında tehdit oluşturabilecek objeleri çıkarma ve geçici olarak saklama dolapları olmalıdır. Bu dolapların kapılarını kilitlemek için kullanılan anahtarların ferromanyetik özelliği olmamalıdır. Mahiyeti bilinmeyen nesnelere manyetik özelliklerini değerlendirmek için güçlü bir el mıknatısı kullanılabilir. Ferromanyetik algılama sistemlerinin MR güvenlik tarama süreçlerinde kullanımı oldukça etkilidir. Ferromanyetik tarama cihazları MR odasının kapısında Bölge III içinde konumlandırılabilirse de ferromanyetik taramanın Zon II'den Zon III'e geçerken yapılması önerilmektedir.

**Transfer Alanı/Demir Karantina Deposu (Zon II):** Tekerlekli sandalye, yürüteç, seyyar oksijen ve MR ortamında güvenli olmayabilecek diğer cihazlarla gelen hastalara MR ortamında güvenle kullanılabilmesi eşdeğer cihazlar sağlanmalıdır. Eşdeğer cihazlar MR güvenli etiketleriyle kolayca görülecek şekilde etiketlenmelidir. Hastanın MR güvenli olmayan cihazlardan MR güvenli eşdeğer cihazlara transferini sağlamak için uygun bir alan sağlanmalıdır. Değişim sağlandıktan sonra MR güvenli olmayan cihazlar kilitli bir "**demirli karantina**" depolama alanında emniyete alınmalı ve sadece hastanın MR tetkiki bittiğinde demirli karantina depo alanından çıkarılmalıdır.

**Zon III:** MR cihazının bulunduğu Zon IV'e yakınlığı nedeniyle kontrol edilmesi gereken bir alandır ve bu bölgeye erişim fiziksel olarak güvence altına alınmalıdır. Zon III'ün potansiyel olarak tehlikeli olduğu girişinde yazılı olarak açıkça belirtilmelidir. Zon III'ün giriş kapısı sayısı kesinlikle minimumda tutulmalıdır. Süper iletken magnetler söz konusu olduğunda personel,

hasta yatağı ve ekipman geçişine müsaade edecek büyüklükte tek bir kapı olmalıdır. Bu alana kontrolden geçmemiş MR dışı personel, ferromanyetik nesne veya ekipmanın girişi tehlikelidir. MR manyetik ortamında yaralanma ya da ölüm gibi istenmeyen hadiselerin gelişme riskini ortaya çıkarır. MR dışı personelin Zon III'e (Zon IV dahil) erişimi seviye 2 MR personeli (MR teknisyenleri, radyoloji bölümü hemşireleri, radyologlar) tarafından yapılmalı ve tamamen onun gözetimi altında olmalıdır. MR dışı personele Zon III veya IV'te kaldığı süre boyunca seviye 2 MR personeli statüsünde olan bir kişi eşlik etmeli veya bu kişinin görsel gözetimi altında olmalıdır. Seviye 2 MR personelinin bu işlevi doğrudan MR doktorunun veya varsa MR fizikçisinin yetki ve sorumluluğu altındadır.

Zon III bölgesi, MR personeli ve MR dışı personel arasında ayrım yapabilen güvenilir kartlı ya da elektronik kilit sistemleriyle genel halkın ve kamunun erişiminden fiziksel olarak kısıtlanmalıdır. Şifreli kilitlerin kullanılması kısa sürede şifrenin MR dışı personele yayılması ihtimali nedeniyle tavsiye edilmez. Kilit sistemleriyle yalnızca MR personeline serbest erişim sağlanmalıdır. Bunun herhangi bir istisnası olmamalı, hastane idari personeli, diğer doktorlar, güvenlik personeli ve diğer MR dışı personel kontrolsüz olarak bu alana girememelidir.

MR ortamını potansiyel olarak zararlı hale getiren ana unsur sahip olduğu manyetik alandır. Manyetik alan üç-boyutlu olarak düşünüldüğünde Zon III'ün sınırları MR tarayıcının bulunduğu odanın sadece çevresine değil, aynı zamanda üstüne ve altına da yayılmalıdır.

Benzer şekilde çatıdaki kriyojen havalandırma yeri aktif quench sırasında potansiyel tehlikelere yol açabilir ve burası da Zon III bölgesi olarak kabul edilir. Zon III bölgeleri tanımlanırken

MR cihazının 3 boyutlu uzaysal manyetik alan çizimleri hem yatay hem de dikey düzlemde analiz edilmeli, MR cihazının etrafındaki, üstündeki ve altındaki potansiyel tehlike oluşabilecek alanlar belirlenmeli ve Quench havalandırma yolları da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu alan hem Faraday korumalı hacmi hem de 0,50 mT alan konturunu (5 gauss (G) çizgisi) içeren MR mıknatısını çevreleyen uzayın üç boyutlu hacmi olarak tanımlanır. Bu hacim, bir ögenin MR magneti ve aksesuarları tarafından üretilen elektromanyetik alanlara maruz kalması nedeniyle tehlike oluşturabileceği bölgedir.

Görüntüleme ünitesinin kapasitesi ve hasta hacmine bağlı olarak, Zon III içinde taranmış bir yeterli hasta bekleme alanı sağlanması tavsiye edilir. Zon III hasta bekleme alanı, hasta çıkışını ve müteakip tekrar girişini önleyecek şekilde düzenlenmelidir. Bu şekilde taranmamış nesnelere ve personelin yanlışlıkla veya kasıtlı olarak Zon III'e girmesinin önüne geçilebilir.

Farklı görüntüleme modalitelerindeki hastalar için ortak hasta bekleme alanları kullanıldığında (Örneğin bilgisayarlı tomografi (BT) taraması yapılması planlanan hastalar MR hastaları tarafından paylaşılan bir hasta bekleme alanında tutulduğunda) güvenlik sorunlarına yol açabilir. BT hastaları, MR kontrendikasyonları veya demirli materyaller açısından taranmayacağından demirli bir nesne veya implantı olan BT hastası Zone IV'teki MR alanına yanlışlıkla girdiğinde ciddi risklerle karşılaşabilir. MR hastaları için kullanılan taramalı hasta bekleme alanlarında MR dışı modaliteler için bekleyen hastalar taranmadıkça, MR ve diğer modalitelerin ortak hasta tutma alanlarını kullanması önerilmemektedir.

Görüş Hatları/Durumsal Farkındalık (Zon III): Eğitimli seviye 2 MR personeli MR ünitesinin ana güvenlik unsurudur. Bu kişiler

Zon III veya IV'ün tüm giriş ve çıkışlarını doğrudan görebilecek durumda olmalıdır. Bu nedenle, MR operatör konsolunda oturan MR teknisyeni, yalnızca MR cihazındaki hastayı değil, aynı zamanda Zon IV'e girişi de rahatlıkla görebilmelidir. MR ünitesi kurulurken MR operatörünün konsolundan hasta bekleme alanlarını görebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Doğrudan bir görüş hattı sağlanamıyorsa kameralı sistem ile video görüntüleme kabul edilebilir bir alternatiftir.

**Acil müdahale:** MR ünitesinde tüm yangın alarmları, kalp durması veya diğer acil servis müdahale çağrılarının MR personeli arasından özel olarak belirlenmiş bir birey tarafından yapılması ve bu kişinin müdahale ekiplerinin Zon III veya IV'e güvenli bir şekilde erişimlerini sağlaması önerilir.

**Acil Resüsitasyon Ekipmanı:** Kontrast maddelere karşı gelişebilecek reaksiyonlar, anestezi sırasında ortaya çıkabilecek sorunlar ve hatta MR çekimi sırasında hastaların sağlık durumları ile ilişkili gelişebilecek acil durumlar için gerekli tıbbi müdahaleyi mümkün kılacak uygun ortam, ekipman ve donanımın MR ünitesinde mevcut olması gerekir. Crash kart ve acil durum resüsitasyon ekipmanının Zon II veya Zon III içinde kolayca erişilebilir bir alanda bulunması önerilir. Acil durum resüsitasyon ekipmanı uygun şekilde etiketlenmeli ve ayrıca MR ortamında kullanım için güvenli olduğu test edilmeli ve doğrulanmalıdır. MR çekiminde kullanılan kontrast maddelere karşı gelişebilecek reaksiyonları tedavi etmek için gerekli acil durum ilaçları hazır bulunmalıdır. Zon IV içinde kalp veya solunum durması gibi acil bir tıbbi müdahale ihtiyacı ortaya çıktığında bu konuda eğitilmiş ve sertifikalı MR personeli derhal temel yaşam desteği veya kardiyopulmoner resüsitasyona başlayabilmelidir. Bu durumdaki hastalar öncelikle stabilize edilmeli ve ardından resüsitasyon çabalarını kısıtlayabilecek manyetik ortamdan mümkün olduğunca hızlı



ve güvenli bir şekilde tahliye edilerek manyetik olarak güvenli bir yere taşınmalıdır. Bu tür acil durumlarda magnetin Quench edilmesi suretiyle manyetik alanın ortadan kaldırılması rutin olarak önerilmez. Magnetin söndürülmesi sırasında Zon 4'ün boşaltılması gerektiğinden teorik olarak yeni tehlikelerin gelişmesine de yol açabilir.

**MR Ortamının Potansiyel Zararlı Yönleri:** MR ortamının potansiyel zararlı yönleri MR cihazının üstündeki ve altındaki alanlara ve hatta binanın dışına kadar uzanabilir. Sağlık tesisleri MR ortamıyla ilgili potansiyel tehlikeli alanlarını (çatılar, depolama alanları, mekanik dolaplar vb. dahil) belirlemeli, açıkça tanımlamalı ve bu alanlara erişimi tıpkı MR odasında olduğu gibi kısıtlamalıdır.

**Zon IV:** Bu alan, MR cihaz odasının kendisiyle eş anlamlıdır. Zon IV, tanımı gereği her zaman Zon III'ün içinde yer alır. Zon IV, içerdiği çok güçlü manyetik alan nedeniyle, potansiyel olarak tehlikeli olduğu açıkça yazılı olarak etiketlenmelidir. Zon IV alan kısıtlamasının bir parçası olarak, Zon IV'e erişim için seviye 2 MR personeli tarafından görsel gözlem sağlanmalıdır. MR teknisyenleri MR kontrol odasındaki masalarında MR çekimi yaparken Zon IV'e girişleri doğrudan gözlemleyebilir veya video monitörler aracılığıyla kontrol edebilirler. Daha da önemlisi, resüsitasyon ve diğer acil durumlar sırasında da Zon III ve IV'e kontrollü saha erişimi kısıtlaması sürdürülmelidir.

Zon IV'ün girişi, "**Mıknatıs Her Zaman Açık**" ifadesini belirten kırmızı ışıklı bir yazıyla net bir şekilde işaretlenmelidir; Rezistif MR sistemlerinde ise enerji verildiğinde "**Mıknatıs Açıktır**" ifadesini gösteren kırmızı ışıklı bir tabelayla belirtilmelidir. Bu ışık ve işaret her zaman yanmalıdır ve tesisin gücünün kesilmesi durumunda yanık kalmaya devam etmesi için yedek enerji kaynağı sağlanmalıdır.

Zon IV (MR tarayıcı odası) giriş kapısı hasta bakımı veya MR sistemi bakımı haricinde kapalı olmalıdır. MR cihazı oda kapısının açık kalması gereken zamanlarda, Zon III'ten IV'e istenmeyen personel ve/veya malzeme geçişini engellemek için Zon IV'ün girişinde kolayca ayarlanabilen kayışlar veya kapı boyunca sabitlenmiş plastik zincirler ile bir bariyer tavsiye edilir.

