

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**



MEGEP

**(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ
PROJESİ)**

BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ

MR KURULUM HAZIRLIKLARI

ANKARA - 2008

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ - 1	3
1. ELEKTROMANYETİK GÖRÜNTÜLEYİCİ ÜNİTELERİ	3
1.1. Kullanım Amaçları, Yapısı ve Kısımları	3
1.1.1. Neden MRG?	3
1.1.2. MRG İle İlgili Temel Fiziksel Kavramlar	6
1.1.3. MRG'de Görüntü Oluşumu	12
1.1.4. MRG'nin Kullanıldığı Alanlar	12
1.1.5. Sistem Yapılandırması	13
1.1.6. MR Cihazın Bileşenleri	13
1.2. Kurulum ve Kullanım Yeri Özellikleri	20
1.2.1. MR Üniteleri İçin Gerekli Tesisat ve Alt Yapı	24
UYGULAMA FAALİYETİ	26
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	27
ÖĞRENME FAALİYETİ - 2	29
2. MR ÜNİTELERİNİN CİHAZLARINI NAKLETME	29
2.1. MR Ünitelerinin Taşıma Aparatları	31
2.2. Uygun Ambalajlama ve Etiketleme Kuralları	35
2.3. Cihazları Taşımak İçin Kullanılan Malzeme ve Nakil Araçları	37
UYGULAMA FAALİYETİ	38
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	39
ÖĞRENME FAALİYETİ - 3	41
3. MR CİHAZININ KURULUM ALANINDAKİ YALITIM	41
3.1. Faraday Kafesi ve Özellikleri	41
3.1.1. Yerin Kaplanması Yapımı	42
3.1.2. Duvarların Kaplanması	42
3.1.3. MR Muayene Odalarının Kapılarının Kaplanması	43
3.1.4. MR Muayene Odalarının Pencerelerinin Kaplanması	43
3.1.5. İç Ortam Pencereleri	44
3.1.6. Dış Ortam Pencereleri	44
3.1.7. Hava ve Isıtma Girişlerinin Kaplanması (HVAC)	45
3.1.8. Boru Girişlerinin Yalıtımı	45
3.1.9. Elektriksel Ünitelerin Filtrelenmesi	45
3.1.10. Taşınabilir Paneller	47
3.2. Kafessiz Ortamda Kurulum	47
3.3. Gaz Sızımına Karşı Korunma ve Uyarı Cihazları	48
UYGULAMA FAALİYETİ	1
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	51
MODÜL DEĞERLENDİRME	53
CEVAP ANAHTARLARI	55
KAYNAKÇA	57

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0232
ALAN	Biyomedikal Cihaz Teknolojileri
DAL/MESLEK	Tıbbi Görüntüleme Sistemleri
MODÜLÜN ADI	MR Kurulum Hazırlıkları
MODÜLÜN TANIMI	Manyetik rezonans ünitelerinin kurulum hazırlığını yapmak ile ilgili temel bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/16
ÖN KOŞUL	Biyomedikal alan ortak modüllerini başarmış olmak
YETERLİK	Manyetik rezonans ünitelerinin kurulum hazırlığını yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Teknik ve İdari Şartnameler, Kurumsal Yönetmelikler ve Yönergeler, Cihazın Marka Modelinin CE Marking Direktifleri (Directive 93/68/EEC), TS 4535 EN 60601-1 (Elektrikli Tıbbi Cihazlar Bölüm-1 Genel Güvenlik Kuralları), TS 4535 EN 60601-1-2 (Elektromanyetik uyumluluk), TS EN 61000-4-3, TS EN 61000-4-4 standartları dâhilinde gerekli ortam sağlandığında manyetik rezonans ünitelerinin kurulum hazırlıklarını yapabileceksiniz. Amaçlar 1. Elektromanyetik görüntüleyicilerin kullanım özelliklerine ve yapılarına göre yer ve tesisat kontrollerini yapabileceksiniz. 2. Elektromanyetik görüntüleyicilerden MR ünitesinin parçalarını taşıma aparatları ile güvenli taşınmasını sağlayabileceksiniz. 3. Elektromanyetik görüntüleyicileri TS EN 60601 standartlarına uygun olarak, kurulum alanında elektromanyetik yalıtımların düzenlenmesini sağlayabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Şartnameler, yönetmelikler, yönergeler, servis el kitabı, metre, nemölçer, sıcaklıkölçer, ısıölçer, gürültü (parazit) ölçer, mekân planı.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyet sonrasında o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Modül sonunda uygulanacak ölçme araçları ile modül uygulamalarında kazandığınız bilgi ve beceriler ölçülerek değerlendirilecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

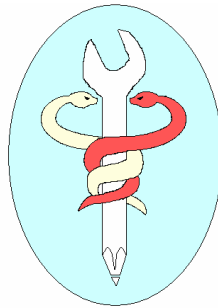
MRG (Manyetik Rezonans Görüntüleme) sistemleri çağımızın en önemli tıbbi buluşlarından biridir. Bu modül ile MRG cihazlarının kurulumu ile ilgili bilgileri öğreneceksiniz. Biyomedikal cihazlarla ilgili her aşamada ne kadar dikkatli ve özenli davranmamız gerektiğini biliyoruz. MRG cihazları da hem kurumlar için çok önem taşıyan cihazlar hem de oldukça pahalı nitelikte cihazlardır. Bu cihazlarla çalışma esnasında gösterilecek duyarlılık, hem işlerin hassasiyeti açısından hem de maddi olarak oldukça fazla önem taşımaktadır.

Ayrıca MRG cihazları yapıları gereği etrafındaki cihazlarında çalışmalarını etkilemekte ve etrafındaki cihazların çalışmalarından etkilenmektedir. Kurulum hazırlıkları ve yalıtım yapılırken çalışılan ortamın bir sağlık kuruluşu olduğu bilincinden hareketle çok daha fazla hassasiyet gösterilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Biyomedikal cihazlarla ilgili çalışırken sürenin ne kadar önemli olduğu unutulmamalıdır.

Biyomedikal cihazlarla çalışırken yapılacak her yanlış hareketin insan yaşamına ve insan yaşam kalitesine büyük zarar verebileceği göz önüne alınarak hareket edilmesi temel ilkelerimizden olmalıdır.

Bu modül sonunda edineceğiniz bilgi ve beceriler ile Teknik ve İdari Şartnameler, Kurumsal Yönetmelikler ve Yönergeler, Cihazın Marka Modelinin CE Marking Direktifleri (Directive 93/68/EEC), TS 4535 EN 60601-1 (Elektrikli Tıbbi Cihazlar Bölüm-1 Genel Güvenlik Kuralları), TS 4535 EN 60601-1-2 (Elektromanyetik uyumluluk), TS EN 61000-4-3, TS EN 61000-4-4 standartları dahilinde ve gerekli ortam sağlandığında manyetik rezonans ünitelerinin kurulum hazırlıklarını yapabileceksiniz.



ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Gerekli koşullar sağlandığında elektromanyetik görüntüleyicilerin kullanım özelliklerine ve yapılarına göre yer ve tesisat kontrollerini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- MRG hakkında bir rapor hazırlayıp öğretmeninize teslim ediniz.
- Araştırma işlemleri için; kütüphanelerden, internet ortamından ve önceki modüllerinizden faydalanabilirsiniz.

1. ELEKTROMANYETİK GÖRÜNTÜLEYİCİ ÜNİTELERİ

1.1. Kullanım Amaçları, Yapısı ve Kısımları

1.1.1. Neden MRG?

Nükleer tıp ünitesinin bölümlerinin güvenli etkin ve ekonomik işlevi açısından yerleşiminin planlı yapılması gereklidir.

Radyolojik görüntüleme yöntemlerinin çok hızla gelişmekte olduğu bu yıllarda MRG tüm dünyada üzerinde en çok çalışma ve araştırmaların yapıldığı, çok hızlı bir biçimde gelişmelerin elde edildiği ve rutin radyolojik incelemeler arasında en çok ilgi çeken yöntemdir. Neden MRG sorusuna yanıt, bugün için kabaca birkaç başlık altında verilebilir. Bunlar MRG'nin neden kısa zamanda bu derece hızla yaygınlaştığını ve ilgi gördüğünü açıklar. Bununla birlikte görünen odur ki, hızla geliştirilmekte olan yeni teknik ve olanaklar ile kısa bir süre sonra MRG'nin tıptaki önemi daha da artacak ve yaygınlaşacaktır.

Giriş bölümünde nedenleri fazla detaya girmeden başlıklar hâlinde sunacak olursak;

- Radiodiagnostikte (radyo frekans sinyalleri kullanarak teşhis kolaylaştırma) kullanılan görüntüleme yöntemlerinin karşılaştırılmasında üç temel özellik önemli yer tutar;
 - Rezolüsyon (çözünürlük)
 - Sensitivite (hassasiyet)
 - Spesifisite (belirginlik)

MRG, yumuşak doku kontrastı en yüksek görüntüleme yöntemidir. MRG'nin uzaysal rezolüsyondaki başarısı diğer tekniklerden (özellikle BT'den) çok farklı değildir. Aslında MRG'nin kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda 64x64 gibi düşük matriks değerleri kullanıldığından, yöntemin uzaysal rezolüsyonu BT'den daha yüksek değildi. Ancak, daha sonradan rutin MRG incelemelerinde 256x256, hatta 512x512 gibi yüksek matriks değerlerinin kullanılmaya başlanması ile uzaysal rezolüsyon belirgin derecede artırılmıştır.

- Görüntüleme yöntemi olarak kullanılan diğer tekniklerin farklı olarak, hastanın pozisyonu değiştirilmeden kesit planı değiştirilebilmektedir; buna “multiplanar görüntüleme” denir. Yöntemin bu özelliği, görüntünün elde edilme tekniğinin diğer inceleme yöntemlerine göre farklı olmasından kaynaklanır. Diğer inceleme yöntemlerinde özellikle BT-Bilgisayarlı Tomografi- gibi hastanın pozisyonunu değiştirmek zorunda olduğumuzdan dolayı inceleme sagittal veya oblik gibi planlarda yapılamazken bu yöntemle (MRG) hastanın pozisyonu hiç değiştirilmeden her planda kolaylıkla kesit alınabilmektedir. Bu özellik bize lezyonun üç boyutlu lokalizasyonu açısından değerli bilgiler verir ve hastanın inceleme sırasındaki rahatsızlığını önler.
- Bu yöntemde iyonizan radyasyon kullanılmaz ve bir takım üst limitlere uyulduğunda, bugüne kadar hiçbir biyolojik zararlı etkisi bulunamamıştır. Bu özelliği nedeniyle, yöntem normal deneklerde, çocukluk yaş grubunda ve aynı hastada defalarca tekrarlanabilme avantajına sahiptir.
- MRG bize kesitsel anatomik görüntülerde vasküler yapılarıdaki akım dinamikleri hakkında bilgi vermesi yanında ek olarak kontrast madde kullanılmaksızın sadece vasküler yapıları (MR anjiyografi) görüntüleyebilme olanağı da vermektedir. MR anjiyografi yöntemi bugün için yalnızca tarama testi olarak değer taşımakla birlikte, çok yakın bir gelecekte konvansiyonel anjiyografinin yerine geçebilecek özelliklerdedir.
- Yöntemin bir diğer önemli özelliği, bugün rutin klinik kullanıma girmemiş olsa da, gelecekte çok yararlı olabilecek ve belki de görüntüleme özelliğinin önüne geçebilecek olan spektroskopidir. Bu yöntem ile dokulardaki metabolik prosesleri izleyebilmek ve biyokimyasal analizlerini yapmak olanaklıdır.
- Yöntemin kendine özgü bir takım artefaktları olmakla beraber, diğer görüntüleme yöntemlerinde bulunan (BT'deki kemik / hava artefaktı gibi) bazı artefaktlar bu yöntemde görülmez. Bu nedenle diğer teknikler ile iyi görüntülenemeyen pek çok anatomik bölge ve yapının değerlendirilmesi mümkündür. Özellikle posterior fossa ve medulla spinalis incelemelerinde temel inceleme yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Radyolojik görüntüleme yöntemlerinin çok hızla gelişmekte olduğu bu yıllarda MRG(Manyetik Rezonans Görüntüleme) tüm dünyada üzerinde en çok çalışma ve araştırmaların yapıldığı, çok hızlı bir biçimde gelişmelerin elde edildiği ve rutin radyolojik incelemeler arasında en çok ilgi çeken yöntemidir.