**Yangın:** MR üniteleri MR odasındaki acil durumlara müdahale etmenin potansiyel tehlikeleri hakkında yerel itfaiye görevlilerini, polis ve güvenlik personelinin ileriye dönük olarak eğitmelidir. Bir yangın sırasında dahi Zon III veya IV'te manyetik alan varlığının devam ediyor olabileceği akıldan çıkarılmamalıdır. İtfaiye personeli ve MR dışı personelin klasik yangın söndürme cihazları, baltalar ve levyeler gibi yangınla mücadele ekipmanı ile Bölge III veya IV'e serbest erişimi hem müdahale edenler hem de çevredekiler için felaketle sonuçlanabilir. Bu nedenle MR koşullu veya MR güvenli yangın söndürme ekipmanı Zon III veya IV'te fiziksel olarak saklanmalı ve kolayca erişimi mümkün olmalıdır. MR güvenli olduğu test edilmemiş ve doğrulanmamış tüm geleneksel yangın söndürücüler ve diğer yangınla mücadele ekipmanları Bölge III ile sınırlandırılmalıdır. İtfaiye ekipleri veya polis gibi acil durum müdahale personelinin acil olarak Zon III veya IV'e girmesi gereken bir durumda acil müdahale personelinin ve diğerlerinin sağlığını ve hayatını korumak için süper iletken bir magneti Quench etmek yani söndürmek ciddi şekilde düşünülmelidir. Herhangi bir acil durumda magnetin söndürülüp söndürülmeyeceğine olay bazlı karar verilmelidir. Rezistif magnetler için acil müdahale personelinin Bölge IV'e girmesine izin verilmeden önce MR cihazının manyetik alanı tamamen kapatılmalıdır. Manyetik alanları tamamen kapatılamayan kalıcı, dirençli veya hibrit sistemler için MR Personeli, MR sistem odasında çok güçlü bir manyetik alanın

hala çalışır durumda olduğu konusunda acil durum müdahale personelinin uyarmak için hazır bulunmalıdır.

**Kriyojen Güvenliği (Zon IV):** Süper iletken MR cihazlarında kriyojenik sıvılar kullanılır. Bu kriyojenik sıvıların fiziksel özellikleri, önemli güvenlik tehlikeleri oluşturur. Kriyojenik sıvılar oda havasına maruz kaldığında hızla gaz haline dönüşür. Kriyojenik gazlar oksijenli havanın yerini aldığı anda boğulma potansiyeli ortaya çıkar. Oda içi oksijen düzeyi monitörize edilmeli oksijen konsantrasyonu belirli bir seviyenin altına düştüğünde (%20) alarm çalarak uyarmalıdır. Kriyojenik sıvıların aşırı derecede düşük sıcaklıklarına bağlı olarak donma yanıkları ve oda içi basınç artışına bağlı sorunlara yol açar. Sıvı helyum ve nitrojen ve hatta bunların soğuk gazları, ısı yanığına benzer bir etki yaratarak cilde zarar verebilir. Çok soğuk gaza geçici olarak maruz kalmak nefes almada zorlanmaya neden olabileceği gibi astım krizini de tetikleyebilir.

**Kriyojen dolulukları:** Süper iletken mıknatıs kurulumlarında kriyojenik sıvılarla etkileşime ilişkin riskler vardır. Bu nedenle, kriyojenin yeniden doldurulması ve taşınması yalnızca uygun şekilde eğitilmiş personel tarafından gerçekleştirilmelidir. Kriyojenik sıvılar içeren bidonlar asla bir MR ünitesi içinde saklanmamalıdır. Kriyojen dolulukları, basınç sıkışmasını ve boğulmayı önlemek için yalnızca uygun önlemler alınarak gerçekleştirilmelidir.

**Manyetik oda kriyojen güvenliği:** Çoğu MR sistemi için, eğer mıknatıs quench olursa kaçan kriyojenik gazlar, binanın dışında boş bir alana tahliye edilir. Böyle bir durumda yalıtılmamış borulara veya metale vücudun korumasız kısımları ile dokunulmamalıdır. Kriyojen havalandırma-boşaltım boru düzeneklerinde gelişebilecek arızalar kriyojenik gazın yanlışlıkla MR cihaz odasına boşalmasına yol açabilir. MR

cihaz odasına boşalan kriyojenlerin termal genişmesi oda içi pozitif basınca neden olup basınç eşitlenene kadar insanların oda içinde mahsur kalmasına yol açar. Kriyojen havalandırma ve tahliye yolunda sıkıntılara bağlı Zon IV'e kriyojen kaçıışı sırasında hasta ve personelin zarar görme riskini azaltmak için Zon IV'e bir acil egzoz çıkışı yolu sağlanmalıdır. Acil egzoz çıkışı ızgarası Zon IV kapı girişinin karşısındaki tavana yerleştirilmeli ve böylece egzoz fanı kriyojenik gazları oda çıkışından uzaklaştırabilmelidir. MR üreticileri, pozitif basınç sıkışması risklerini en aza indirmek için çekim odasına ek pasif basınç tahliyesi yerleştirmektedir. Zon IV'ün kapısını dışarı doğru açılacak şekilde tasarlanmanın tek başına uygun bir basınç tahliye aracı olmadığına dikkat edilmelidir. Şiddetli bir pozitif basınç durumunda, dışa doğru açılan bir kapının mandalını açmak, kapının muazzam bir basınçla patlamasına ve kapıyı açan kişinin potansiyel olarak yaralanmasına neden olabilir. Aynı şekilde, yaşamı tehdit eden durumlarda etkili olduğu kanıtlanmış olsa da bir quench durumunda Zon IV basıncını azaltmak/eşitlemek için kontrol penceresinin kırılması birincil yol olarak görülmemelidir. Radyo frekans korumalı gözetleme penceresinin mevcut yapısı camın kırılmasını çok zorlaştıracak ve zamanında basınç tahliyesi için geçerli bir araç olarak kullanılma olasılığını daha da azaltacaktır. Pasif basınç tahliyesi ve acil egzoz çıkışı sağlandıktan sonra, mıknatıslı oda kapısının açılış yönü ve tasarımı tesisin ve tasarım uzmanlarının takdirine bırakılmalıdır. Magnetin Quenchi sırasında özellikle MR odasında beyaz sis bulutunun aniden belirmesi kriyojenik gazların çekim odasına kaçtığına işaret edeceğinden tüm personel ve hastaların mümkün olan en hızlı ve güvenli şekilde MR sistem odasından tahliye edilmesi ve MR servis hizmeti gelene kadar sahaya erişimin tüm bireyler için derhal kısıtlanması gereklidir. Bu sırada duruma müdahale için gelen polis ve itfaiye personelinin, manyetik alanın kesildiği

doğrulanana kadar ekipmanlarıyla (baltalar, hava tankları, tabancalar, vb.) MR odasına girişine izin verilmemelidir.

MR üreticileri tipik olarak MR kurulumu sırasında üç koruma sağlar. Bunlar; kriyojen havalandırma-boşaltım yolu, aktif egzoz fanı ve pasif aşırı basınç tahliyesi. Son yıllarda çok küçük hacimlerde kriyojen içeren süper iletken MR tarayıcıları piyasaya çıkmış olup bu sistemler odada bir quench borusu gerektirmez.

**Kriyojen havalandırma yolu:** Mevcut kriyojen havalandırma boru tesisatı/kanal tertibatının düzenli olarak değerlendirilmesi ve incelenmesi, bir quench sırasında potansiyel olarak arızalanabilecek durumların belirlenmesine ve düzeltilmesine yardımcı olacaktır. En az yılda bir kez kriyojen havalandırma sistemleri kapsamlı bir şekilde incelenip aşınma, gevşek bağlantılar, yoğuşma ve tıkanıklık açısından gözden geçirilmelidir. Kuşlar ve diğer hayvanların, yağmur ve kar yağışlarının quench egzoz borusuna girmesini ve boruyu tıkamasını önleyen uygun bir hava başlığının olması gerekir. Quench sırasında boşaltma noktasında, kişileri kriyojene maruz kalmaktan korumak için kriyojen boşaltma noktası yüzey uyarıları ve levhalarla açıkça işaretlenmelidir. Quench yolu boşaltma noktasının bir Zon III bölgesi olduğu ve MR dışı personel için fiziksel kısıtlamalarla çevrelenmesi gerektiği unutulmamalıdır. Ayrıca bu noktadan kriyojenik gazların binaya yeniden girmesine yol açabilecek hava girişleri, pencere veya emniyete alınmamış kapı bulunmamalıdır.

**MR Koşullu Cihazlar (Bölge IV):** MR koşullu cihazların bazıları belirli bir statik manyetik alan gücünde güvenle kullanılabilirken daha yüksek veya daha düşük alan gücünde güvensiz olabilir. Ayrıca MR koşullu cihazlar magnet odasının bir bölgesinde güvenli olabilirken diğer alanlarda güvenli olmayabilirler.

Seviye 2 MR personeli magnet odasına getirilebilecek tüm MR koşullu hasta izleme monitörleri, ventilatörler, ilaç pompaları, anestezi makineleri, biyopsi cihazları ve diğer cihaz ve ekipmanların uygun şekilde etiketlendiğini doğrulamalıdır. Atanmış seviye 2 MR personeli onarımdan dönen yeni MR ekipmanını ferromanyetik detektörler kullanarak değerlendirmeli ve uygunluğunu etiketlemelidir. Aynı şekilde, herhangi bir süre için seviye 2 MR personelinin doğrudan kontrolünden çıkan crash kart veya vantilatörler gibi cihazlar MR ortamına geri döndüklerinde yeniden test edilmeli ve MR güvenli veya MR koşullu etiketlemesi yeniden yapılmalıdır. Zon IV bölgesine gelecek olan ve metalik bileşenler içeren tüm cihazlar ve malzemeler uygun fiziksel etiketlerle MR güvenli, MR koşullu veya MR güvensiz olarak işaretlenmelidir.

**Enfeksiyon Kontrolü (Zon IV):** Magnet odası kaplamaları ve yapım malzemeleri motorsuz ekipmanlarla temizlenmeye uygun şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca MR kılavuzluğunda girişimsel uygulamaların sayısı arttığı için eğitimli personel tarafından kolayca temizlenecek dikişsiz zeminler, yıkanabilir yüzeyler ve el yıkama istasyonları gibi temel enfeksiyon kontrol protokolleri uygulanabilmelidir.

## Kaynakça

ACR Manuel on MR safety, 2020, <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Radiology-Safety/MR-Safety>

MRI safety policies, 2022, [https://medicine.yale.edu/diagnosticradiology/patientcare/policies/mri\\_safety\\_manual\\_november2022\\_284424\\_284\\_11023\\_v26.pdf](https://medicine.yale.edu/diagnosticradiology/patientcare/policies/mri_safety_manual_november2022_284424_284_11023_v26.pdf)

Safety Guidelines for Magnetic Resonance Imaging Equipment in Clinical Use, 2021, [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/958486/MRI\\_guidance\\_2021-4-03c.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/958486/MRI_guidance_2021-4-03c.pdf)

MRI safety website. <http://www.mrisafety.com>

ASTM F2503-13, Standard Practice for Marking Medical Devices and Other Items for Safety in the Magnetic Resonance Environment, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013, [www.astm.org](http://www.astm.org).

# Manyetik Rezonans Görüntüleme Tarama-Kontrol-Giyinme

Dr. Mustafa Orhan NALBANT

## MR TARAMA

Manyetik rezonans (MR) cihazları kullanılan merkezlerde sürdürülebilir MR güvenlik tarama protokolleri olması ve bu politikaların manyetik alan gücüne bakılmaksızın sürekli gözden geçirilip güncellenmesi gerekmektedir (1). MR taramanın uygulanması birçok faktörü içeren bir süreç olup; MR ortamının planlanmasını, tekrarlanan personel eğitimini, sağlık çalışanları için tesise erişimi yöneten prosedürleri ve hem hastaların hem de bir araştırmaya katılan gönüllülerin MR odasına alınma sürecini kapsamaktadır (2-5).

MR incelemeleri ile ilişkili başlıca dikkat edilmesi gereken üç ana risk vardır (6):

1. Ana statik manyetik alanın, ferromanyetik objeleri projektile nesnelere haline dönüştürme yeteneği
2. Radyo frekans dalgalarının ısınmaya neden olan enerji birikimi
3. Zamanla değişen gradyan alanının periferik sinir stimülasyonunu indükleme yeteneği ve aktif implantlar üzerindeki potansiyel etkileri

Hastalara ve araştırma gönüllülerine verilen bilgilerin, uluslararası yönergeler tarafından tavsiye edildiği gibi, kapsamlı MR güvenlik tarama formlarının doldurulmasıyla desteklenmesi gerekir. Acil olmayan hastalar MR ortamına alınmadan önce en az iki kere güvenlik taramasından geçmelidir. Bu taramalardan



en az 1 tanesi MR personeli ile sözlü ve/veya interaktif olarak gerçekleştirilmelidir. Acil hastalar ve beraberindeki personel taramayı yapan kişi 2. seviye MR personeli statüsüne sahip olması koşuluyla yalnızca bir kez taranabilir. MR ortamına girmeden önce olası ferromanyetik özelliğe sahip nesnelere için dedektörle tarama önerilmekte olup günümüzde üreticiler, dedektörleri tarama için duyarlı veya faydalı kabul etmemektedir (7, 8).