Bunlar MRG'nin neden kısa zamanda bu derece hızla yaygınlaştığını ve ilgi gördüğünü açıklar. Bununla birlikte görünen odur ki, hızla geliştirilmekte olan yeni teknik ve olanaklar ile kısa bir süre sonra MRG'nin tıptaki önemi daha da artacak ve yaygınlaşacaktır.

MRG vücudun istenilen bölgesinin manyetik alan ve radyo dalgaları ile görüntülerini oluşturan bir tıbbi görüntüleme cihazıdır. Oldukça farklı tip ve şekilde üretilmektedir. Fotoğraf 1'de tipik bir MRG cihazı görülmektedir. Kısaca MR olarak da isimlendirilen Magnetik Rezonans Görüntüleme, X ışınlarına ihtiyaç duymadan, iç organ ve dokuların son derece ayrıntılı görüntülerinin elde edilmesi yöntemidir.

MR görüntüleri, çok güçlü bir mıknatıs ve radyo dalgaları kullanılarak elde edilir.



Fotoğraf 1.1:MRG cihazı

Cihazın içine insan vücudu yerleştirilen büyük ve güçlü mıknatıs parçasına "gantry (magnet)" denir.

Gantry içine yerleştirilen insan vücuduna dışarıdan çok kısa süreli radyo dalgaları gönderilir. Dışarıdan gönderilen radyo dalgaları kesildiğinde ise insan vücudu dışarıya radyo sinyali gönderir.

İnsan vücudundan geri gelen radyo sinyalleri sargılar aracılığı ile toplanır, bilgisayar işleminden geçirilerek, insan vücudunun kesit görüntülerine dönüştürülür.

Bazı incelemelerde, hastalık hakkında daha fazla bilgi elde edebilmek ve teşhisi kesinleştirmek için damar içi kontrast madde kullanabilir.

MR inceleme odalarında yüksek bir manyetik alan bulunur. Odaya girildiği andan itibaren, cihazın mıknatısı demir veya demir alaşımlarından yapılmış cisimleri kendisine doğru çeker.

Bu sebeple inceleme odasına oksijen tüpü, demir veya alaşımlarından yapılmış cerrahi aletler kesinlikle sokulamaz.

1.1.1.1. MRG'nin Avantajları

- Kontrast çözünürlüğü ve duyarlılığı en yüksek olan görüntüleme tekniğidir.
- Yumuşak doku kontrastı en yüksek olan görüntüleme tekniğidir.
- Patolojik dokular çok iyi bir şekilde saptanabilmektedir.
- Çok kaliteli görüntü vermektedir.
- Hızla ve hastayı hırpalamadan inceleme olanağı sağlamaktadır.

1.1.1.2. MRG'nin Dezavantajları

- Bugün için manyetik alanın, canlı organizmaya zararı olmadığı düşünülmekte olsa bile bunun önemsenmeyecek düzeyde olduğu sanılmaktadır.
- Sistem insan kaynaklı hataları önlemeye karşı çok duyarlı olmasına rağmen, tetkik süresinin uzun olması bu hataların oluşmasını kaçınılmaz hâle getirmiştir. Ancak hatalar kabul sınırları içerisinde değerlendirilebilir.

1.1.1.3. Tarihçesi

Atom çekirdeğinin manyetik özellikleri 20. yüzyılın başlarında incelenmeye başladı. 1940'lerde Bloch ve Percel, çekirdeğinde tek sayıda nükleon bulunan atomların manyetik alandan etkilendiğini keşfettiler ve manyetik alan içindeki atom çekirdeklerinin spin eksenlerinin değiştiğini ortaya koydular.

Spin: Parçacıkların uzayda doğrusal hareketlerinin dışında kendi iç dinamikleri ile ilgili hareketler sonucu bir eksen etrafında kendi çevrelerinde dönme hareketidir. Bu çalışma kendilerine 1952 de Nobel ödülü kazandırmıştır.

Tomografinin ve bilgisayarların 1970'lerde gelişmesiyle, tıbbi görüntüleme tekniklerinde şaşırtıcı gelişmeler yaşanmaya başladı. Bu iki tekniğin manyetik rezonans alanında uygulanmasıyla Lauter tarafından ilk ve net MR görüntüsü elde edilmiştir.

1980'lerde Hawkes ve arkadaşları MRG ile ilk hastalık tanısını koymuşlardır.

1.1.2. MRG İle İlgili Temel Fiziksel Kavramlar

Atom: Bir çekirdek (nükleus) ve etrafındaki farklı yörüngelerde hareket eden negatif yüklü elektronlardan ibaret olan maddenin en küçük birimidir. Çekirdek iki bileşenden oluşur. Pozitif yüklü protonlar ve yüksüz nötronlar.

Atom Numarası: Atomun nükleusunda bulunan proton sayısıdır.

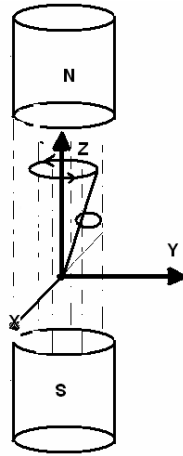
Kütle Numarası: Nükleus'taki proton ve nötronların toplamıdır. 'A' ile ifade edilir. Nötron ve protonlar kendi etraflarında, elektronlarsa hem kendi etraflarında hem de yörüngeleri üzerinde dönerler.

Spin Hareketi: Protonlar belli bir ekseninde kendi çevrelerinde dönerek manyetik bir alan oluşturur. Bu dönüş hareketine ‘spin hareketi’ adı verilir.

Salınım Hareketi: Manyetik bir alan içerisindeki protonların kendi etraflarındaki dönüşlerinden başka bir de dış manyetik alan ekseninde bir miktar eğimle dönerler. Buna salınım (precession) hareketi denir. Protonların spin ve salınım hareketi bir topacın dönüşü gibidir.

Nükleer Manyetizasyon: Proton ve nötronların dönüş hareketi ile ortaya çıkan manyetizmaya ‘nükleer manyetizasyon’ denir. Ancak nükleer manyetizasyon kütle numarası tek sayıda olan ve nükleusunda tek sayıda proton ve nötron içeren atomlarda açığa çıkmaktadır. İnsan vücudunda özellikle su ve yağda çokça bulunan ve tek bir protonu olup nötronu bulunmayan hidrojen atomu (H),MR sensitivitesinin yüksek olması nedeniyle MRG için en uygun atomdur.

Dışarıdan uygulanan bir manyetik alan yok ise, doku içindeki hidrojen protonları rastlantısal olarak dizilirler ve dokunun net manyetizasyonu sıfırdır. Ancak doku, manyetik bir alan içine yerleştirildiğinde protonlar bu dış manyetik alanın etkisiyle paralel ve anti-paralel duruma geçerler.Anti-paralel dizilenlere göre çok az fazlalık gösteren paralel dizili protonlar,dokunun net manyetik alan vektörünü oluşturur. ‘Boylamasına (longitudinal) manyetizasyon’’ (Şekil 1.1) adı verilen bu net vektör ‘ M_0 ’ile ifade edilir ve manyetik alan vektörüne (B_0) paralel olarak ortaya çıkar.



Şekil 1.1: Boylamasına manyetizasyon

Radio Dalgası (RF): Elektromanyetik bir dalgadır. Dalga boyu enerjisi ve frekansı değiştirilerek ayarlanabilir. Enerjisi dalga boyu ile ters orantılıdır.

MRG’de radyo dalgaları pulslar hâlinde uygulanır.

$$E = h.f = h.c/\lambda$$

E: enerji

h: Planck sabiti ($6,02 \times 10^{-34}$ j.s)

c: ışık hızı (3×10^{11} m/s)

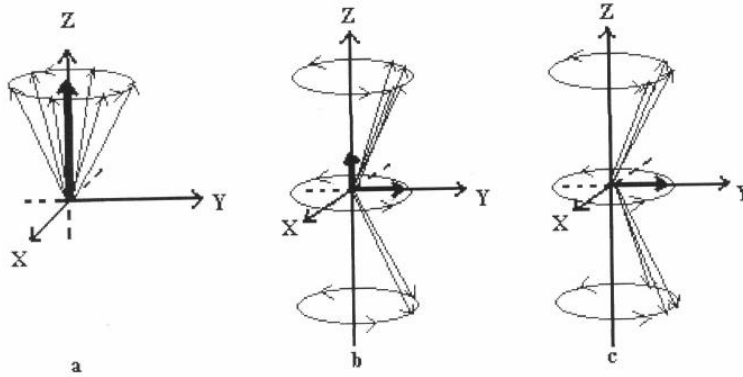
λ : dalga boyu

Rezonans: Net vektörün manyetik alan vektörüne paralel olduğu konumda, radyo frekansı uygulanırsa, salınım hareketi yapmakta olan düşük enerji seviyesindeki protonların bazıları radyo frekanslarından enerji absorbe edip yüksek enerji seviyesine çıkarlar ve bu enerjiyi bir süre sonra ortama vererek eski konumlarına geri dönerler. Yani bazı protonlar paralel konumdan anti-paralel konuma geçerler. Bu olay '**rezonans**' olarak adlandırılır. RF pulse uygulamasıyla, protonlar farklı faz (out - of - phase) durumundan aynı faz (in-phase) durumuna geçerler.

Protonların aynı faza geçmesi demek; protonların vektör uçlarının aynı anda salınım çemberinin aynı noktasında olmasını ifade eder.

Enlemesine Manyetizasyon: Dokunun net vektörü manyetik alan vektörüne paralel iken RF pulse uygulamasından sonra, 90° yön değiştirir.

Yeni oluşan bu vektör ''enlemesine (transverse) manyetizasyon'' adını alır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Enlemesine (transverse) manyetizasyon

RF dalgası kesildikten sonra, sürtünmeler nedeniyle enerji kayıpları oluşur. Bu nedenle, protonlar önceki pozisyonlarına dönmeye başlarlar. İşte bu sırada, her biri çevreye elektromanyetik dalga yayar ki bu olaya, serbest endüksiyon sönümü (free induction decay) denir.

Rezonans olayının gerçekleşmesi için, proton salınım frekansının radyo dalgası frekansına eşit olması gerekir. RF pulse'nin frekansı değiştirilerek istenilen atomlar uyarılabilir.

Farklı atomların etkilenmesi söz konusu değildir. Bu dalgalar vücudun çevresine yerleştirilen bobinlerle dedekte edilebilir. Her çekirdeğin manyetik alan vektör değişimi, çevreye konmuş olan bobinlerde Lenz kuralına göre küçük elektrik akımcıkları oluşturur. Bu akımcıklar daha sonra bilgisayarda değerlendirilerek tek sayıda protonlu atomların konumları görüntüye dönüştürülür.

Enlemesine dinlenme zamanı: Hastaya RF pulse gönderildiğinde, transverse manyetizasyon artar; RF pulse kesildiğinde ise, transverse manyetizasyon azalmaya başlar. Transverse manyetizasyonun kaybolmasıyla geçen zamana enlemesine dinlenme ‘transverse relaksasyon zamanı (T2 zamanı)’ adı verilir.

Boylamasına dinlenme zamanı: Enlemesine manyetizasyon kaybolurken boylamasına manyetizasyon oluşmaya başlar. Boylamasına manyetizasyonun yeniden oluşmasına kadar geçen süreye ‘boylamasına dinlenme (longitudinal relaksasyon) zamanı (T1 zamanı)’ adı verilir.

T1 zamanı,T2 zamanından daha uzundur.

T1 zamanı:300–2000 msn.

T2 zamanı:30–150 msn.

Su ve su içeriği fazla olan dokularda T1 ve T2 relaksasyon zamanı uzun; yağ içerenlerde ise T1 ve T2 zamanı kısadır.

1.1.2.1. Mr Sinyalinin Elde Edilmesi

Z ekseninin üzerinde salınım hareketi yapan protonlar aynı eksen üzerinde boylamasına manyetizasyon oluştururlar. Bu sırada, frekansı ve uygulama süresi ayarlanmış bir RF puls gönderildiğinde, y ekseninde enlemesine manyetizasyon oluşmaya başlar.

RF pulse net vektörü 90° döndürür. Boylamasına manyetizasyonu değişik derecelerde döndürmek için farklı RF pulsları kullanılır. RF pulse uygulamasını takiben protonların enerji seviyeleri eksenine anti-paralel konuma geçerler. Aynı anda bütün protonlar aynı faz (in-phase) durumuna geçerek bir araya toplanırlar. Bu sırada, enlemesine manyetizasyon oluşmuştur.

RF pulse kesildiğinde, anti-paralel konumundaki protonlar eski konumlarına geçmeye başlarlar. Bu süre içerisinde hastada aynı anda iki manyetik vektör mevcuttur. Vektör, y düzleminden başlayarak z düzlemine gelinceye kadar spiral şeklinde bir hareket gerçekleştirir.

Spiral şeklinde hareket eden bu vektör elektrik akımını oluşturur. MR sinyali olarak bu akım kaydedilir. Vektörün spiral şeklindeki hareketi sırasında, antene en yakın geçtiği noktada kuvvetli, en uzak geçtiği noktada ise zayıf MR sinyali elde edilir.

Manyetizasyon vektörü, z eksenine paralel duruma gelirken alıcı antenden sürekli olarak uzaklaşır. Dolayısıyla, sinyalin şiddeti zamanla azalır. “Free Induction Decay” (FID), RF pulse uygulandığında en yüksek seviyededir. RF pulsu kesildikten sonra, sürekli azalan kayıt gözlenir. Boylamasına (longitudinal) manyetizasyon oluştuğunda ise, kayıt sona erer. RF pulsunun kesilmesiyle protonların aynı faz konumundan hızla farklı faz durumuna geçmelerinin iki önemli nedeni vardır:

- Kullanılan manyetik alan gücünün incelenen dokunun her noktasında homojen olmaması
- Mikroskobik düzeyde manyetik çevre oluşması (Homojenite kullanılan gradient sargılar nedeniyle bozulur.)

Transverse manyetizasyon oluşuktan sonra, bazı protonlar daha hızlı salınım yapmakta ve aynı faz konumları bozulmaktadır. Doku içerisindeki nükleonlar, spin hareketi yaparak kendi çevrelerinde küçük manyetik alanlar oluştururlar. Bunun yanında, doku içindeki atomların birbirleri ile etkileşimleri de söz konusudur.

Bu manyetik çevre inhomojenitesi aynı faz konumunun kısa sürede bozulmasına neden olur. TR (Time to Repeat) zamanı: İki RF pulsu arasında geçen süreyi ifade eder.

T1 ve T2 dinlenme zamanları, farklı iki dokudan uzun TR zamanı seçildiğinde, ikinci RF pulsu gönderilinceye kadar geçen sürede, boylamasına manyetizasyon her iki dokuda da başlangıç konumuna gelmektedir.

Bu nedenle ikinci RF pulsu uygulandığında, her iki dokuda da transvers manyetizasyon yine aynı oranda oluşur.

Kısa TR zamanı seçildiğinde ise durum farklıdır. İlk RF pulse uygulamasından sonra, kısa TR zamanı seçilerek ikinci RF pulsu gönderilirse, boyuna dinlenme zamanı, diğer dokuya göre daha önce eski konumuna gelir.

İkinci doku henüz boylamasına manyetizasyon konumuna dönmemişken, ikinci RF pulsu uygulanırsa, enlemesine dinlenme zamanı da değişir.

Kısa TR zamanı seçildiğinde, her iki dokudaki T1 zamanının farklılığından dolayı, iki dokunun birbirinden ayırt edilmesi mümkündür.

- Bu sinyal farklılığını oluşturan görüntü ‘T1 Ağırlıklı Görüntü’ adını alır. T1 ağırlıklı görüntü, doku kontrast farklılığını gösterir. T1 ve T2 zamanları; biri manyetizasyon vektörünün eski hâlinin %67’sine geldiği zaman, biri de yönü değiştirilmiş olan manyetizasyon vektörünün eski hâlinin %37’sine düşen kadar geçen zamanı ifade eder.

TR süresi 500 ms’den kısa ise, ‘kısa TR’ ,1500 ms’den uzun ise ‘uzun TR’ adını alır.

TR uzun seçilmişse avantajları:

- MR sinyali artar
- Kesit sayısı artar.

TR uzun seçilmişse dezavantajları:

- Tetkik süresi uzar.
- T1 kontrastı azalır.

Spin Eko: Belirli aralıklarla 180° RF pulsları uygulanmasıyla sürekli enlemesine manyetizasyon oluşturularak yüksek MR sinyalleri elde edilmesidir.

TE zamanı: 90° lik RF puls uygulanmasıyla başlayıp 180° lik RF pulsun hemen bitiminde oluşturulan etki sonucu sinyal elde edilmesi için geçen süreye denir. Doku kontrastını etkileyen başka bir faktör de dokudaki proton miktarı olup, doku kontrastı proton sayısı ile doğru orantılıdır. Uzun TR seçildiğinde, dokular arasındaki proton yoğunluğu farkı, sinyal oranını etkiler.

Elde edilen bu görüntüye, 'proton yoğunluklu (proton density) görüntü' adı verilir.

MRG'de kullanılan puls sekansları: MRG'de görüntüyü etkileyen parametreler değiştirilerek farklı puls sekansları oluşturulabilir. Görüntünün T1, T2 veya proton ağırlıklı özellikte olması, RF pulsunun bu parametresini etkiler.

90° ve 180° lik darbeler: Dış manyetik alan yönünde dizilmiş çekirdeklere önce 90° lik RF dalgası gönderildiğinde, yatay pozisyona geçerler. Bu durumdaki çekirdekler 180° lik darbe uygulandığında, bulundukları yönün tam tersine doğru yönelirler. Burada 180° lik darbeden sonra, birbirleri ile etkileşen çekirdeklerin spinlerinin bir yankısı alınır. Peş peşe gelen her 90° ve 180° darbe serilerinin T zamanları ve gittikçe denge durumuna yaklaşan manyetizasyon yankıları hakkında bilgi alınabilir.

180° ve 90° lik darbeler: Bu teknikte; önce 180° ve sonra 90° lik darbeler belirli aralıklarla dokuya gönderilir. İlk 180° lik darbe ile çekirdekler sabit dış manyetik alanın tam tersi konuma FID sinyali yayarak dönerler. Çekirdekler manyetizasyonu sabit dış manyetik alan doğrultusuna dönerken 90° lik bir darbe daha gönderilir. Bu defa yatay pozisyona yönelen çekirdekler yine FID sinyali yayarlar. Manyetizasyonun ve çekirdeklerin konumları hakkında bilgi toplanır. Darbeler arasındaki zaman değiştirilerek hassas kontrast farklılıkları ve daha net görüntüler alınabilir.

90° lik darbeler: 90° lik RF dalgaları belirli aralıklarla peş peşe gönderilir. Her darbeyi alan çekirdek yatay pozisyona geçer ve FID sinyali yayarak başlangıç konumlarına dönmeye başlar. Bu dönüş zamanları T1 zamanını oluşturur. Peş peşe gelen darbelerle denge ve doyuma ulaşılır. Değişik T1 zamanına sahip çekirdeklerin manyetizasyonları farklı olur. Kısa T1 zamanına sahip olan çekirdekler, uzun olanlara göre daha çabuk dengeye ulaşırlar.

Birbirlerine yakın ve farklı T1 zamanları uygulanan biyolojik dokular bu nedenle birbirlerinden farklı sinyaller verir. Darbelerin tekrarlanma aralıkları kısaltılarak ve yumuşak dokular ile bunları çevreleyen sıvı yapılar arasındaki kontrast artırılarak, daha iyi görüntü netliği sağlanabilir.

1.1.3. MRG’de Görüntü Oluşumu

MRG’de görüntü oluşturulması; RF puls gönderilerek, incelenecek bölgedeki protonların uyarılması ve böylece dönüş yönlerinin değiştirilmesi, eski konumlarına dönerken de oluşan sinyallerin saptanması esasına dayanır.

Kesitsel görüntünün oluşturulabilmesi için gönderilen RF puls hedeflenen kesitteki protonların frekansına eşitse, sadece bu alandaki protonlar uyarılır. Gradient sargılar kullanılarak hedeflenen düzlemdeki protonların salınım frekansları değiştirilebilir.

Böylece hastanın pozisyonunu değiştirmeksizin farklı düzlemlerden farklı kesitler alınabilir. Kesit kalınlığı ise, uygulanacak frekansın şiddeti ile doğru orantılıdır.

Sinyal kaydı boyunca bu sargılar açık tutulur ve kesit üzerinde belli bir yönde protonların salınım frekansı kontrollü olarak değiştirilir.