MR güvenlik taraması, MR sahasında hastayı, yönlendiren kuruluşu ve multidisipliner bir ekibi içeren karmaşık bir süreçtir. Bilinci açık, acil olmayan hastalar ile gönüllü olgular III. Zona girmeden önce yazılı bir güvenlik tarama anketi doldurulmalıdır. Hastanede yatan, yüksek riskli veya yürüyemeyen hastaların MR taramasında ek zorluklarla karşılaşmaktadır. Çoğu durumda, bu hastalar IV. Zona kendi başlarına giremeyecek kadar hasta olduğundan MR uyumlu tekerlekli sandalye veya sedye kullanılarak MR cihazına alınmaları gerekmektedir. Mümkün olduğunca bu hastaların MR masasına transferi III. Zonda yapılmalıdır (9).

MR incelemesi yapılması gereken, ancak geçirdiği operasyonlar hakkında güvenilir bilgi edinemediğimiz bilinci yerinde olmayan hastaları tararken şu adımlar izlenmelidir:

1. Bu hastaların aile üyeleri veya vasileri, hasta III. Zona girmeden önce yazılı bir MR güvenlik tarama anketi doldurulmalıdır.
2. İstenen MR incelemesinin hızlı bir şekilde yapılması gerekiyorsa bu tür hastalarda metalik yabancı cisimleri veya implantları saptamak için radyografi çekimleri önerilmektedir. Bu radyografiler baş/boyun, göğüs, karın/pelvis, üst kollar ve uylukları içermelidir. Distal ekstremitelerde travma sonrası bariz değişiklikler varsa, bu bölgeler içinde önce radyografi çekilmelidir (9).

Çocuk hastalar geçmişleri hakkında güvenilir bilgi vermeyebileceği için bir kez ebeveynlerin huzurunda ve bir kez de yalnız olmak koşuluyla en az iki kez sorgulanmalıdır. Metalik nesnelere, oyuncakların veya diğer MR uyumsuz nesnelere yanlışlıkla IV. Zona girmesini engellemek için önlük giymeleri gerekmektedir. Evden getirilen yastıkların ve pelüş hayvanların potansiyel riskleri nedeniyle IV. Zona alınmaları önerilmemektedir (9). Hastaya eşlik eden refakatçilerde benzer kriterler kullanılarak taranmalıdır. Genel olarak, eşlik eden refakatçileri tek bir kişiyle sınırlamak gerekmektedir.

MR ortamlarında ferromanyetik olan malzemeleri saptamada geleneksel metal dedektörlerinin kullanımı yerine ferromanyetik algılama sistemi (FMAS) olarak adlandırılan cihazların dikkatli bir şekilde kullanımı önerilmektedir. Bunların kapsamlı kullanımı tarama uygulamalarının yerine geçemez ve onların tamamlayıcısı olarak kabul edilir. Günümüzde FMAS'lerin çeşitli sürümleri bulunmakta olup bu cihazlar, yalnızca ferromanyetik nesnelere algılamak için özel olarak tasarlanmıştır. Alüminyum ve bakır gibi diğer malzemeler ferromanyetik olmadığından bu cihazlarla algılanmazlar (10).

Bir hasta FMAS taramasını herhangi bir tespit olmadan geçerse, bu durum tarama formunda belgelenmeli ve daha sonra MR incelemesine devam etmelidir. Bir alarm durumunda, hasta ferromanyetik bir nesnenin varlığı açısından araştırılmalı, mümkünse çıkarılmalı ve sonra tekrar taranmalıdır. Demir içeren bir nesne bulunamazsa, orijinal sonucun yanlış alarm olması ihtimaline karşı FMAS taraması tekrarlanmalıdır. Çözülemeyen gerçek alarmlar için MR teknisyeni ferromanyetik nesnenin implant veya yabancı cisim olma olasılığında şüphelenmeli ve hastanın anamnezi detaylı bir şekilde irdelenmelidir (11-14).

Ferromanyetik bir yabancı cisim ile yaralanma durumunda tüm hastaların detaylı incelenmeleri gerekmektedir. Kabul edilebilir tarama yöntemlerine örnek olarak hasta öyküsü, düz röntgen filmleri, söz konusu anatomik bölgenin önceki BT veya yakın tarihli MR incelemeleri veya mevcut olabilecek implant veya yabancı cisim türüne ilişkin yazılı belgelere erişim verilebilir (9). Orbital travma öyküsü olan hastalarda, yabancı cisime ilişkin durum, orbita grafisi ya da varsa bir radyoloğun travma şüphesinden sonra elde edilmiş önceki BT veya MR görüntülerini incelemesi ve değerlendirmesiyle açıklığa kavuşmalıdır (15,16). Önceki bir MR incelemesinde orbita düzeyinde duyarlılık artefaktının değerlendirilmesi, deneyimli bir okuyucuya yabancı cismin ferromanyetik doğası hakkında önemli bilgiler sağlayabilir.

MR uyumlu kardiyak cihazların uygulanmasının etkisi, devam eden cihaz geliştirme, cihaz güvenliğinin ve etkinliğinin gösterilmesi, uygun kurumlar tarafından cihaz onayı, farklı hasta alt grupları ve coğrafyalardaki implant uygulamalarındaki farklılıklar dahil olmak üzere birçok faktöre bağlıdır. MR uyumlu olmayan kardiyak cihaza sahip hastalarda tanısız veya terapötik endikasyonlar için bir MR incelemesi gerektiğinde; MR dışı bir görüntüleme yönteminin tanı için yeterli olup olmadığı, uygun tedavi için teşhis gerektiren hastalık sürecinin ciddiyeti, MR uyumlu olmayan bir cihazla taramanın bir MR uyumlu cihazla değiştirilmesinin riskleri ve faydaları dikkatle değerlendirilmelidir. Merkezi sinir sistemi kitleleri, omurilik basısı ve akut inme veya kanama dahil olmak üzere potansiyel olarak yaşamı tehdit eden durumlarda, mevcut literatürü göz önünde bulundurarak riski en aza indirecek algoritmalar kararlarda yol gösterici olmalıdır (17-21).

Intrakraniyal anevrizma klipsleride hastalarda rastlanabilmektedir. Bir hastanın intrakraniyal anevrizma klipsi olup olmadığı net değilse, kafa grafileri elde edilmelidir. Alternatif olarak, eğer mevcutsa, olası bir intrakraniyal anevrizma klipsini değerlendirmek için yakın zamanda çekilen kranial grafiler, BT veya MR incelemeleri gözden geçirilmelidir. Bir hastada intrakraniyal anevrizma klipsi olduğu tespit edilirse, o hastadaki anevrizma klipsi üreticisinin, modelinin ve tipinin MR uyumlu olduğu belgelenene kadar MR incelemesi yapılmamalıdır.

1995'ten önce üretilen klipsler, ya implantasyondan önce ön test yapılmasını ya da varsa, söz konusu durumda klipsin veya beynin önceki MRG'sinin bireysel olarak gözden geçirilmesini gerektirir (22). Anevrizma klipsi (veya başka bir implantı) olan bir hastaya, herhangi bir statik manyetik alan gücünde güvenli bir şekilde önceden MR çekilmiş olabilir. Bu durum, implantın güvenli olduğunun kanıtı değildir ve gelecekteki MR incelemeleri için anevrizma klipsinin (veya başka bir implantın) MR güvenlik durumunu belirlemek için buna güvenilmemelidir (9).

## **GIYİNME**

MR çekimi yapılacak herhangi bir kişi, kolayca çıkarılabilen üzerinde veya içinde bulunan tüm metalik kişisel eşyalarını ve cihazlarını çıkarmalıdır. Bu, saatlerin, mücevherlerin, çağrı cihazlarının, cep telefonlarının, vücut pirsinglerinin, doğum kontrol diyafraamlarının, metalik ilaç veren bantların, metalik parçacıklar içeren kozmetiklerin (göz makyajı veya manyetik kirpikler gibi) ve metalik tokalar, kancalar, fermuarlar içerebilecek veya gevşek metalik bileşenler/iplikler veya elektriksel olarak iletken antimikrobiyal malzemelerle işlenmiş giyim eşyalarının çıkarılmasını içerir. Bu nedenle, hastaların

veya bir araştırmaya katılan gönüllülerin doğrudan RF ışınımına maruz kalan bölgede kendi giysileri ve iç çamaşırları yerine sahada sağlanan MR uyumlu önlük giymelerinin zorunlu kılınması tavsiye edilmektedir (9).

Termal yanıklar, MR sırasında meydana gelen en yaygın yaralanmadır. Giysiler ve battaniyeler gibi kumaşlar ve son zamanlarda kumaştan yüz maskeleri, bu tür termal yaralanmalar göz önüne alındığında temel faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Kumaş, ısıyı ve teri vücuda yakın bir yerde tutabilir ve metalik lifler içeren kumaş, MR'ın RF dalgalarıyla etkileşime girip yanıklara neden olabilir; bu, kumaşla ilgili bildirilen termal yaralanma vakalarının çoğunu temsil etmektedir. Bu, kumaşlar eser miktarda metal içerdiğinde kapsamlı etiketleme eksikliği ile durum daha da kötüleşebilir. Kumaş kaynaklı MR yanıkları tehlikesini azaltmanın tek ve en etkili yolu, tüm hastaların görüntülemeye önce onaylı hastane önlükleri gibi MR için güvenli giysiler giymesini zorunlu kılmaktır (23).

## **KONTROL**

Hastanın MRG cihazına alımından hemen önce hasta, destek ekipmanı ve yardımcı personel için MR güvenlik taramasının doğru bir şekilde tamamlandığını doğrulamak amacıyla MR teknisyeni tarafından son bir kontrol önerilmektedir. Bu son kontrolün amacı, hastanın kimliğini doğrulamak, tüm taramaların uygun şekilde yapıldığından emin olmak ve taramadan geçen hasta ve/veya ekipman durumunda herhangi bir değişiklik olmadığından emin olmaktır (9).

## Kaynakça

1. Schenck JF. Safety of strong, static magnetic fields. *J Magn Reson Imaging*. 2000 Jul;12(1):2-19. doi: 10.1002/1522-2586(200007)12:1<2::aid-jmri2>3.0.co;2-v. PMID: 10931560.
2. Gilk T, Kanal E. Planning an MR suite: What can be done to enhance safety? *J Magn Reson Imaging*. 2015 Sep;42(3):566-71. doi: 10.1002/jmri.24794. Epub 2015 Apr 9. PMID: 25857481.
3. Shellock F.G., Crues J.V.: MRI bioeffects, safety, and patient management. 2014. Biomedical research publishing group Los Angeles pp. 514-592.
4. Calamante F, Faulkner WH Jr, Ittermann B, Kanal E, Kimbrell V, Owman T, Reeder SB, Sawyer AM, Shellock FG, van den Brink JS; ISMRM Safety Committee. MR system operator: recommended minimum requirements for performing MRI in human subjects in a research setting. *J Magn Reson Imaging*. 2015 Apr;41(4):899-902. doi: 10.1002/jmri.24717. Epub 2014 Jul 23. PMID: 25051959.
5. MHRA MaHPRA: Safety guidelines for magnetic resonance imaging equipment in clinical use. 2021.
6. Panych LP, Madore B. The physics of MRI safety. *J Magn Reson Imaging*. 2018 Jan;47(1):28-43. doi: 10.1002/jmri.25761. Epub 2017 May 19. PMID: 28543948.
7. Orchard, L. (2015, August). Implementation of a ferromagnetic detection system in a clinical MRI setting. *Radiography*, 21(3), 248-253. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2014.12.007>
8. Watson RE, Walsh SM, Felmlee JP, Friedman PA, Keene MN. Augmenting MRI Safety Screening Processes: Reliable Identification of Cardiac Implantable Electronic Devices by a Ferromagnetic Detector System. *J Magn Reson Imaging*. 2019 Jun;49(7):e297-e299. doi: 10.1002/jmri.26277. Epub 2018 Sep 26. PMID: 30257050.
9. Safety ACR Committee on MR Safety: ACR manual on MR safety 20201-56.2020.
10. SMRT Educational Seminar Volume 18, Number 1: MRI Safety: Ferromagnetic Detectors; Patient Monitoring; and Cardiac Devices
11. James CA, Karacozoff A, Shellock FG. Undisclosed and undetected foreign bodies during MRI screening resulting in a potentially serious outcome. *Magn Reson Imaging*. 2013 May;31(4):630-3. doi: 10.1016/j.mri.2012.11.013. Epub 2013 Jan 30. PMID: 23375835.