1.1.4. MRG’nin Kullanıldığı Alanlar

Orbita: Yumuşak doku kontrast çözünürlüğünün yüksek olması, kemik artefaktlarının söz konusu olmaması nedeniyle MRG ile optik foramen, kavernoöz sinüs oluşumları, optik traktüsün intrakranial bölümü ve tüm oküler yapılar iyi bir şekilde demonstre edilmektedir.

Beyin: Travmaya sekonder yapılan araştırmalar dışında MRG, beyinde temel inceleme yöntemi hâlini almıştır.

Hipofiz: Hipofiz küçük bir yapı olması sebebiyle görüntülemeye kullanılmaktadır.

Temporal Kemik: Kemik dışı patolojik oluşumların araştırılmasında MRG, yüksek yumuşak doku kontrastı, kemik görüntüde herhangi bir artefakt oluşturmaması ve multiplanar görüntülemeye olanak tanınması nedenleriyle temel inceleme yöntemi olarak kabul edilmektedir.

Paranasal Sinüsler: Özellikle inflamatuvar ve tümoral lezyonların araştırılmasında sıklıkla başvurulmuş bir yöntemdir.

Nazofarinks ve Farinks: Nazofarinks ve farinks yumuşak doku yapılarının incelenmesinde MRG, en verimli inceleme yöntemidir.

Larinks: Larinks incelenmesinde, multiplanar görüntü yapılabilmesi tümoral oluşumun yayılımının daha iyi demonstreyonunu sağlamaktadır.

Tiroid: MRG, tümoral oluşumların sınırlarının, çevre dokularla ilişkisinin, invazyonunun belirlenmesinde ve cerrahi girişimin planlanmasında büyük önem taşır. Ayrıca MRG,

- Servikal vertebral kolon ve spinal kanal
- Torakal vertebral kolon ve spinal kanal
- Lomber vertebral kolon ve spinal kanal
- Eklemler
- Temporomandibular eklem
- Omuz
- Diz
- Kalça
- Toraks
- Üst abdomen
- Alt abdomen
- MR kolonjiografi (MRK)
- Alt abdomen

incelemelerinde kullanılmaktadır.

1.1.5. Sistem Yapılandırması

MRG sistemlerinin yapıları ile ilgili açıklamaları yaparken kullanılan bazı kısaltmalar

- **CCA:** Control cabinet (kontrol panosu)
- **PCA :**Power cabinet (güç panosu)
- **GPS:**Gradient power supply (gradiyen güç kaynağı)
- **RFPA:**Radio frequency power cabinet (RF güç panosu)
- **ACCU:**Air compressor chiller unit (soğutma ünitesi)
- **RFCC:**Radio frequency control cabinet (RF kontrol panosu)
- **RFAS:**Radio frequency amplifier system (RFamplifier sistemi)
- **MRC:**MR console (MR konsol)
- **MRSC:**MR satellite console (MR yardımcı konsol)
- **CCU:**Communication control unit (haberleşme kontrol ünitesi)
- **RFS:**Radio frequency small unit (RF küçük ünite)

1.1.6. MR Cihazın Bileşenleri

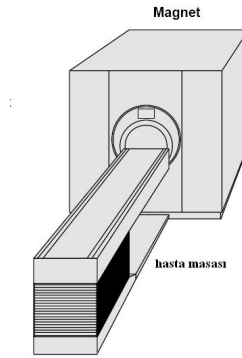
Manyetik rezonans cihazını incelediğimizde cihazın 3 ana kısımdan oluştuğunu görürüz. Bu kısımlar şunlardır:

- Magnet
- Kabinetler
- Görüntü işlem ve operatör bilgisayarları

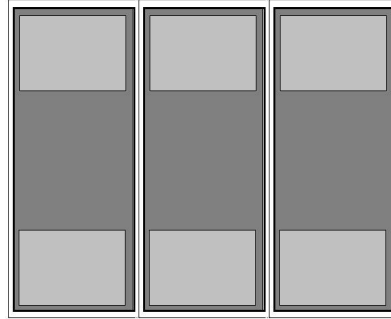
Bu kısımlardan ilki magnettir. Magnetler cihaz çeşitlerine göre değişiklik gösterse de amaç düzgün ve görüntü alabilecek bir stabil manyetik alan yaratmaktır.

Oluşturulan bu manyetik alanın içerisine hasta sokulur ve görüntü alımı için RF sinyalleri uygulanır. Adından da anlaşılacağı üzere magnet MR cihazının en önemli bileşenidir

Aslında magnet ilkesi çok basittir. Manyetik alanın en kolay yaratılabileceği yöntem mıknatıslardır. İşte adını bu mıknatıstan alan magnet, basit olarak sadece manyetik alan yaratmada kullanılır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3:Magnet ve hasta masası

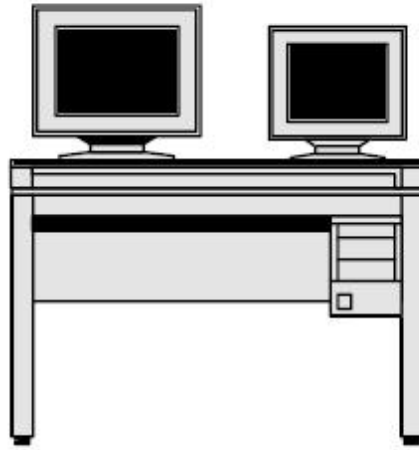


Şekil 1.4:Kabinetler

Cihazın ikinci bileşeni olan kabinetler (Şekil1.4) magnetin devridaim sürekliliğini sağlayan komponentleri taşırlar, bunun yanında görüntü bilgisayarı ile magnet veri akışı için arayüzü oluşturur. Kabinetlerde magnette bulunan helyum pompasının kontrol kartları, MR cihazına güç sağlayan kaynaklar ve onların kontrol kartları, RF kartları ve beslemeleri bulunur.

Cihazın üçüncü ve son bileşeni ise görüntü işlem ve operatör bilgisayarlarıdır. MR cihazında bu bilgisayarların sayısı ikidir. Bu bilgisayarlar MR cihazının görüntülerini oluşturan ve cihazın ana bileşenlerinden birisidirler. MR cihazının ürettiği verileri görünür ve

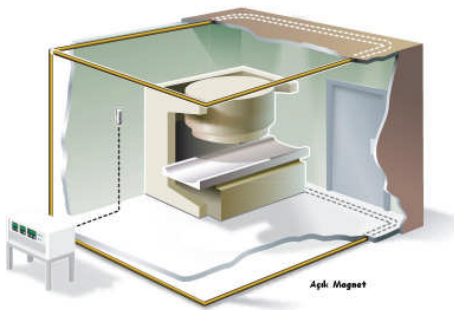
elle tutulur hâle getiren parçalardır. Cihazın RF coillerinden alınan veriler, iletim hatları aracılığıyla görüntü işlem bilgisayarına gelir. Bu bilgisayar bir tür sinyal işleyicisi olarak çalışır ve gelen bu sinyalleri yorumlar. Yorumlanan bu sinyallerden görüntüleri oluşturarak çıkışında bağlı olan operatör bilgisayarına iletir. Bu bilgisayardan görüntüler üzerinde ayarlamalar yapılabilir, bu görüntülerin çıktıları alınabilir ya da sekanslar tekrarlanabilir (Şekil 1.5).



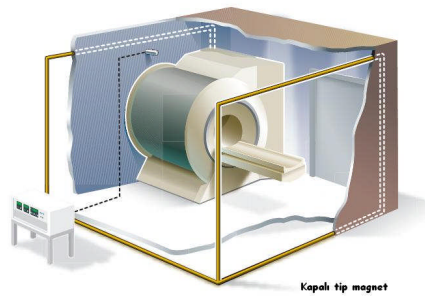
Şekil 1.5: MR konsol

1.1.6.1. Magnet ve Hasta Yatağı

Yapısal bakımdan magnetleri açık magnet ve kapalı magnet olarak değerlendirebiliriz.



Şekil 1.6: Açık magnet



Şekil 1.7: Kapalı magnet

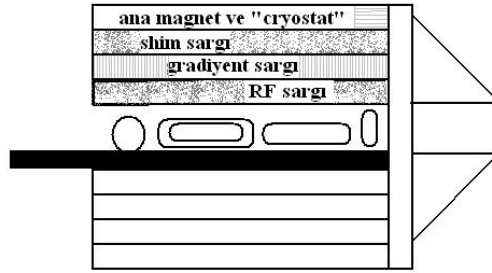
MR Magnetinin Özellikleri

Günümüzde kullanılmakta olan 4 magnet tipi vardır:

- Superkondüktiv (superconductive) magnet
- Permanent (sabit güçlü) magnet
- Rezistiv (resistive) magnet
- Hibrid Magnet (Hem rezistiv, hem de permanent magnet özelliklerini taşır.)

Bunlar arasında belli bazı farklılıklar olmakla birlikte (temelde manyetik alan oluşturma mekanizmaları farklıdır), tüm MRG sistemleri benzer parçalardan oluşmaktadır.

- Ana magnet
- Shim sargıları (Shim coil)
- Gradyent sargıları (Gradient coil)
- RF sargıları (RF coil)
- Modulator-demodulator
- Image processor(görüntü işleme)



Şekil 1.8:Superkondüktiv magnet

Genellikle rezistiv magnetler 0,15 ile 0,2 Tesla arasında, permanent magnetler 0,08 ile 0,4 Tesla arasında ve superkondüktiv magnetler 0,15 ile 2 Tesla arasında çalışmaktadırlar.

Oluşturulan güçlü manyetik alanın vektör yönlerinde de farklılıklar vardır; permanent magnetlerde vektör üst-alt aksisinde iken, diğer magnet tiplerinde bu hasta masasına paraleldir.

Permanent magnetlerde manyetik güç sabit olup (bildiğimiz mıknatıs gibi), manyetik güç oluşturmak için herhangi bir enerjiye gereksinim göstermezler.

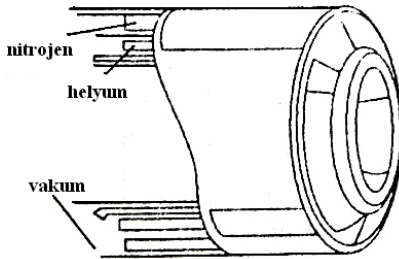
Buna karşın dezavantaj olarak çok ağırdırlar (0,3 Tesla sistem 80–100 ton gibi) ve yüksek Tesla değerlerine ulaşamazlar. Rezistiv ve superkondüktiv magnetlerde ise, manyetik güç oluşturmak için elektrik enerjisinden faydalanılır.

Magnet Tipi	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Permanent Magnet	Elektrik enerjisi gerekmez, sistem ucuz, inceleme maliyeti ucuz	Tesla değeri sınırlı, düşük SNR, spektroskopi yapılmaz, ısı değişimlerine duyarlı
Rezistiv (Resistive) Magnet	Sistem ucuz, emniyetli, soğutulmasına gerek yok, sistem kolaylıkla açılıp kapatılabilir, sistemin kurulması kolay	Tesla değeri sınırlı, düşük SNR, spektroskopi yapılmaz, elektrik harcama fazla
Superkondüktive (Superconductive)	Yüksek Tesla değerleri, manyetik alanda homojenite, yüksek SNR, spektroskopi, yüksek homojenite ve SNR ile hızlı görüntüleme	Sistem pahalı, inceleme maliyeti yüksek, sistemin kurulması zor ve pahalı, klostrofobi, sistem kolaylıkla açılıp kapanmaz.