12. Keene MN, Shellock FG, Karacozoff AM. Detection of ferromagnetic implants using a ferromagnetic detection system: Implications for patient screening prior to MRI. *MR Safety in Practice: Now and In the Future*. International Society for Magnetic Resonance in Medicine, Scientific Workshop, 2012; Lund, Sweden, 2012.

13. Karacozoff AM, Pekmezci M, Shellock FG. Armor-piercing bullet: 3-T MRI findings and identification by a ferromagnetic detection system. *Mil Med*. 2013 Mar;178(3):e380-5. doi: 10.7205/MILMED-D-12-00374. PMID: 23707130.

14. Shellock FG, Karacozoff AM. Detection of implants and other objects using a ferromagnetic detection system: implications for patient screening before MRI. *AJR Am J Roentgenol*. 2013 Oct;201(4):720-5. doi: 10.2214/AJR.12.10332. PMID: 24059360.

15. Seidenwurm DJ, McDonnell CH 3rd, Raghavan N, Breslau J. Cost utility analysis of radiographic screening for an orbital foreign body before MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2000 Feb;21(2):426-33. PMID: 10696035; PMCID: PMC7975348.

16. Jarvik JG, Ramsey S. Radiographic screening for orbital foreign bodies prior to MR imaging: is it worth it? *AJNR Am J Neuroradiol*. 2000 Feb;21(2):245-7. PMID: 10696003; PMCID: PMC7975355.

17. Zikria JF, Machnicki S, Rhim E, Bhatti T, Graham RE. MRI of patients with cardiac pacemakers: a review of the medical literature. *AJR Am J Roentgenol*. 2011 Feb;196(2):390-401. doi: 10.2214/AJR.10.4239. PMID: 21257892.

18. Shinbane JS, Colletti PM, Shellock FG. Magnetic resonance imaging in patients with cardiac pacemakers: era of "MR Conditional" designs. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2011 Oct 27;13(1):63. doi: 10.1186/1532-429X-13-63. PMID: 22032338; PMCID: PMC3219582.

19. Shinbane JS, Colletti PM, Shellock FG. MR imaging in patients with pacemakers and other devices: engineering the future. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2012 Mar;5(3):332-3. doi: 10.1016/j.jcmg.2011.08.025. PMID: 22421181.

20. Expert Panel on MR Safety; 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. ACR guidance document on MR safe practices: 2013. *J Magn Reson Imaging*. 2013 Mar;37(3):501-30. doi: 10.1002/jmri.24011. Epub 2013 Jan 23. PMID: 23345200.

21. Levine GN, Gomes AS, Arai AE, Bluemke DA, Flamm SD, Kanal E, Manning WJ, Martin ET, Smith JM, Wilke N, Shellock FS; American Heart Association Committee on Diagnostic and Interventional Cardiac Catheterization; American Heart Association Council on Clinical Cardiology; American Heart Association Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. Safety of magnetic resonance imaging in patients with cardiovascular devices: an American Heart Association scientific statement from the Committee on Diagnostic and Interventional Cardiac Catheterization, Council on Clinical Cardiology, and the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention: endorsed by the American College of Cardiology Foundation, the North American Society for Cardiac Imaging, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *Circulation*. 2007 Dec 11;116(24):2878-91. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.187256. Epub 2007 Nov 19. PMID: 18025533.
22. Shimizu T. [Explanation of JIS T 62570 Standard Practice for Marking Medical Devices and Other Items for Safety in the Magnetic Resonance Environment]. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi*. 2018;74(7):739-741. Japanese. doi: 10.6009/jjrt.2018\_JSRT\_74.7.739. PMID: 30033971.
23. Styan T, Hoff M. The Dangers of Fabric in MRI. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2023 Jan-Feb;52(1):6-9. doi: 10.1067/j.cpradiol.2022.07.011. Epub 2022 Jul 30. PMID: 36085099.





# Özel Hasta Gruplarında Dikkat Edilmesi Gerekenler

Dr. Mehmet Sait DOĞAN

## GEBELİK:

### Gebe sağlık çalışanları için MR güvenliği:

Gebe sağlık personelinin, gebeliğin tüm evreleri boyunca MR ortamında ve çevresinde çalışmalarına izin verilir. Kabul edilebilir faaliyetler arasında, hastaların MR cihazına konumlandırılması, tarama, arşivleme, kontrast madde enjeksiyonu ve acil bir duruma yanıt olarak MR tarama odasına girme yer alır. MR ortamında ve çevresinde çalışmalarına izin verilmesine rağmen, çekim sırasında gantry içerisinde veya tarama odası içinde kalmamaları istenir. Bu öneriler 3T veya daha zayıf manyetik alanlar için geçerlidir. Gebe insanların 7 T manyetik alanlara maruz kalmasına ilişkin bugüne kadar mevcut olan veriler yetersizdir.

### Gebe hastalar ve fetus için MR güvenliği:

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), 30 yılı aşkın süredir gebe hastalarda obstetrik, plasental ve fetal anormallikleri değerlendirmek için kullanılmaktadır. MRG fetüsün yanı sıra gebe hastayı da etkileyen çok çeşitli hastalık ve durumları değerlendirmede yararlı bir teşhis aracıdır. Gebe hastalarda görüntüleme gerektiren aktif beyin veya omurga belirtileri ve semptomları varsa, görüntüleme gerektiren kanser gibi hastalıklar söz konusuysa, sonografi tanısız olmadığında göğüs, karın ve pelvik belirti ve semptomlar mevcutsa ve spesifik şüpheli fetal anomali veya kompleks fetal bozukluk vakalarını değerlendirmede MRG tercih edilebilmektedir.

American College of Radiology (ACR: Amerikan Radyoloji Kurulu) ve Society for Pediatric Radiology (SPR: Pediatrik Radyoloji Topluluğu) tarafından ortaklaşa geliştirilen uygulama kılavuzları, mevcut literatürde 1,5 T'de MR görüntülemenin gelişmekte olan fetüs üzerinde zararlı etkilerine dair kanıt bulunmadığından, gebelikte herhangi bir trimester için özel bir değerlendirme yapılmasını önermemektedir. Gebelik durumunda 1.5 T'de kontrastsız bir MR çalışmasına devam etme kararı, bilinmeyen potansiyel riske karşı tıbbi faydaların tartılmasına dayanmalıdır. Radyolog, manyetik rezonans görüntüleme incelemesini gerçekleştirmek için sevk eden doktorla görüşmeli ve anlaşmalıdır. Hastalara daha sonra gebeliğin herhangi bir aşamasında MRG yapılabilir. ACR, gebe hastanın radyoloji raporuna veya tıbbi kayıtlarına;

-MRG çalışmasından istenen bilgilerin ultrasonografi ile elde edilemediğini,

-MRG ile elde edilecek verilerin gebe hastanın ya da fetüsün bakımını potansiyel olarak etkileyebileceğini,

-Sevk eden doktorun bu verileri elde etmek için gebeliğin sona erene kadar beklenilmesinin ihtiyatlı olmadığını belirtir ifadelerin eklenmesini önermektedir.

Gebelik sırasında 1,5 T'den daha yüksek alan güçlerinde (yani 3 T, 7 T) MRG'nin güvenliği tam olarak değerlendirilmemiştir. Bununla birlikte, araştırma çalışmalarının çoğunluğunda, annenin veya gelişmekte olan fetüsün rutin klinik MRG sürecinde kullanılan 3 T veya daha zayıf manyetik alanlara maruz kalmasının tekrarlanabilir herhangi bir zararlı etkisi gösterilememiştir.

Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA)'nın mevcut yönergeleri, MR cihazlarının MRG' nin fetüs açısından güvenliğinin

**“tespit edilmediğini”** belirtmek için etiketlenmesini gerektirir. Güvenlik endişeleri hem anne hem de fetüs ile ilgili olarak ortaya çıkar. Anne güvenliği endişeleri, gebe olmayan bir hastayla aynıdır ve tetkik öncesi tarama ile giderilir. Fetal kaygılar teratojenik etki olasılığı ve akustik hasar olasılığı olmak üzere iki türdür. Genel olarak, hamilelik sırasında MRG güvenliğini değerlendiren çalışmaların çoğunda hiçbir yan etki gösterilmediği belirtilmelidir.

Deney hayvanlarında yapılan az sayıda çalışmada erken gebelikte MRG’ye maruz kalmanın teratojenik etki olasılığını artırdığı gösterilmiştir. Görünür zararlı etkiler için olası mekanizmalar, MR gradyan değişikliklerinin ısınma etkisini ve elektromanyetik alanın biyolojik yapılarla doğrudan termal olmayan etkileşimini içerir. Doku ısınması, anne vücudunun yüzeyinde en fazladır ve vücut merkezinin yakınında ihmal edilebilir seviyelere yaklaşır, bu da fetüste termal hasarın ciddi bir risk oluşturmasını olası kılmaz. Bu çalışmaların çoğuna yönelik eleştiri, bunların insanlar için geçerli olmamasıdır. Bununla birlikte, birinci trimesterde fetal MRG ile ilgili dikkatli bir yaklaşım benimsenmesi için yeterli endişe nedeni sağlar. Buna göre, Birleşik Krallık’taki Ulusal Radyolojik Koruma Kurulu’nun yönergeleri, **“Hamile kadınları hamileliğin ilk üç ayında hariç tutmak ihtiyatlı olabilir”** şeklindedir. İlk trimesterde ek bir endişe, bu dönemde altta yatan nispeten yüksek spontan düşük oranıdır. Bir MRG tetkikini takiben tesadüfen spontan düşük gelişebilir, bu durum nedensel etkiye ilişkin ebeveyn endişelerine yol açabilir. Pratik bir bakış açısından, birinci trimester MRG genellikle fetal endikasyonlardan ziyade maternal endikasyonlar için yapılmalıdır ve bu bağlamda MRG, iyonlaştırıcı radyasyon içeren herhangi bir görüntüleme çalışmasına hala tercih edilir.

Fetüste olası akustik hasar riski, teratojenik etkiye göre daha az olmakla birlikte bir diğer endişe sebebidir. Özellikle klinik kullarımdaki en gürültülü sekans olan EPI ile hızla salınan elektromanyetik akımlara maruz kalan MR tarayıcının koilleri tarafından üretilen yüksek vuruş sesleri nedeniyle fetüste olası akustik hasar riski oluşabileceği öngörölmüştür. Bu konudaki çalışmaların sonuçları, fetusa iletilen sesin zayıfladığını, ses yoğunluğunun fetus için tehlikeli seviyenin altına indiğini göstermekte olup, doğum öncesi MRG sırasında fetüste önemli bir akustik yaralanma riski olmadığına dair güven verici klinik ve deneysel kanıtlar sunmaktadır.

### Gebe hastalarda kontrast madde kullanımı:

Güvenli MRG uygulamalarına yönelik 2007 ACR kılavuz belgesi, gebelik sırasında intravenöz gadolinyumdan kaçınılmasını ve yalnızca kesinlikle gerekiyse kullanılmasını önermektedir; ayrıca gadolinyum kullanımının riskleri ve yararları gebe hasta ve sevk eden klinisyenle tartışılmalıdır.

Gadolinyum bazlı kontrast maddeler, FDA tarafından kategori C (riskin göz ardı edilemediği) ilaç olarak sınıflandırılır ve kritik olarak kabul edilirse kullanılabilir, yani yalnızca **“potansiyel fayda, fetüs için potansiyel riske ağır basarsa”** uygulanabilir.

Yakın tarihli bir çalışmada, birinci trimester gebelerinde gadolinyuma maruz kalma seviyesinin arttığı ortaya konmuş olup, potansiyel olarak hamile hasta popölyasyonlarına gadolinyum bazlı kontrast madde uygulanmadan önce MR personelinin uyanık davranması gerektiğini, hastayı olası gebelik açısından sorgulaması gerektiğini vurgulamaktadır.