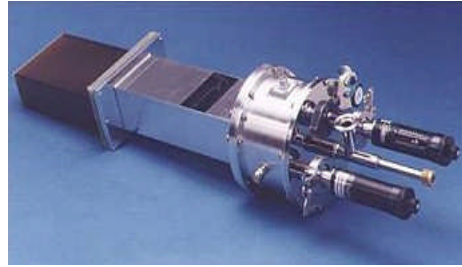
Oluşturulan manyetik gücü, magneti oluşturan sarılı tellerin sayısı (Bu magnetlerde manyetik gücü oluşturan, magneti çepeçevre saran tellerden geçen elektrik akımıdır ve oluşan güçlü manyetik alanın vektörü akıma diktir.) ve bu tellerden geçen elektrik akım miktarı belirler. Örneğin, 0,5 Tesla cihazda akım yaklaşık 100 amper iken, akım 300 ampere çıkarılırsa cihaz 1,5 Tesla gücüne ulaşmaktadır; bununla birlikte magnet gücünü etkileyen başka faktörler de mevcuttur.

Superkondüktiv magnetler (Şekil 1.8) bugün için dünyada en yaygın olarak kullanılan magnetlerdir. Çünkü superkondüktiv magnetler ile diğer magnet tiplerinden daha güçlü manyetik alan elde edilebilmektedir. Ancak, bu magnetlerin de bazı önemli problemleri vardır; superkondüktiv magnetlerin özelliği ancak sıvı helyum derecelerinde çalışabilmesidir. (-473 degrees F.)

Ancak bu derecelerde superkondüktiv tellerde rezistans gelişmez (Bu sayede tellerden yüksek elektrik akımları geçirilerek yüksek Tesla değerleri elde edilir.) Sistemde magnet, herkesin bildiği termos benzeri “Cryostat” denilen (Şekil 1.9) çok sayıda yapının iç içe geçmesi ile oluşmuş ve içinde helyum ve nitrojen gibi kriyojenleri barındıran yapı içinde bulunmaktadır.



Şekil 1.9: Cryostat



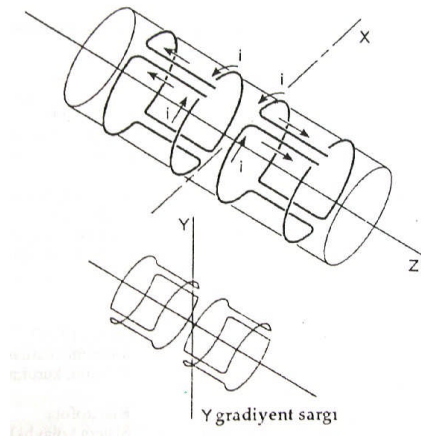
Şekil 1.10: Cryostat

Şekil 1.9'da ve Şekil 1.10'da Cryostat. Vakum tarafından çevrelenen kriyojenler tarafından çok düşük ısı değerleri elde edilerek superkondüktiv tellerde rezistans gelişmesi önlenmektedir.

Sistemde bu kriyojenler zamanla eksilmektedir ve sistemin devamı için bunların tamamlanması gerekmektedir (Sistemden sisteme değişmek üzere belli zaman aralıkları ile, 1,5 Tesla sistemde yaklaşık olarak günde 1 litre helyum eksilmektedir.). Eğer sistemde sıcaklık artacak olursa, magneti oluşturan tellerde superkondüktivite kaybolur ve buna bağlı tellerde rezistans gelişeceğinden dolayı kriyojenlerin çok hızlı biçimde kaynaması ile sonuçlanır.

Shim sargıları (shim coil): Superkondüktiv, rezistiv veya hibrid magnetlerde, ana magnetin iç kısmında bulunmaktadır. Bu sargılar ana magnetin tam olmayan homojenitesini düzeltmek ve hastaya uygulanacak son manyetik kuvveti kompanse etmek amacıyla kullanılırlar. Eğer hastaya uyguladığımız güçlü manyetik alan homojen olmaz ise kesitte uzaysal lokalizasyonlarda hatalar olacaktır.

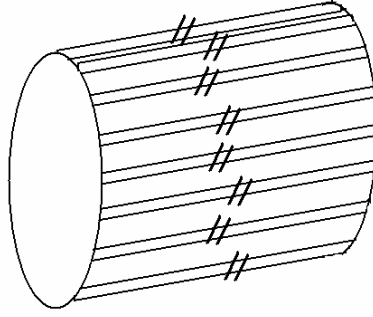
Gradyient sargılar (gradient coil): Kesit-belirleme, faz-kodlama ve frekans-kodlama gradyientlerinden oluşur. Bunların görüntü oluşturulurken çok hızlı biçimde defalarca açılıp kapatılması gerekmektedir (inceleme sırasında duyulan ses bu gradyient sistemin açılıp kapatılması nedeniyledir). Gradyient sargı çalıştırıldığında, gradyientin bir ucu ile diğer ucu arasında değişen değerlerde manyetik kuvvet farklılıkları olacaktır, buna bağlı olarak gradyient aksisi boyunca protonlar birbirlerinden çok az da olsa farklı salınım frekansları göstereceklerdir ve bu sayede elde edilen sinyalin lokalizasyonu yapılabilmektedir (konu daha önce detaylı olarak tartışılmıştır). Bu sistem ile, hastanın pozisyonu değiştirilmeden kesitler aksiyal, koronal, sagittal veya gradyient sistem uygun biçimde düzenlenmiş ise oblik olarak elde edilebilmektedir (Şekil 1.11).



Şekil 1.11: Gradyient sargı

1.1.6.2. RF Sistem

RF sistemlerinin ilk amacı, dokudaki mevcut longitudinal manyetizasyon vektörlerini istediğimiz açıda (flip angle) saptırmak için hastaya uygun RF puls göndermektir (RF Transmitter). Kitabın ilk bölümlerinde belirtildiği gibi, istediğimiz kesit görüntüsü için RF puls frekansı uygun biçimde ayarlanmalıdır (sadece RF puls frekansı ile protonların salınım frekansları aynı olduğu zaman enerji transferi gerçekleşebilmektedir); bu amaçla RF puls'ın frekans bandını ve gücünü düzenleyen "RF modulator" kullanılmaktadır. RF sisteminin ikinci amacı ise, hastadan gelen sinyali saptamak ve kaydetmektir (alıcı sargı) (RF receiver, antenna).



Şekil 1.12: Volüm sargı

Sargı içine giren dokuların RF pulstan homojen olarak etkilenmesi, görüntü kalitesi yönünden oldukça önemlidir.

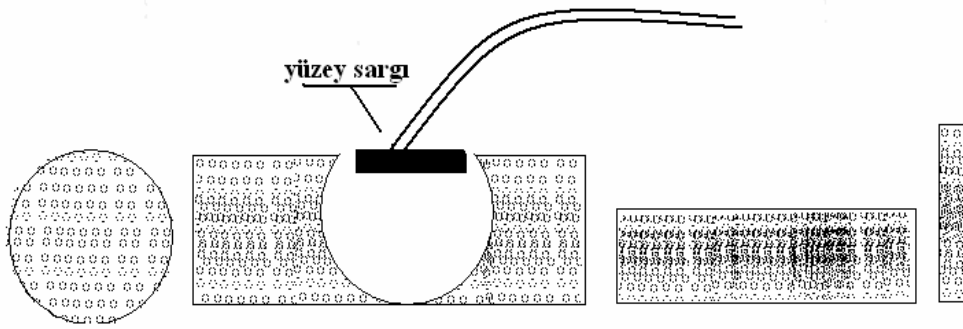
Sinyal buradan "modulator-demodulator"e gider ve bir takım işlemlerden geçtikten sonra ekrana görüntü olarak gelir. RF sargılarının yapısında, yapılacak olan incelemeye göre değişen bir takım farklılıklar vardır (head, body, ekstremité gibi) ve bunlardaki en önemli nokta, incelenecek dokuyu saran RF sargıların dokuyu homojen olarak etkilemesinin gerekliliğidir (Şekil 1.12).

RF sargılarının sensitivitesi (kalitesi) "Q" veya "quality factor" (kalite faktörü) ile değerlendirilir; yüksek Q olarak değerlendirilen sargılar mükemmel transmitter ve alıcı (receiver) olarak çalışırlar.

RF puls uygulaması sırasında kullanılan enerji, hastanın hacmine ve inceleme tipine göre değişmektedir (Bu genellikle cihazlarda otomatik olarak ayarlanmaktadır). Yüzey (surface) sargıları incelemek istediğimiz (yüzeye yakın) bölgeye direkt olarak yerleştirilen, değişik şekil ve yapılar da olabilen alıcı RF sargılarıdır (Transmitter görevi görmezler.).

Bu yüzey sargılarının en büyük avantajı, sadece belli bir bölgeden sinyal topladığı için elde edilen sinyalde gürültünün (noise) düşük, buna bağlı olarak da SNR'nin yüksek olmasıdır (Şekil 1.13).

Spine, ekstremité MRG incelemeleri gibi, özellikle incelemek istediğimiz doku yüzeye yakın ise, bu yüzey sargıları rutin olarak kullanılmaktadır (Yüzey sargıların haricindeki, vücudun daha büyük bölümlerini incelemek için kullanılan, hem alıcı hem de transmitter olarak görev yapan RF sargılarına ise volüm sargıları denmektedir.).

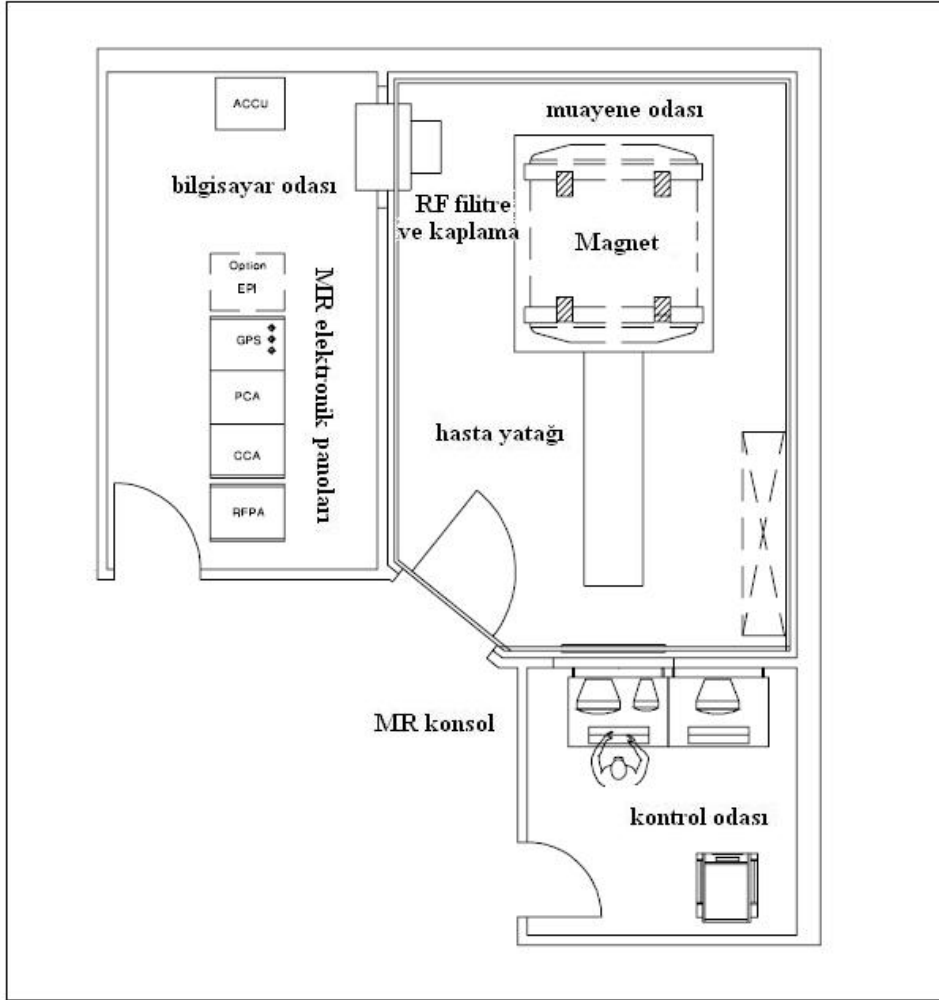


Şekil 1.13: Yüzey sargı

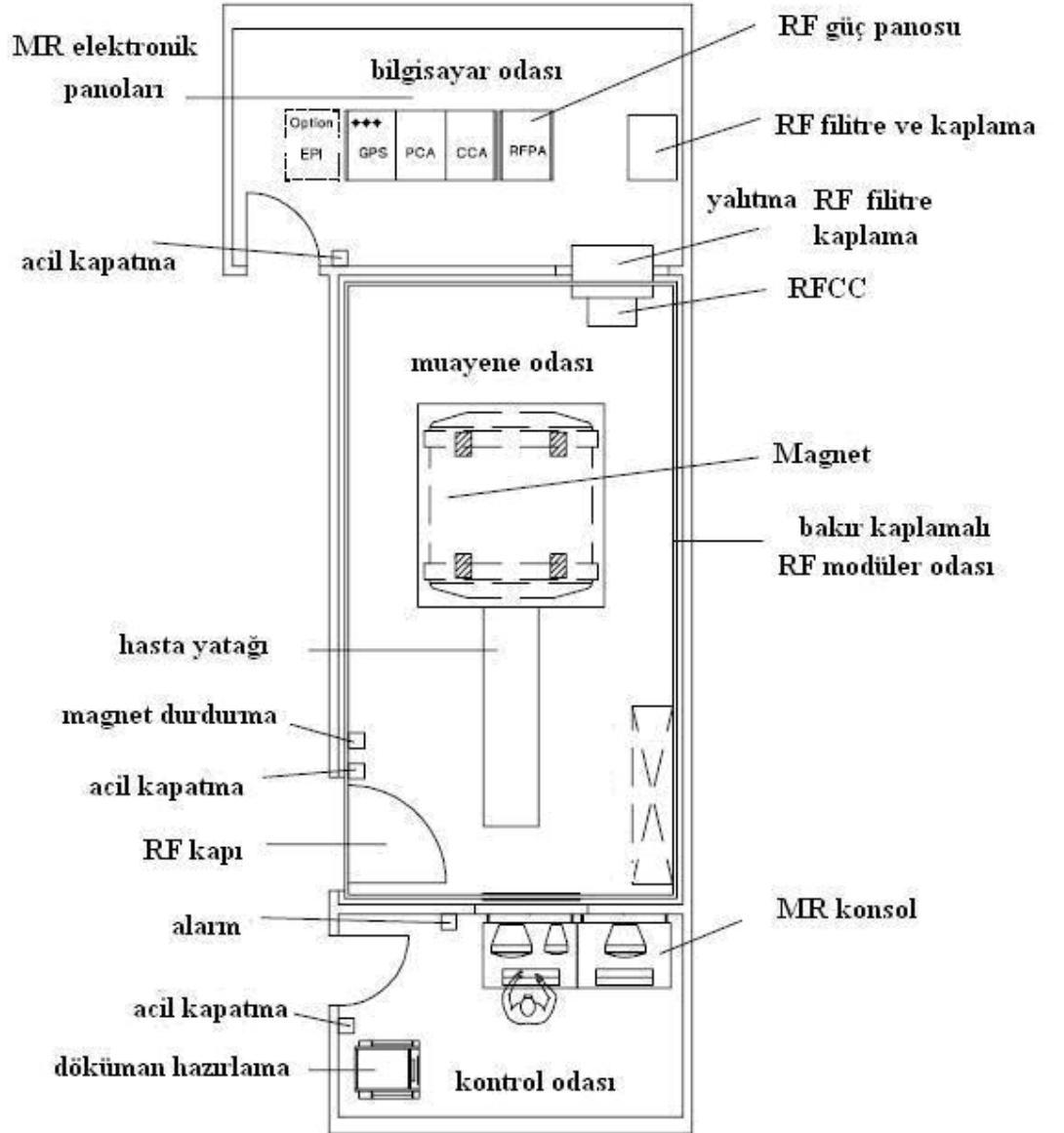
Yüzey sargı (surface coil), vücudun belli bir bölgesinden sinyal kaydı yaptığından, daha yüksek SNR değerleri elde edilmektedir.

1.2. Kurulum ve Kullanım Yeri Özellikleri

Magnetin konulduğu ve MR incelemelerinin yapıldığı odanın özellikleri nelerdir? Şekil 1.14'te görülen MRG inceleme odası, radyo dalgalarına karşı geçirgen olmayacak şekilde düzenlenmektedir. Yine kontrol paneli önündeki inceleme odasının görülmesini sağlayan cam da radyo dalgalarına karşı dirençlidir. İnceleme odasının radyo dalgalarına karşı dirençli olması, bilgisayarlardan, TV istasyonlarından veya diğer hastane cihazlarından gelebilecek radyo dalga etkileşimini engeller. İnceleme odasının radyo dalgalarına karşı dirençli olma özelliğine karşın magnetin oluşturduğu manyetik alan sınırlanamaz.

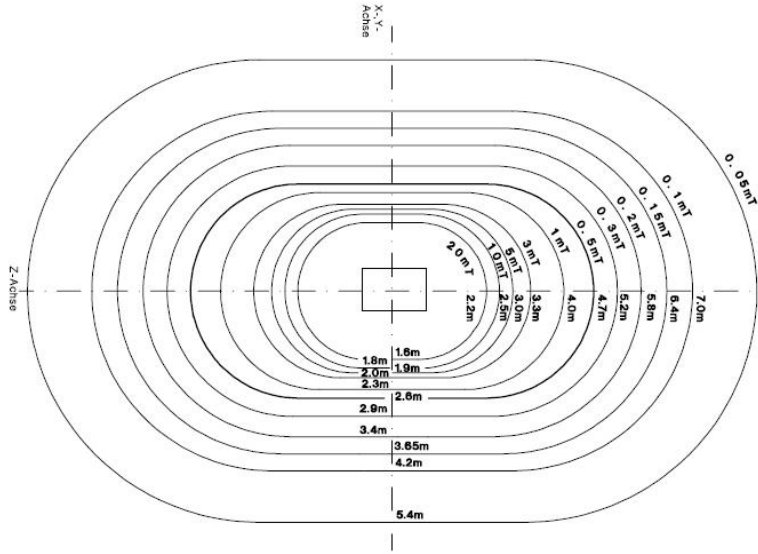


Şekil 1.14: MR inceleme odası



Şekil 1.15: İnceleme odası detayları

İnceleme odasındaki magnet, çevreyi belirgin derecede etkilemektedir. 1,5 Tesla değerli magnette merkezdeki manyetik alan gücü 1,5 Tesla (15.000 Gauss) olup bu dünyanın oluşturduğu manyetik alan gücünden 30.000 defa daha güçlüdür. Bu manyetik alanın gücü merkezden çevreye doğru gittikçe azalmaktadır (Şekil 1.16).



Şekil 1.16: Magnetin merkezden uzaklaştıkça azalan manyetik alan güçleri görülmektedir. (1.5 Tesla için)

Magnet çevresinde olan ve magnetten uzaklaştıkça azalan manyetik güç bizim için iki nedenle önemlidir.

- Magnetin etki alanında bulunan pek çok cihaz bundan etkilenmektedir. Örneğin kardiyak pacemaker'lar 5 Gauss'luk bir manyetik güçten etkilenebilmektedir.
- Çevrede bulunan pek çok cihaz da MR sisteminin çalışmasını etkileyebilmektedir. Örneğin 3 Gauss'luk etki sınırında olan asansör, MR sistemini etkileyebilmektedir.

MR sistemi tarafından etkilenenler

1 Gauss	Nükleer kameralar, PET, elektron mikroskobu, TV, BT, ultrasonografi sistemleri, nükleer tomografik kameralar
3 Gauss	Multiformat kamera, metal dedektör
5 Gauss	Kardiyak pacemaker, norostimulator, biostimulator cihazları
10 Gauss	MR sistem malzemeleri (ana bilgisayar, image processor, disk drives gibi), X-ray tüpleri, Floppy diskler, kredi kartları, saatler, mekanik oda malzemeleri
50 Gauss	Operatör konsol

MR sistemini etkileyenler

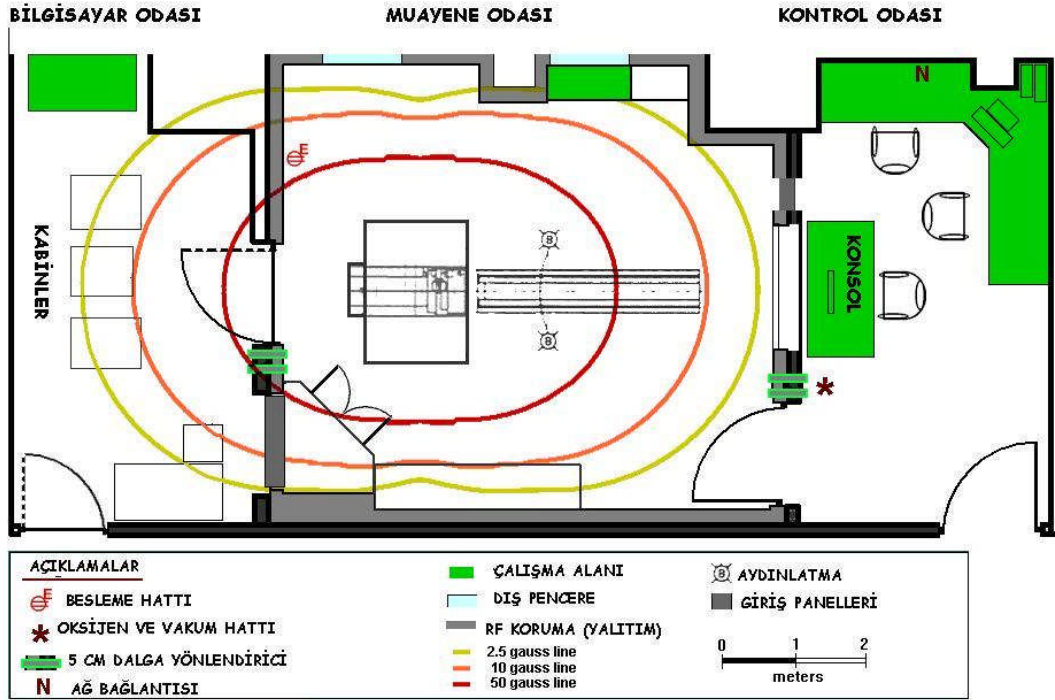
3 Gauss	Kamyon trafiği, asansörler, güç transformatörleri, ana elektrik dağılım transformatörleri, helikopter inişleri
10 Gauss	Su soğutucuları, 15 HP'den güçlü motorlar, air conditioning soğutucu