## Laktasyon döneminde kontrast madde kullanımı:

Geleneksel öneri, intravasküler iyotlu veya gadolinyumlu kontrast madde alan, emziren kadınların 24 saat boyunca emzirmeyi bırakmaları ve bu süre zarfında sağılmış sütün atılmasıdır. Ancak emziren anneye verilen iyotlu veya gadolinyum bazlı kontrast maddenin çok az bir miktarının (<%0.04) süte geçtiği, ve bebeğin gastrointesitnal sistemine giren kontrast maddenin yalnızca küçük bir kısmının (<%1) emildiği gösterilmiştir. Yapılan çalışmalar emziren kadınlara uygulanan kontrast maddenin bebek için hiçbir risk oluşturmadığı sonucuna varmıştır. Sonuç olarak iyotlu ve gadolinyum bazlı kontrast madde alan emziren kadınlar emzirmeye ara vermeden devam edebilirler.

## PEDİATRİK YAŞ GRUBU:

Pediyatrik yaş grubunda MRG ile ilgili riskler şu şekilde özetlenebilir:

-Elektromanyetik alanların biyolojik etkileri,

-MRG incelemeleri sırasında üretilen seslerden kaynaklanan riskler,

-Eksternal ve/veya implante ferromanyetik cihazlardan kaynaklanan tehlikeler,

-Sedasyon veya genel anestezi ile ilişkili veya gadolinyum bazlı kontrast maddelerle ilişkili riskler.

## Elektromanyetik alanların biyolojik etkileri:

MRG'de kullanılan üç elektromanyetik alan kaynağı şunlardır: statik manyetik alanlar, gradyan alanları ve radyofrekans (RF). İnsan dokuları ile etkileşim mekanizmaları sırasıyla polarizasyon, indüklenen akım ve termal ısınmadır. FDA, yetişkinlerin 7 T alanına ve yenidoğanların 4 T alanına maruz bırakılmasını onaylamıştır.

MRG, BT'ye güvenli bir alternatif olarak kabul edilmekle birlikte paradoksal olarak, MRG ile ilgili en endişe verici konulardan biri olası "**genotoksik**" etkilerle ilgilidir. Yapılan çalışmalarda MRG'nin insanlarda DNA hasarı ve kromozomal kararsızlığın en çok incelenen biyobelirteçleri arasında yer alan mikroçekirdeklerin indüksiyonuna yol açtığı, ancak mikroçekirdek frekansının 48 saat içerisinde normale döndüğü gösterilmiştir. Neticede tedbir ilkesine göre gereksiz incelemelerden kaçınılmalı, MRG'nin sağduyulu kullanımına özen gösterilmelidir.

MRG sırasında bilinen en yaygın biyolojik sorun, RF alanlarından kaynaklanan ısınmadır. Isınma vücut yüzeyinde maksimum, merkezinde ise minimumdur. Normal sağlıklı bir vücut için 1 °C'lik bir artış genellikle kabul edilebilir. Isınma, ısıyı periferik vazodilatasyon ile dağıtan yetişkinlerde genelde sorun olmaz iken; immatür termoregülasyona sahip bebeklerde ve yenidoğanlarda (özellikle preterm) sorun olabilmektedir. Bununla birlikte, sedasyon/anestezi intrinsik termoregülasyonu sınırlandırarak, serin ortamda hipotermiye de yol açabilmektedir. RF kaynaklı ısınmanın yol açabileceği yanıklardan korunmada hastanın doğru kilosunu girmek kritik öneme sahiptir. Çocuğun uygun konumlandırıldığından, cilt - cilt temas noktalarında yalıtım pedleri kullanıldığından, varsa elektrotların MR uyumlu olduğundan emin olunmalıdır.

## MRG incelemeleri sırasında üretilen seslerden kaynaklanan riskler:

MRG sırasında primer gürültü kaynağı, gradyan sargılarının esnemesi ve titreşimidir. Yenidoğanların akustik gürültüye daha güçlü reaksiyon geliştirebileceği, vital bulgularında önemli değişiklikler gözlenebileceği belirtilmektedir. Akustik gürültü, işitme kaybı olasılığına ve yenidoğanın kısa ve uzun vadeli nörosensoryel ve fizyolojik gelişimi üzerine olumsuz etkiye yol açabilir. Kulak tıkaçlarının, kulak koruyucuların kullanılması önemle tavsiye edilmektedir.

Eksternal ve/veya implante ferromanyetik cihazlardan kaynaklanan tehlikeler:

MR tarama odası içine istemeden taşınan ferromanyetik projektıl materyal riski, çocuklarda (özellikle yenidoğanlarda ve bebeklerde) yetişkinlerden daha fazladır. Küçük bir çocuğun MRG'ye ihtiyacı varsa, klinik sorun genellikle ciddidir ve hemen her zaman sedasyon veya anestezi gerekir. Bu durumda hastalar monitörizasyon, ventilasyon ekipmanları, infüzyon pompaları gibi ek ekipmanlara sahiptirler. Çocuklar MR ortamındayken MR uyumlu fiber optik sıcaklık izleme cihazları, pulse oksimetre, EKG elektrodları gibi gereksinimler kullanıma hazır olmalıdır.

MRG öncesinde tarama aşamasında çocuklar iyi öykü vermeyebilirler, bu nedenle hem velileri eşliğinde, hem de yalnız olarak sorgulanmalıdırlar. Herhangi bir metalik obje ya da oyuncağın yanlışlıkla zone IV'e girmesine engel olmak amacıyla çocukların kıyafetlerini çıkartılıp önlük giydirilmesi önerilmektedir. Evden getirilen yastıklar, doldurulmuş hayvanlar ve benzeri diğer rahatlık sağlayan eşyaların zone IV'e girmesine izin verilmemelidir. MR odasında çocuklara eşlik edecek aile üyeleri ve personel de zone IV'e girecek



herkesle aynı kriterlerle taranmalıdır. MR odasında refakat için bir yetişkenden fazlasına müsaade edilmemeli, refakatçiye işitme koruması ve uygun oturak sağlanmalıdır. Sedasyon/ anestezi uygulandığında zone IV'e refakatçi alınmaması tavsiye edilmektedir.

Pediyatrik yaş grubunda görülebilen implante ferromanyetik cihazlar arasında bazı uzun süreli santral venöz kateterler, implante programlanabilir beyin omurilik sıvısı şantları implante kardiyak cihazlar ve kohlear implantlar sayılabilir. Tetkik öncesinde hastalar implante cihazların varlığı ve varsa MR uyumlulukları açısından taramaya tabi tutulmalıdır.

Sedasyon veya genel anestezi ile ilişkili veya gadolinyum bazlı kontrast maddelerle ilişkili riskler:

Sedasyona bağlı başlıca kısa vadeli riskler yetersiz sedasyon veya aşırı sedasyondur. Yetersiz sedasyon, tanısıl görüntüler elde etmek için hareketlerin yetersiz azaltılması olup tetkikin başarsız olmasıyla sonuçlanabilir. Özellikle küçük çocuklarda aşırı sedasyon, desatürasyon veya apne riskini artırır. Ayrıca sedasyon/anestezi ile ilişki pulmoner komplikasyonlar bildirilmiştir.

Gadolinyum bazlı kontrast maddelerle ilişkili riskler arasında nefrojenik sistemik fibrozis ve dentat nukleus, globus pallidus gibi derin gri cevher alanlarında T1 kısalmasından bahsedilmelidir. Makrosiklik ajanlar, her iki durum açısından daha az riskli olduklarından tercih edilmelidir. Pediyatrik yaş grubunda gadolinyum bazlı kontrast maddelerle ilişkili aşırı duyarlılık reaksiyonları oldukça nadir (doz başına %0.04 - 0.08) görülmektedir.

## Pedriatrik ve erişkin hasta grubunda sedasyon ve anestezi uygulaması:

Pedriatrik ve erişkin hasta grubunda hareketsiz kalmaya hasta uyumunun ol(a)maması, klostrofobi ve anksiyete gibi nedenlerle anksiyolizis, sedasyon ve anestezi uygulanması gerektiğinde, sedasyon sağlayıcıları işlemin yapıldığı kurum ya da ulusal kuruluşlar tarafından oluşturulmuş protokollere uymalıdır. Bu yönergeler aşağıdaki hükümleri içermelidir:

- Her hasta için işlem öncesi tıbbi öykü ve muayene,
- Yaşa uygun açlık kuralları,
- Sedasyon sağlayıcıları için tek tip eğitim ve sertifikalandırma,
- Çocuklar için uygun boyutlu (prosedür esnasında ve prosedür sonrası) MR uyumlu monitörler,
- Hasta gözlem yöntemi (pencere, kamera),
- Oksijen tertibatı, aspiratör dahil resüsitasyon ekipmanı,
- Yaşamsal belirtilerin sürekli değerlendirilmesi ve kaydedilmesi ile birlikte tek tip kayıt tutma ve tablolama sistemi,
- Uyandırma ve taburculuk için yer ve protokol,
- Komplikasyonları ve morbiditeyi takip eden kalite güvence programı.

Yenidoğanda ve genç pedriatrik popülasyonda, diğer yaşamsal belirtilere ek olarak hipotermi ve hipertermi açasından vücut sıcaklığının izlenmesine özel dikkat gösterilmesi gerekir. MR uyumlu sıcaklık izleme ekipmanı kullanılmalıdır.

Mümkünse MR ortamında kullanılabilen neonatal izolasyon taşıma üniteleri ve diğer ısıtma cihazları da temin edilebilir.

### **MAHKUMLAR / TUTUKLULAR:**

Mahkum / tutuklu hastaların MR taraması, MR güvenlik problemlerini yanında getirir. Bu hastalar, ferromanyetik kelepçeler takılmış olarak baş vurabilir ve onlara ferromanyetik nesnelere ve silahlar taşıyabilen infaz ve koruma memurları eşlik edebilir. Hasta MR bölümüne gelmeden önce, alternatif bir demir dışı kısıtlama seçeneği için bildirimde bulunulmalıdır. Zone III'e girmeden önce hastanın ve beraberindeki infaz ve koruma memur(lar)ının MR taraması yapılmalıdır. Refakatçi görevli(ler) statik manyetik alan güvenlik sorunları konusunda eğitilmelidir ve eğer kabul ederlerse, hasta konumlandırma ve geri alma için zone IV'e kadar sorumlu MR teknisyenine eşlik etmelidir. Ferromanyetik silahların, güvenliğin sağlanması için gerekli görülmedikçe, zone III'e girmesine kesinlikle izin verilmemelidir. Ferromanyetik bileşenlere sahip ateşli silahların zone IV'te (MR sistem odası) potansiyel ciddi bir tehdit oluşturduğuna dikkat edilmelidir. Ateşli silahlar potansiyel projektıl materyal olduklarından ve zone IV'e getirildiklerinde herkes için potansiyel bir tehlike oluşturduğundan, ateşli silah taşıyan herhangi bir memura zone IV'e girmekten kaçınması talimatı verilmelidir.

## **Kaynakça:**

- Kanal E, Barkovich AJ, Bell C, et al. ACR Guidance Document on MR Safe Practices: 2013. *J. Magn. Reson. Imaging* 2013;37:501-530
- Webb JA, Thomsen HS, Morcos SK. Members of Contrast Media Safety Committee of European Society of Urogenital Radiology (ESUR). The use of iodinated and gadolinium contrast media during pregnancy and lactation. *Eur Radiol* 2005; 15: 1234-1240.
- Sammet S. Magnetic resonance safety. *Abdom Radiol (NY)*. 2016;41(3):444-51
- ACR Manual on MR Safety Version 1.0 2020. ACR Committee on MR Safety.
- Salerno S, Granata C, Trapenese M, et al. Is MRI imaging in pediatric age totally safe? A critical reprisal. *Radiol Med*. 2018;123(9):695-702.
- Hartwig V, Giovannetti G, Vanello N, et al. Biological effects and safety in magnetic resonance imaging: a review. *Int J Environ Res Public Health*. 2009;6(6):1778-98.



# MR Güvenliği: İmplant, Cihaz ve Nesnelere

Dr. İrmak Durur Subaşı

## Ekipman

Tıbbi cihaz ve nesnelere MR güvenliği açısından üç grupta incelenir:

1. MR güvenli: MR ortamında herhangi bir zarar oluşturmayan nesnelere, yeşil renkle etiket ile belirtilir. Metal olmayan, metal içermeyen, iletken olmayan ve manyetik olmayan nesnelere için kullanılır.