1.2.1. MR Üniteleri İçin Gerekli Tesisat ve Alt Yapı

MR sistemleri üç üniteden meydana gelmiştir:

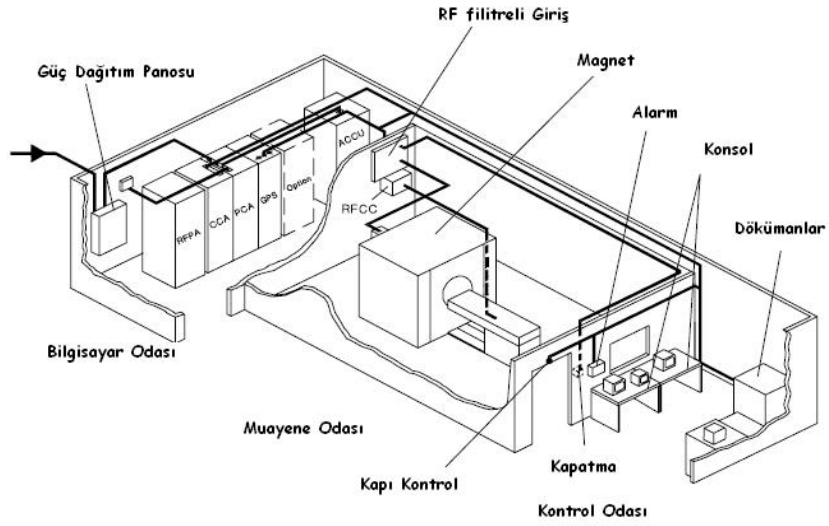
- Bilgisayar odası
- Muayene odası
- Kontrol odası

Burada belirtilen odalarda farklı nitelikte donanımlar bulunmaktadır. Bilgisayar odasında kabinler, muayene odasında magnet, kontrol odasında ise konsol buna örnektir ve sistem birbiri ile ilintili olarak çalışmaktadır.



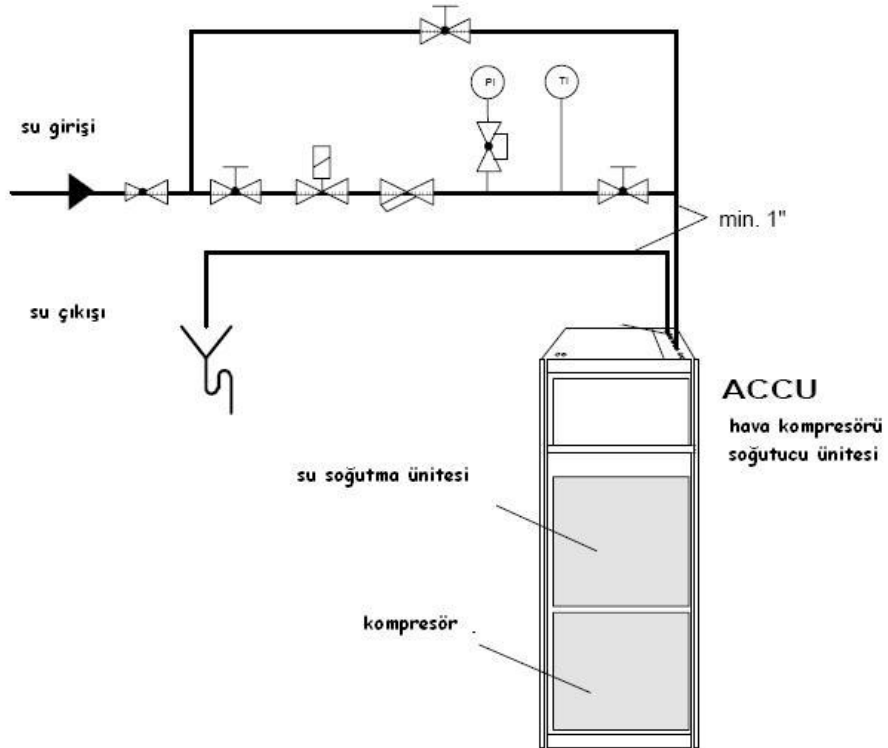
Şekil 1.17: MRG tesisat yapısı

Şekil 1.17 ve Şekil 1.18 incelendiğinde sistem içerisinde enerji besleme hattına, oksijen ve vakum hattına, aydınlatma hattına ve ağ bağlantılarına ihtiyaç olduğu görülmektedir. Ayrıca havalandırma sistemleri için su atım sistemi ve havalandırma tesisatı da gerekmektedir.



Şekil 1.18: MRG elektriksel dağılım

Su tesisatı olarak da ACCU için kullanılacak su giriş ve su çıkış bağlantıları kullanılmaktadır (Şekil1.19).



Şekil 1.19: ACCU için kullanılacak su giriş ve su çıkış bağlantıları

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Teknik şartnameyi okuyunuz. ➤ Kullanıcı isteklerini yazınız. ➤ Servis el kitabından cihaz boyutlarını belirleyiniz. ➤ Cihaz geçiş kapılarının boyutlarını ölçünüz. ➤ Kullanım alanı boyutlarını ölçünüz. ➤ Kullanım alanındaki nem miktarını ölçünüz. ➤ Kullanım alanının sıcaklığını ölçünüz. ➤ Kullanım alanındaki ışık miktarını ölçünüz. ➤ Ortam gürültüsünü ölçünüz. ➤ Tesisatların yeterliğini kontrol ediniz. ➤ Gerekli değişiklikleri yaptırınız. ➤ Kurulum alanına karar veriniz. ➤ Rapor tutunuz.	➤ Çalışma esnasında gerekli güvenlik önlemlerini alınız ve aldırınız. ➤ Kapı ve girişlerin ölçümü sırasında kapı kollarını, pervaz ve pencereler ile sabit eşyaları göz önüne alınız. ➤ Tesisat yeterlikleri incelenirken cihazın enerji, su, havalandırma projelerini inceleyebilirsiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıda verilen tanımlamalar için boş bırakılan yerlere uygun ifadeleri yazınız.

1. Cihazın içine insan vücudu yerleştirilen büyük ve güçlü mıknatıs parçasına..... denir.
2. MR inceleme odalarında yüksek bir.....bulunur.
3. CCA:
4. PCA :
5. GPS:
6. RFPA:.....
7. ACCU:
8. RFCC:
9. RFAS:.....
10. MRC:
11. MRSC:
12. CCU:
13. RFS:.....
14. Manyetik rezonans cihazını incelediğimizde cihazın 3 ana kısımdan oluştuğunu görürüz. Bu kısımlar:,.....,.....ıdır.....ıdır.
15. Cryostatın görevi: Vakum tarafından çevrelenen kriyojenler tarafından çok düşük ısı değerleri elde edilerek superkondüktiv tellerde gelişmesini önlemektedir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları geri dönerek tekrar inceleyiniz. Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer modüle geçiniz.

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. Teknik şartnameyi okudunuz mu?		
2. Kullanıcı isteklerini yazdınız mı?		
3. Servis el kitabından cihaz boyutlarını belirlediniz mi?		
4. Cihaz geçiş kapılarının boyutlarını ölçtünüz mü?		
5. Kullanım alanı boyutlarını ölçtünüz mü?		
6. Kullanım alanındaki nem miktarını ölçtünüz mü?		
7. Kullanım alanının sıcaklığını ölçtünüz mü?		
8. Kullanım alanındaki ışık miktarını ölçtünüz mü?		
9. Ortam gürültüsünü ölçtünüz mü?		
10. Tesisatların yeterliğini kontrol ettiniz mi?		
11. Gerekli değişiklikleri yaptırdınız mı?		
12. Kurulum alanına karar verdiniz mi?		
13. Rapor tuttunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksikliklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz. Cevaplarınızın tamamı “Evet” ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında elektromanyetik görüntüleyicilerden MR ünitesinin parçalarını taşıma aparatları ile güvenli taşınmasını sağlayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizde kullanılan ambalaj malzemeleri ve ambalaj nakliye yöntemleri ile ilgili bir rapor hazırlayınız.
- Araştırma işlemleri için, kütüphanelerden, internet ortamından, ve önceki modüllerinizden faydalanabilirsiniz.

2. MR ÜNİTELERİNİN CİHAZLARINI NAKLETME

MRG cihazları oldukça hassas nitelikli ve pahalı cihazlardır. Bu sebeple nakliye ve kurulum sırasında oldukça dikkatli davranmak gerekmektedir. Servis el kitaplarında hem taşıma hem de kurulum aşamasında nakliye işlemlerinin ne şekilde yapılacağı detaylı şekilde açıklanmaktadır.

Aşağıdaki tabloda bir MRG sistemini oluşturan elemanlar ve bu elemanlara ait boyutlar ve ağırlıkların servis el kitabındaki değerleri verilmektedir. Burada dikkati çekecek konu elemanların boyutları ve ağırlıklarıdır. Hem boyut açısından hem de ağırlık açısından oldukça büyük olan elemanların bu sebeple taşınması, aktarması ve işçiliği oldukça zorlaşmaktadır.