2. MR koşullu (şartlı) olanlar: Yalnızca belirli koşullarda tehlike oluşturmazlar ve sarı renkle gösterilirler. Metal içerebilir ancak ferromanyetik değillerdir. MR koşullu terimi, güvenli kullanım koşullarının karşılanması şartı ile nesnenin veya cihazın MR ortamında güvenle kullanılabileceğini gösteren bir tanımlamadır. Bu koşullar şunlardır: Cihazın test edildiği maksimum manyetik alan, maksimum uzamsal gradyanın büyüklüğü ve konumu, gradyan alanındaki maksimum değişim hızı ve RF parazitini, RF ısıtma ve iletim modu türü açısından tolere edilen radyo frekans alanları. Ekipmanı **“MR koşullu”** olarak etiketlerken, cihazın test edildiği koşullar da etikete dahil edilmelidir. Bir dizi koşul altında **“MR koşullu”** olan ekipman, örneğin daha yüksek bir alan kuvveti gibi farklı koşullar altında güvenli olmayabilir.

3. MR güvenli olmayanlar: MR ortamında tehlikelidir, kırmızı renk ile gösterilir. Ferromanyetik özellikteki metallere yapılan materyaller bu grupta yer alır.

Prensip olarak hasta üzerinde veya eşliğindeki tüm taşınabilir metalik veya kısmen metalik cihazların (örn. oksijen tüpleri), daha üçüncü bölgeden önce **“MR Güvenli Olmayan”** veya **“MR Koşullu”** olarak etiketlenmiş olması gerekir. Bu bilgi, yazılı olmalıdır. Ferromanyetik özellikteki ve **“MR Güvenli Olmayan”** harici cihazlar veya nesnelerin, hasta bakımı nedeni ile üçüncü bölgeye alınması, MR personeli tarafından uygun görülmüş olmalı ve bazı koşullara uyulmalıdır: Cihaz veya nesne; MR Personelinin sorumluluğu ve denetimi altında, üçüncü bölgede fiziksel olarak emniyete alınmalı, statik manyetik alan veya gradientlerin etkisine girmesine izin verilmemelidir. Açıkça yazılı olarak belgelenmemişse, bir cihazın **“MR Koşullu”** veya **“MR Güvenli”** statüsü asla üstlenilmemelidir. Güçlü bir el mıknatısı (>1000 G) ve/veya bir metal detektörü ile test edilmelidir. Testin sonucu, tarih, saat, test edenin adı ve ne şekilde test edildiği yazılı olarak belgelenmelidir. Bir cihaz test edilmemişse veya MR güvenlik durumu bilinmiyorsa, üçüncü bölgeye erişimine izin verilmemelidir. Dördüncü bölgeye alınmasına müsaade edilmiş olan bütün taşınabilir, metal içermeyen nesneler, ASTM International (*American Society for Testing and Materials*-Amerikan Test ve Malzeme Kurumu) tarafından geliştirilen etiketleme kriterleri ile, kare yeşil bir **“MR Güvenli”** etiketi ile uygun şekilde tanımlanmış olmalıdır. Ferromanyetik öğeler yuvarlak kırmızı etiketle **“MR Güvensiz”** olarak tanımlanmalıdır. **“MR Koşullu”** statüsüne sahip nesnelerin ise, üçgen sarı bir etiket ile bu durumları tespit edilmiş olmalıdır (Resim 1).



**Resim 1.** ASTM International tarafından geliştirilen etiketlemeler. Solda yeşil, kare “**MR Güvenli**” etiketi, ortada “**MR Koşullu**” statüsüne sahip metal içeren nesnelerin sarı, uyarıcı etiket ve sağda ferromanyetik ögeler için yuvarlak, kırmızı “**MR Güvensiz**” yasağını belirten etiket izlenmektedir.

Genel olarak MR güvenlik verileri bulunmadığında, elektrikli aktif ekipman veya nesneler için ASTM Uluslararası Standardı F2503'te belirtilen teste tabi tutulmalı ve bu bilgiye sahip olunarak dördüncü bölgeye getirilmelidir. Elektrikle çalışmayan bir nesne (örn. lavabolar, sert fırçalar, basamaklı tabureler) ise güçlü bir el mıknatısı (>1000 G) ve/veya bir metal detektörü ile MR Personeli tarafından test edilmelidir. Algılanabilir ferromanyetik özellikler gözlemlenirse, dairesel kırmızı bir “**MR Güvenli Değil**” etiketi ile etiketlenecektir. Hiçbiri gözlenmezse, nesneye üçgen sarı bir MR Koşullu etiketi yapıştırılmalıdır. Yeşil “**MR Güvenli**” etiketi, metal içermediği ve elektriği iletmediği kesin olarak bilinen bir cihaz veya nesne dışında yapıştırılmamalıdır.

Manyetik olmayan veya MR uyumlu gibi eski tanımlamalar artık kullanılmamaktadır. Ayrıca “**MR güvenli**” olarak pazarlanan ancak metalik yapıya veya bileşenlere sahip herhangi bir ürüne şüpheyle yaklaşılmalıdır. Metal içeren bir nesne ya MR koşulludur veya güvensizdir. ASTM Uluslararası Standardı kapsamında üretici veya üçüncü taraf MR güvenlik testi sonuçlarının eşlik etmediği basamaklı tabureler veya



merdivenler gibi klinik olmayan ürünler de dahil olmak üzere dördüncü bölgede kullanılması amaçlanan nesnelere, yukarıda açıklandığı gibi test edilmelidir.

Tekerlekli sandalye, sedye, acil durum arabaları, temizlik ekipmanları gibi MR ortamına getirilen hiçbir yardımcı ekipman, ferromanyetik malzeme içermemelidir. Yastıklarda yay bulunabilir ve kum torbaları metal topaklar içerebilir. **“MR ETİKETSİZ”** ekipman, aksi belirleninceye kadar **“MR Güvenli Değil”** olarak kabul edilir.

### **MR İncelemesi Sırasında Bulunan İmplant, Cihaz veya Nesne**

Bir MR incelemesi sırasında, beklenmedik bir ferromanyetik implant veya yabancı cisim keşfedilmesi mümkündür. Tipik olarak, yüksek eko zamanı ile büyüyen ve gradient ekoda daha belirgin hale gelen bir görüntü bozulması ve/veya sinyal kaybı, iç içe düşük ve yüksek intensiteli halkalar olarak görülür. Böyle durumlarda, daha fazla görüntü alınmaması, radyoloji uzman hekimi ve hastanın klinik hekimine durumun derhal bildirilmesi zorunludur.

Hastanın durumu, şüpheli cismin anatomik yapılar göre konumu, kütlesi gibi birçok faktöre bağlı olarak uygun eylem planı oluşturulmalıdır. Hekimlerin bilgisi ile tetkike devam edilebilir veya hasta hareketsiz hale getirilip hemen tarayıcıdan çıkarılabilir. Çıkarma girişimi sırasında implant üzerindeki kuvvetler değişir ve hatta artar. Ayrıca, hastanın hızlı hareketi etki eden kuvvetleri artırır. Bu nedenle, eğer mümkünse, hastanın boşluktan çıkarılması sırasında cihaz hareketsiz hale getirilmeli ve yavaş ve temkinli olunmalıdır. MR ortamındaki manyetik alanlar 3 boyutlu olduğundan, özellikle süperiletken sistemler için, hastanın fiziksel olarak boşluğun dışına çıktığı anda oturtulmaması gerekir.

Hastanın manyetin merkezine paralel düz bir hat boyunca çekmeye devam edilmesi daha uygundur. Oturtmak, fiziksel olarak tarayıcı boşluğunun dışında da olsa demirli nesneyi önemli tork ve öteleme ile ilgili kuvvetlere maruz bırakabilir. İmplant edilmiş bir cihaz yanlışlıkla MR sistemiyle ilişkili enerjilere maruz kalırsa, hasta MR odasından çıkartılmadan önce aktif cihaz(lar)ın bakımından sorumlu doktorla temasa geçilmelidir.

Vücuda yerleştirilebilir (implantable) cihazlar MR güvenliği yönünden iki ana kategoriye ayrılır:

1. Aktif (işleyen) implantlar: İşlevselliklerinin elektrik, mekanik veya pnömatik güç gibi bir enerji kaynağına bağlı olduğu kalp pilleri, defibrilatörler, nörostimülatörler, koklear implantlar ve ilaç pompaları gibi vücuda yerleştirilebilir cihazlardır.
2. Aktif olmayan implantlar: İşlevleri için herhangi bir güç kaynağına ihtiyaç duymayan kalça/diz eklemi protezleri, kalp kapakçıkları, anevrizma klipleri, koroner stentler ve meme implantları.

Aktif implantlar, MR'a maruz kalma sırasında zarar görebilecek metal bileşenler içerir veya implant bir bütün olarak manyetik alan tarafından çekilebilir. Kurşun elektrotlar, manyetik alan veya RF alanlarının neden olduğu elektrik enerjisini algılayabilir ve çalışmaları değişebilir. İndüklenen akım nedeni ile doku hasarı gelişebilir. Daha büyük metalik bileşenler de ısınabilir.

Cerrahlar, hastalara implante edilen tıbbi cihazlar hakkında belge ve bilgi sağlayabilirler. Cihazların sertifika veya künyeleri mutlaka uygulama zamanında hastalara verilmiş olmalıdır. Böylece implant ile ilgili MR izni hakkında önceden bilgi sahibi olunmuş olacaktır.

Bu mümkün olmadığında, vücuda yerleştirilebilir her tıbbi cihazın uyumluluğu konusunda implant üreticilerine başvurulmalıdır. Cihazlar her ülkede farklı üretilebilir, dolayısıyla cihazın künyesi bilinmeden genelleme yapmaktan kaçınılmalıdır.

## ÖRNEKLER:

### AKTİF İMPLANTLAR

#### Kalp pilleri/kardiyoverter defibrilatörler ve elektrotlar

MR için gerekli olan statik manyetik alan, zamanla değişen manyetik gradyan alanları ve radyofrekans alanları, aktif implant işlevinin ciddi şekilde bozulmasına neden olabilir.

Pil veya defibrilatörler ile ilgili tehlikeler:

- Kalp pilinin titreşmesi, hareket etmesi, ısınması
- Beklenmeyen programlama değişiklikleri, fabrika ayarlarına sıfırlama
- Kalp pili atım uyarımının engellenmesi, aritmi
- Kalp pili manyetik anahtarı arızası
- Ritim ve yüksek kalp hızlarının uygunsuz şekilde algılanması
- Eşzamansız veya aşırı hızlı atım uyarısı, ventriküler fibrilasyon
- Isınma, doku hasarıdır.

Kalp pili veya kardiyoverter defibrilatörü (implantable cardioverter-defibrillator-icd) implantı olanlar, MR cihazına alınmamalı; fiziksel olarak da alana sokulmamalıdır. İstisna olarak kalp pili takılmış bir bireyde inceleme yapılabilmesi için cihaz kesinlikle **“MR koşullu”** olmalı, hasta ile bilgiye sahip kardiyoloji uzmanının hastanın MR’ye gireceğinden haberdar olması ve MR teknikeri de implant üreticisinin güvenli çalışma için belirttiği tüm koşulların karşılandığını onaylıyor olmalıdır. Aksi halde MR ortamına girmemelidir. Kardiyoloji uzmanı, tetkikten sonra hastadaki gizli veya daha uzun süreli değişiklikleri saptamak için takip etmek isteyebilir. Literatürde MR’nin güvenli olabileceği görüşünü öne süren çalışmalar bildirilse de bunlar sınırlı ve iddiaları tartışmalıdır.

## **Nörostimülatörler**

Radyofrekans ve gradyan alanları bu cihazların çalışmasını etkileyebilir. Normalde ağrı kontrolü, kas ve sinirlerin stimülasyonu amacı ile veya Parkinson Hastalığı gibi istemsiz hareketlerin tedavisinde derin beyin uyarımı, mesane/bağırsak nörouyarcıları artık birçok durum için kullanılmaktadır. Nörostimülatörler karın veya üst göğüs bölgesine, uzuvların içine veya yakınına implante edilebilir. Elektrotlar, omurilik, ilgili sinir veya kasa cilt altından ilerleyerek ulaşır.

Nörostimülatörler, MR ortamında arızalanabilir, ağrıya veya sinir liflerinde hasara neden olabilir. Isınma ile çevre dokuda termal yaralanma gelişebilir. Nörostimülatör kesinlikle **“MR koşullu”** olmalı ve MR teknikeri de implant üreticisinin güvenli çalışma için belirttiği tüm koşulların karşılandığını onaylıyor olmalıdır.

## **İnfüzyon pompaları**

Programlanabilir implante edilebilir infüzyon pompaları

genellikle ferromanyetik bileşenler ve bir manyetik anahtar içerir. Dolayısıyla genellikle MR ortamına alınamaz. Sabit bir akış hızına sahip olan infüzyon pompaları ise ferromanyetik bileşenler içerir. İnfüzyon pompaları, dahili bir güç kaynağıyla entegre bir pil aracılığıyla, bir tür saat mekanizması aracılığıyla veya dahili bir basınç rezervuar sistemi aracılığıyla gaz basıncıyla çalışır. Son ifade edilenler, çevre dokulardaki sıcaklık değişikliklerinden etkilenebilir.

## **Programlanabilir hidrocefali şantları**

Programlanabilir şantların basınç ayarı, yüksek manyetik alan tarafından değiştirilebilir. Böylece beyin omurilik sıvısı aşırı veya az drene olabilir. Bu hastalara MR yapılması şart ise, işlemin hemen ardından implantın ayarını kontrol etmek ve gerekirse cihazı yeniden programlamak amacı ile bir şant programcısı ve hastanın klinik hekimi ile hazırlık yapmak gerekir. Aşırı ve yetersiz drenajın semptomları (baş ağrısı, kusma, uykuya eğilim, sinirlilik) ve bu durumda nereye nasıl başvurulması gerektiği konusunda hastaya tavsiye verilmelidir. Riskleri azaltmak için, hastaneler ve radyoloji departmanları, programlanabilir hidrocefali şantlarının tanımlanması, belgelenmesi ve görüntülenmesi için bir politika geliştirmelidir. Hastalara uygun cihaz belgelerinin (şant pasaportu') sağlanması gerekir. Şant pasaportu, aşağıdakilerin ayrıntılarını içermelidir:

- Şantın üreticisi, modeli, partisi ve seri numarası,
- Basınç ayarı (her ayarlandığında güncellenmelidir),
- Potansiyel tehlikelere karşı hasta ve MR bölümleri için uyarı yazısı,
- Kılavuzlar ve basınç ayar tabloları gibi üretici literatürü,
- Çeşitli şant modellerinin radyolojik görünümünü içeren bilgiler.

Şant programlanabilir değil ise üretici aksini belirtmediği sürece 1,5 T'de görüntülenebilir. Şantın tipinin veya mevcut basınç ayarının bilinmediği durumda, ilgili klinisyene danışılmalıdır.

## **Kohlear implantlar**

Kohlear implantlar genellikle ferromanyetik bileşenlere sahiptir, elektronik ya da manyetik mekanizmalar içerirler. Ancak **“MR koşullu”** bazı cihazlar, üreticisinin rehberliği doğrultusunda MR'ye alınabilir.

## **AKTİF OLMAYAN İMPLANTLAR**

### **Kalça/diz protezleri**

Kalça protezi gibi büyük metalik implantları olan hastalar MR cihazına alınabilir. Ancak manyetik alana yaklaşıırken ve tetkik sırasında dikkatle takip edilmeleri gerekir. Isı oluşabilir. Rahatsızlık hissedilirse, MR maruziyeti kesilmelidir. Ayrıca bunun dışında büyük metalik implantların varlığı görüntüleme hacmine yakınsa görüntü kalitesini ciddi şekilde düşürebilir. Ortopedik implant ve protezler genellikle üzerinde ayrı bir etiket olmadığı sürece sorun oluşturmazlar. Eksternal fiksatorlerde ise ciltte yanıklar meydana gelebilir, MR'ye alınmamalıdır.

### **Kalp kapakçıkları**

MR güvenliğini doğrulandığı sürece protez kalp kapağı olan birçok hasta güvenli bir şekilde taranabilir. Protezin, üretici tarafından sağlanan, **“MR koşullu”** bilgilerine sahip olunması gerekir.

### **Tıkayıcı klipler/zımbalar (stapler)**

Bu cihazların çok çeşitlileri MR güvenliği açısından değerlendirilmiştir.

Bazı tıkaçıcı klipler ferromanyetikdir ve özellikle yerleştirmeden sonraki ilk altı hafta boyunca statik manyetik alan tarafından yer değiştirebilir. Lokal fibrozis (bağ dokusu ile iyileşme) henüz oluşmamışsa, fallop tüplerine uygulanan tıkaçıcı klipler yer değiştirebilir. Takıldıktan sonraki ilk 6 hafta boyunca klibin doğası hakkında herhangi bir şüphe varsa, MR güvenlik uzmanının tavsiyesine başvurulmalıdır.

Baştaki anevrizma klipleri, fibrozisin oluşmama ihtimali nedeni ile özel bir tehlikedir. Anevrizma klibinin ferromanyetik olmadığına dair belge olmadıkça tarama işlemine devam edilmemelidir. Örneğin, titanyum, tantal ve vanadyum ferromanyetik değildir, oysa paslanmaz çelik değişen derecelerde paramanyetizma ve ferromanyetizmaya sahiptir.

Bu, MR ünitelerinin her koşulda anevrizma klibi olan hastaların taranıp taranmayacağı konusunda ikiye ayrıldığı hala çok tartışmalı bir alandır. Radyoloji uzmanı, sevk eden klinisyen/implantasyon cerrahı, klibin taranmasının güvenli olduğuna dair belgeleri elde etmek ve kontrol etmekten sorumlu olmalıdır. Hastane veya departman personelin izleyeceği bir politikayı geliştirmelidir. Anevrizma klibine sahip hastanın refakatçileri kesinlikle MR ortamına girmemelidir.

### **Damar içi stentler, filtreler ve sarmallar (*coil*)**

Ferromanyetik olmayanlar, implantasyondan hemen sonra 1,5 T'ye kadar MR ile görüntülenebilir. Paslanmaz çelik gibi zayıf ferromanyetizma içerenler ise, damar duvarına bağlanmaya için 6-8 hafta beklenmelidir. Damar içinde tam olarak yerine oturmamış veya düzgün yerleştirilmemiş damar içi implantlar için MR yapılmamalıdır.

Üreticiler ferromanyetik olmayan ve zayıf ferromanyetik implantlar arasında ayırım yapmamış ise implantların MR güvenlik yönleri tartışmalı olacaktır.

Stentlerin ısınması, özellikle birden fazla cihaz implante edilmiş hastalarda stent içeriği, uzunluğu ve MR sisteminin iletim frekansına bağlı olarak bir sorun olabilir. Dolayısıyla MR güvenliği ile ilgili tavsiye için üreticiye başvurulmalıdır.

## **Oküler implantlar**

İmplantın doku hasarına neden olacak şekilde hareket etmesi veya yerinden çıkması potansiyeli mevcuttur. Ferromanyetik malzemeden yapılmış retina yapışkanları yaralanma veya olası görme kaybına yol açabilir. MR güvenliği için üreticiye başvurulmalıdır.

## **Penil implantlar**

Birçok farklı penil implant bulunmaktadır. Yaralanma potansiyeli olduğundan, bu implantlara sahip hastaların bir MR tetkikine tabi tutulmaması önerilir.

## **Doku genişleticiler ve implantlar**

Bazı meme dokusu genişleticiler (ekspander) ve meme implantları, enjeksiyon portları içerirler, buradan protezi genişletmek için serum fizyolojik verilir. Enjeksiyon portları paslanmaz çelik içerebilir veya yerleşim tespitine yardımcı olmak için manyetizma gösterebilir. Dolayısıyla manyetik alan tarafından çekim kuvvetlerine maruz kalarak tork (dönme momenti) veya hareket ortaya çıkabilir. RF kaynaklı ısınma da meydana gelebilir. BU NEDENLE, ENJEKSİYON PORTU İÇEREN İMPLANTLAR MR İÇİN KONTRENDİKEDİR.

## **Rahim içi araçlar**

Rahim içi kontraseptif cihazlar (RİA) genellikle aktif bakır elementli plastikten yapılıdır. Testler, bu nesnelere 1,5 T veya altında çalışan MR sistemlerini kullanan hastalar için güvenli olduğunu göstermiştir.



## **DiğER DURUMLAR:**

### **Transdermal yamalar-yakı**

Tıbbi flasterlerde metalik bileşenlerin bulunmasından kaynaklanan yanıklar söz konusu olabilir. Metal içeren ve ısıdan etkilenebilecek transdermal tıbbi yamalar, hastanın hekimi ile konuşularak bakımını etkilemeyecek bir yolla uzaklaştırıldıktan sonra hasta MR'ye alınmalıdır.

### **Dövme**

Dövmeler, demir oksit veya iletken ferromanyetik maddeler içerebilir. Tarama sırasında hastalardan herhangi bir rahatsızlık hissini hemen bildirmeleri istenmelidir. Amerika Radyoloji Koleji, dövmeler vücut bobininin RF iletimi için kullanıldığı hacim içindeyse, dövme bölgelere soğuk kompres veya buz paketlerinin yerleştirilmesini ve MRI işlemi boyunca yerinde tutulmasını önerir.

### **Makyaj**

Metalik lifler ve ağır metaller içerebileceğinden tüm makyaj, özellikle göz makyajı çıkarılmalıdır.

### **Metalik yabancı cisimler**

Mermiler, peletler, şarapnel, gizli vücut *piercingi*, yüzükler, saçmalar vb. gibi metalik nesnelerin veya diğer metal parçaların, özellikle ferromanyetik nesnelerin varlığı, vücudun hem içinde hem de dışında özel bir tehlike oluşturur. Gömülü metal parçalar ısınır ve hareket edebilir veya yerinden çıkabilir. Metalik yabancı cismin bulunduğu yere dikkat edilmelidir; nesne yumuşak doku yapılarına ve/veya aorta karotis gibi önemli damarlara yakınsa, yaralanma potansiyeli daha fazladır.

## Göz içi yabancı cisim

GÖZ İÇİ FERROMANYETİK METALİK NESNE VAR İSE HASTA MR ORTAMINA ALINAMAZ. Göz içinde metalik yabancı cisim olduğundan şüphelenilen hastaların MR'a girmelerine izin verilmeden önce bu durum netleştirilmelidir. Gözde metal parçalarının varlığından şüpheleniliyor ise röntgen çekilmesi gerekir.

## Vücut *piercingi*

Vücut *piercing*lerinin çoğu, ferromanyetik olmayan malzemelerden yapılır. Dolayısıyla güçlü bir mıknatıs kullanılarak test edilebilir. *Piercing* görüntüleme hacmine yakınsa ana sorun artefakt indüksiyonu ve ısınma olabilir, *piercingin* güvenliği veya artefaktlara neden olma potansiyeli nedeni ile çıkarılmalıdır.

## Kalıcı kateterler

Kalıcı kateterlerin ferromanyetik malzeme içermesi olasılığı düşüktür ancak bağlantılar, emniyet pimleri ve destek standları kontrol edilmeli, çıkarılmalı ve uygun bir destek yapılmalıdır.

## Yardımcı teknoloji

Isı oluşumu ve/veya elektrik devre arızasına bağlı hasar olasılığı varsa metal ortezler, gözlükler ve işitme cihazları çıkarılmalıdır. Hasta için bunların çıkarılmasından kaynaklanan duyuşsal problemler giderilmelidir.

Implantlar, cihaz ve nesnelere ilgili <https://mrisafety.com/>, [www.MRISafetyModeling.com](http://www.MRISafetyModeling.com) veya <http://www.imrser.org/default.asp> internet sitelerinde bilgi bulunabilir.

Sonuç olarak;

- Teknikerler, tüm implantların MR güvenliği konusunda implantı uygulayan veya takip eden klinik hekimlerin ve üreticilerin önerilerini dikkate almalıdır..
- RHastaneler, radyoloji bölümleri, MR birimleri, implantı olan hastalar için politikalar geliştirmeli, sonuçlarını takip etmelidir.
- MRI ekipmanı ile ilgili herhangi bir değişiklik olduğunda kontroller yenilenmelidir.
- Tekniker şüpheye düştüğünde, **“MR Güvenli değil”** varsayımı **yapmalıdır**, yeterli bilgi yok ise, hastanın MR'ye girmesine izin verilmemelidir
- Klinik ve radyoloji hekimleri de, risk-fayda değerlendirmesi yapmalıdır.
- Teknikerin konu ile ilgili güncel bilgileri takip etme sorumluluğu bulunmaktadır.

## Kaynakça

TRD Manyetik Rezonans Görüntüleme Güvenlik Kılavuzu-2019

ACR Manuel on MR safety, 2020, <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Radiology-Safety/MR-Safety>

MRI safety policies, 2022, [https://medicine.yale.edu/diagnosticradiology/patientcare/policies/mri\\_safety\\_manual\\_november2022\\_284424\\_284\\_11023\\_v26.pdf](https://medicine.yale.edu/diagnosticradiology/patientcare/policies/mri_safety_manual_november2022_284424_284_11023_v26.pdf)

Safety Guidelines for Magnetic Resonance Imaging Equipment in Clinical Use, 2021, [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/958486/MRI\\_guidance\\_2021-4-03c.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/958486/MRI_guidance_2021-4-03c.pdf)

MRI safety website. <http://www.mrisafety.com>

# Manyetik Rezonans Görüntülemeye Kullanılan Kontrast Maddeler

Dr. Afak DURUR KARAKAYA

Tıbbi görüntülemeyi iyileştirmek için çeşitli kontrast maddeler kullanılmıştır. Manyetik rezonans (MR) görüntülemeye gadolinium içeren kontrast maddeler kullanılmaktadır. Bu kontrast maddeler genellikle %95 oranında glomerüler filtrasyonla atılır (karaciğer spesifik kontrast maddeler ise %50 oranında glomerüler filtrasyonla atılır). Bu nedenle bu kontrast maddeleri kullanacağımız hasta popülasyonunda mutlaka yakın zamanlı glomerüler filtrasyon hızı (GFH, GFR) hesaplanmalıdır. GFH normal hastalarda bu ilaçlar güvenli olarak uygulanabilirken özellikle GFH'nin 30ml/dk'nın altında olduğu hastalarda olası nefrojenik sistemik sklerozun da önlenmesi için diyaliz ihtiyacı doğabilmektedir.

Kontrast madde uygulamasından kaynaklanan diğer olumsuz yan etkiler, küçük fizyolojik rahatsızlıklardan nadir görülen ciddi hayatı tehdit eden durumlara kadar değişir. Özellikle hafif derecelerden anafeksiye kadar olan geniş bir aralıkta allerjik reaksiyonlar karşımıza çıkabilmektedir. Kontrast madde reaksiyonlarının hızlı tedavisi için hazırlık, olası advers olayların tüm yelpazesi için hazırlığı içermeli ve uygun şekilde eğitilmiş personel, ekipman ve ilaçlarla birlikte önceden düzenlenmiş yanıt planlamasını içermelidir. Kontrast madde reaksiyonlarının tanınmasına ve acil tedavisine tam olarak aşına olunması, intravasküler kontrast maddelerin uygulandığı alanlarda önem arz etmektedir.

Kontrast madde uygulanması sırasında hasta yaşı ve vücut yapısına uygun damar yolu kullanımı ile bu damar yoluna uygun kontrast akış hızı olası ekstravazasyon gibi problemlerin oluşmasına büyük oranda engel olacaktır.

Kontrast madde uygulanacak hastaların gebelik durumunun bilinmesi gereklidir. Gadolinium içeren kontrast maddeler plasentayı geçebilmekte ve fetüste gelişim bozuklukları ile erken doğum risklerine yol açabilmektedir.

## **MRG HASTA RİSK DEĞERLENDİRMESİ**

Gerçek MR endikasyonunu klinik ve radyoloji doktoru birlikte belirlemelidir. Tetkikin potansiyel riskleri, talep edilen MR incelemesinin hastaya faydası, kontrast madde kullanıldığında olası yan etkiler ve allerjik reaksiyonlar, MR ile ilişkili mekanik, termal ve fonksiyonel risklerin değerlendirilmesi gereklidir.

Kontrast madde kullanılacak hastalarda kontrastlı incelemenin potansiyel yararına karşı hasta riskinin değerlendirilmesi, görüntüleme alternatifleri ve kontrast madde uygulaması için geçerli bir klinik endikasyon mutlaka değerlendirilmelidir.

## **MR ÇALIŞMALARI SIRASINDA FİZYOLOJİK MONİTORİZASYON**

MR incelemeleri sırasında genellikle hastalar için fizyolojik izlemenin kullanılması gereklidir. Bununla birlikte, MR ortamındaki izleme ekipmanı ile ilişkili termal yaralanma riski nedeniyle, izleme teknikleri öncelikle dikkatli bir şekilde seçilmelidir. Tüm radyofrekans (RF) kaynaklı termal yaralanmalar tespit edilemeyebilir. Sedasyon uygulanan, anestezi uygulanan veya bilinci kapalı olan hastalar, termal yaralanmalar konusunda genellikle savunmasızdır.

Bu yaralanma potansiyeli, özellikle daha yüksek manyetik alana sahip MR cihazlarında (1 Tesla ve üzerindeki) daha fazladır. Bu nedenle özellikle elektrokardiyogram (EKG) tetiklemesi yapılacak hastalarda MR Koşullu EKG elektrotları kullanılmalı ve elektrotlar, tarama sırasında EKG üreticisinin talimatlarına göre konumlandırılmalıdır.

Hastanın kalp hızı ve ritminin takibi için puls-oksimetri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu da mutlaka MR Koşullu olmalı ve/veya cihaz ve elektrotlarının tamamen iletilen RF enerjisine maruz kalan hacmin dışında konumlandırılması gerekmektedir. Böylece termal yaralanma riski azalacaktır.

Ayrıca doğru endikasyonla, kısa görüntüleme süresi ve uygun bölgenin görüntülenmesi de oluşacak termal yaralanma ihtimalini azaltmaktadır.

## **Kaynakça**

1. ACR Manuel of safety MR, Version 1.0, 2020.
2. ACR Manuel of contrast media, 2023.



# MR Komponentleri

Dr. Abdülkadir EREN-

## ZAMANLA DEĞİŞEN DERECELİ MANYETİK ALAN İLE İLGİLİ SORUNLAR

İndüklenen voltaja, anatomik veya fonksiyonel olarak hassas bölgelerde (örn. miyokardiyum veya epikardiyum, beyine implante elektrotlar) implante edilmiş veya tutturulmuş telleri olan hastaların, özellikle, eko düzlemsel görüntüleme (difüzyon ağırlıklı görüntüleme, fonksiyonel görüntüleme, perfüzyon ağırlıklı görüntüleme, MR anjiyografik görüntüleme, vb. dizilerde kullanılabilir) gibi daha hızlı MRG sekanslarında, daha yüksek risk altında olduğu düşünülmelidir

Tüm hastalara ve gönüllülere, MR tarayıcıda herhangi bir görüntülemeden önce işitme koruması kullanmaları teklif edilmeli ve teşvik edilmelidir. FDA, işitme koruması takılıken 99 A ağırlıklı desibeli (dB(A)) aşan ses basınçları üretebilen MRI sistemlerini önemli bir risk olarak kabul eder.

## ZAMANLA DEĞİŞEN RF MANYETİK ALANI İLE İLGİLİ SORUNLAR

RF alanlarıyla ilişkili olası sorunlardan ve yaralanmalardan kaçınmak için, hastanın dışındaki tüm gereksiz veya kullanılmamış elektriksel olarak iletken malzemeler, görüntüleme başlamadan önce MR sisteminden çıkarılmalıdır.

MR'da RF enerjisinin insan dokusu tarafından soğurulma oranını tahmin etmek için kullanılan dozimetrik terim, RF gücünün biyolojik dokuya bağlandığı kitle-normalize oranı olan SAR'dır. SAR, toplam bir enerji dozu değil, hasta tarafından enerji emilimi oranının bir tahminidir. Hasta tarafından emilen toplam enerjiye spesifik enerji dozu (SED) denir ve ayrıca spesifik emilen enerji olarak da ifade edilebilir.



SED genellikle kilogram başına joule veya kilogram başına kilojoule cinsinden rapor edilir.

Son zamanlarda, bazı üreticiler MR tarayıcılarında SED sınırları uygulamışlardır. SED limitlerini uygulamanın ana mantığı, bir hastayı çekirdek sıcaklık yükselmelerinden veya fizyolojik stresten veya uzun süreli ve/veya yüksek SAR nabız sekanslarından (örneğin, toplam omurga veya vücut muayeneleri) kaynaklanan aşırı yüksek termal yüklerle ilgili rahatsızlıktan korumaktır.

Diüretikler, beta blokerler, kalsiyum blokerler, amfetaminler ve sedatifler dahil olmak üzere ilaçlar, hastanın ısı yüküne karşı termoregülatör tepkilerini değiştirebilir.

Daha da önemlisi, bazı ilaçlar doku ısınması açısından RF radyasyonu ile sinerjistik bir etkiye sahip olabilir.

Termal yaralanmalara veya yanıklara karşı korunmaya yardımcı olmak için, MR sistemi üreticilerinin spesifikasyonlarını karşılayan pedler, hastanın cildi ile herhangi bir verici RF bobini arasına yerleştirilmelidir. Bu pedler, iletim bobini ile hastanın dokuları arasında mesafe sağlamak için hastayı verici RF bobinine yakın olmaktan korur. Tek katmanlı bir çarşaf yetersiz yalıtım veya boşluktur. Hastanın kendi dokularında, örneğin uyluktan uyluğa temas gibi cilt-cilt temas noktalarında büyük iletken halkaların oluşturulabileceğini bilmek de önemlidir.

Büyük kalibre kaynaklı akım döngüleri, indüklenen bir akım döngüsünün çapı ne kadar büyük olursa, o döngü içinde indüklenebilecek akım miktarı ve dolayısıyla ısıtma potansiyeli de o kadar büyük olur. Bu nedenle, hastanın kolları ve/veya bacakları gibi dokularının büyük kalibreli iletken halkalar oluşturmamasını sağlamak önemlidir. Yanıkların rapor edildiği, hastanın kendi dokularını içeren büyük kalibreli kaynaklı akım halkalarının örnekleri iç uylukları veya parmakları ve dış uylukları içerir.

Büyük kalibre kaynaklı akım döngülerinin önlenmesine yardımcı olmak için sağlanan yalıtım pedlerinin kullanılması önerilir.

Elektriği ileten elektrotların görüntüleme sırasında hastayla doğrudan temas etmesi gerektiğinde, bu tür temas alanlarına profilaktik olarak soğuk kompres veya buz paketleri uygulanması düşünülmelidir. Yukarıda belirtildiği gibi, MR sırasında iletilen RF enerjisi ile belirli uzunluktaki uzun elektriksel olarak iletken teller veya kurşunlar arasında rezonans devresinin kurulabileceği ve böylece verimli anten görevi görebileceği gösterilmiştir. Bu, bu tellerin uçlarının ısınmasına veya birkaç saniye içinde 90 °C'yi aşan sıcaklıklara yol açabilir.

RF termal sorunları için özel hususlar: Bilinci yerinde olmayan veya yanıt vermeyen hasta. Bilinci yerinde olmayan veya yanıt vermeyen hastanın, MR çalışması süresince tüm bağlı elektrot tellerinin elektrot bağlantı yerinde soğuk kompres veya buz torbasıyla kapatılması düşünülmelidir.

Giyisilerde kullanılan bazı malzemeler, MRG yapılan hastalarda termal yaralanma ve/veya yanıklarla giderek daha fazla ilişkilendirilmektedir. Giysi ve diğer ilgili ürünlerin imalatındaki son trendler, etiketlemede güvenilir bir şekilde açıklanmayan metalik ve iletken malzemeleri (örn. antimikrobiyal gümüş ve bakır) dahil etmiştir.

Cilt zimbaları veya birbirine yakın çoklu implantlar. Genel olarak, bireysel küçük dermal implantlar ve/veya piercinglerle ilişkili termal riskler oldukça küçük olsa da, birbirine yakın olan veya doğrudan temas eden dermal implantlar, eğer öğeler RF ile ilişkili hacimdeyse termal yaralanma riskini artırabilir.

### **Kaynakça**

ACR Manual on MR Safety