System components	Crate dimensions L x W x H (m)	Gross weight
Magnet OR 35	2.64 x 2.53 x 2.99	9050 kg
Accessories box	1.00 x 1.80 x 0.84	400 kg
ACCU	0.66 x 0.92 x 2.17	730 kg
Gradient coil	2.60 x 1.06 x 1.40	1738 kg
Patient table	3.07 x 0.86 x 1.05	685 kg
Electronics cabinet	2.10 x 1.15 x 2.25	1812 kg
Remaining system components	2.34 x 1.22 x 1.16	520 kg
Filter plate	1.40 x 1.06 x 0.92	170 kg
Set of cables	1.11 x 1.13 x 0.65	253 kg
Installation and service kit	1.83 x 0.88 x 1.27	222 kg
MR console	1.35 x 0.97 x 0.92	149 kg
System cover I (Front + back cover)	2.65 x 1.23 x 2.44	777 kg
System casing II (Wooden parts for the sides)	2.36 x 0.84 x 0.44	228 kg
Table guide	2.62 x 0.81 x 0.57	91 kg
RF power	1.28 x 1.04 x 2.15	402 kg
RF-filter plate for broadband spectroscopy	1010 x 1390 x 1150	185 kg
EPI	1.15 x 0.80 x 2.20	430 kg
MRSC 1	1.45 x 1.0 x 1.05	114 kg
MRSC 2	1.45 x 1.0 x 1.05	114 kg
MRSC container	1.024 x 0.81 x 1.278	190 kg
MR patient gurney	2.24 x 0.88 x 0.98	240 kg

Tablo 2.1: MR ünitelerine ait elemanların boyutları ve ağırlıkları

2.1. MR Ünitelerının Taşıma Aparatları

Gamma kamera sistemleri, nükleer tıpta görüntüleme amacı için özel olarak tasarlanmış sistemler olup, her türlü nükleer tıp verilerinin alınması, işlenmesi, gösterimi ve saklanması için gerekli donanımına sahiptir.

MRG üniteleri için taşıma aparatları seçiminde öncelikle taşıma kapasitelerinin uygun seçilmesi gereklidir.

Bir kurulum sırasında kullanılması gerekli araçlar

- Dört adet hidrolik lifts
- Yeterli sayıda çelik levha
- Magneti yönlendirebilmek için birkaç manivela
- Standard takım seti
- 4 yalıtım levhası (magneti taşırken kullanmak üzere)
- Magnetin yüzeyde titreşimini önlemek için alüminyum pullar
- Su terazisi
- Cetvel
- Fluke meter
- Toprak ölçüm cihazı
- Özel magnet kurulum araçları
- Uzun su terazisi
- 4 bağlama demiri (taşıma kapasitesi yüksek)
- 4 zincir
- 4 kalın ip (halat)

 Caraskal	 Elektrikli Caraskal
 Hubzug	 Trifor

	
Transpaletler	Şaryo
	
Zincir	Halat

Tablo 2.2:MR ünitelerinin kurulumunda kullanılan bazı taşıma aparatları

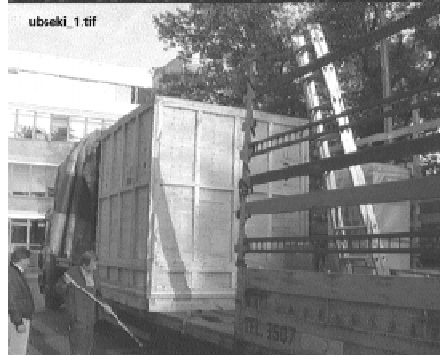
MR ünitelerinde gerek ağırlığı gerekse boyu ve gerek hassasiyeti açısından taşınması en güç olan eleman magnet ünitesidir. Tablo 2.1’de görüleceği gibi bu sebeple magnet taşınırken bazı işlem basamaklarının takip edilmesi gerekmektedir.

Ağır parçaların taşınmasında mutlaka uygun bir taşıma aracı gereklidir. Roller bu taşıma araçlarına örnek olabilir. Kullanın hareket kolaylığı açısından uygun ortamlarda taşıma limitleri içerisindeki motorlu taşıma araçları tercih edilmelidir.



Fotoğraf 2.1:Roller

MR kurulumlarında en önemli ünitenin magnet ünitesi olduğundan bahsetmiştik, boyut olarak da büyük olan bu ünitenin montaj ortamına getirilmesi aşamalarına bir göz atalım



Fotoğraf 2.2:Taşıyıcıda magnet

Öncelikle nakil aracının kapakları hareket serbestliği sağlayacak şekilde açılmalı ya da çıkarılmalıdır.

Taşıma kapasitesi uygun olacak çelik çubuklar MR sandığı üzerinde belirtilen kanallara yerleştirilmelidir. Ambalaj sandığında kanallar belirtilmemişse bu işlem çok dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmelidir.

“Sling here only “ uyarısı askının sadece o kanala yerleştirileceğini işaret etmektedir.

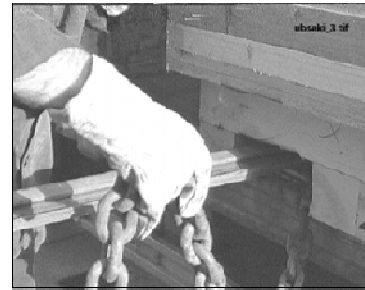


Fotoğraf 2.3:Ambalaj taşıma kanalı

Çelik çubuklar ve zincirler uygun bir şekilde bağlanmalıdır. Taşıma esnasında oluşabilecek olumsuzluklara karşı önceden önlem alma ve güvenlik tedbirleri doğrultusunda hareket etme zorunlulukları unutulmamalıdır.



Fotoğraf 2.4:Kanal Kullanımı

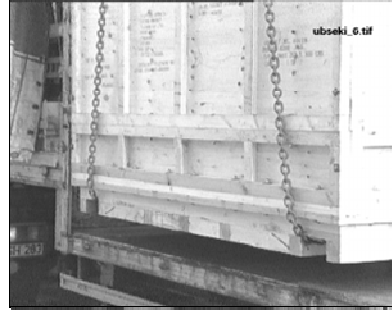


Fotoğraf 2.5:Çelik Çubuk Yerleştirilmesi

Taşıma kapasitesi uygun bir vinç yardımıyla, magnet ambalaj sandığının taşıyıcıdan indirilmesini sağlayınız.

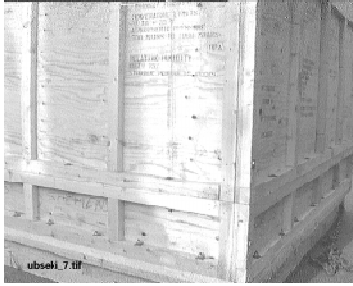


Fotoğraf 2.6:MR vinçle taşıma

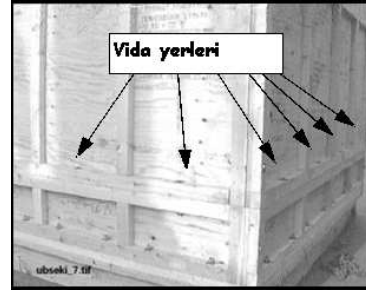


Fotoğraf 2.7: MR vinçle taşıma

Ambalaj sandığı uygun bir şekilde indirildikten sonra ambalajı tutan vidaların sökülerek ambalajın açılması sağlanmalıdır.



Fotoğraf 2.8: MR ambalajı



Fotoğraf 2.9:MR vida yerleri

Ambalajın açılması sırasında ambalaj üzerindeki taşıma halkalarını kullanabilirsiniz.



Fotoğraf 2.10:Taşıma halkası

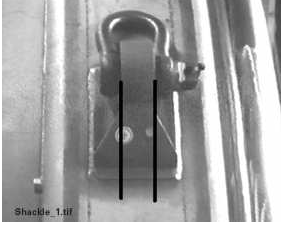


Fotoğraf 2.11:Taşıma halkasının kullanımı



Fotoğraf 2.12: MR ambalajının açılması

Ambalajın açılmasından sonra eğer magnete taşıma aparatları takılması gerekiyorsa aparatların takılmasını sağlayınız. Bu aparatların takılmasında servis el kitabı yönergelerini takip ediniz.



Fotoğraf 2.13:
Magnet Halkası

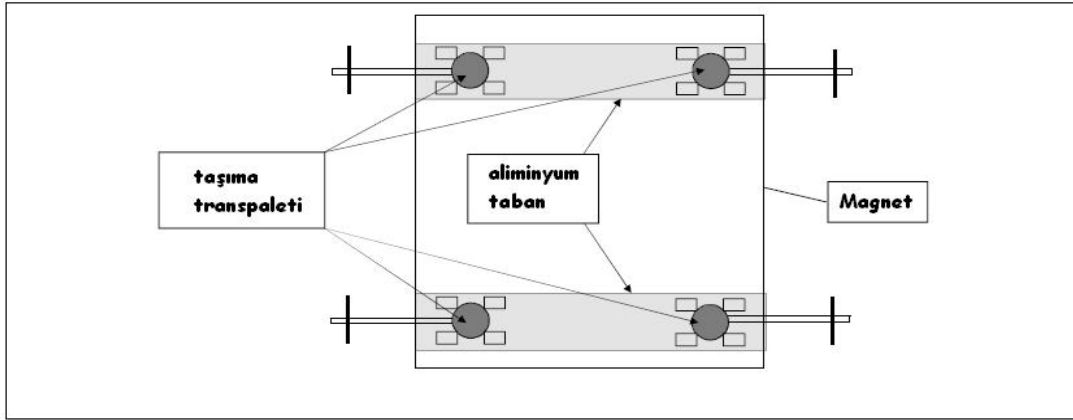


Fotoğraf 2.14:
Magnet taşıma halkasının kullanımı



Fotoğraf 2.15:
Magnet taşıma

Magnet düz bir ortama aktarılıp o noktada alüminyum tabana yerleştirilen hareket kabiliyeti yüksek transpaletlerle ya da rollerle RF odasına taşınır.



Şekil 2.1: Magnetlerin transpaletlerle taşınması

Dikkat! Magnetin taşınması işlemini son derece yavaş ve dikkatli bir şekilde yapmanız gerekmektedir.

2.2. Uygun Ambalajlama ve Etiketleme Kuralları

Tablo 2.1’de MR ünitelerine ait elemanların boyutları ve ağırlıkları verilmektedir. Bu ünitelere ait ambalajlama yapılırken ünitenin özelliğine dikkat edip ambalajlama işlemini ona göre gerçekleştirmek ulaşacağı ortama zarar görmeden gitmesi açısından son derece önemlidir.

Özellikle oluşabilecek darbelerle karşı önceden önlem alınarak yapılan ambalajlama işlemini darbeleri absorbe edecek şekilde yapmak gerekmektedir. Kırılacak nitelikte olan elemanların da dikkate alınarak buna göre paketleme yapmak gerekir. Bu ambalajlarda küçük

ebatlı parçalar için mukavva kutular kullanılırken büyük ebatlı ve ağır parçalar için tahta sandıklar kullanılmaktadır. Ayrıca parçalar ambalaj kutularının içerisine hava hücreli naylonlarla sarılarak yerleştirilirler ve darbelerden etkilenmelerini önlemek için strafor yardımıyla desteklenirler. Ağır cihazların ambalajları taşımada kolaylık sağlaması açısından paletler üzerine bağlanırlar. Magnet üniteleri gibi büyük ve ağır parçaların ambalajlanma sırasında söküm sırası dikkate alınmalı ambalajın açılması sırasında oluşabilecek sorunlar da önceden planlanıp ambalajlama uygulamasına öyle geçilmelidir.

Ambalajlama sırasında ve sonrasında; söküm aşamasında yararlanılacak olan kanalların gösterilmesi, vida söküm notalarının, taşıma halkalarının, yerlerinin gösterilmesi ve özellikle belirlenen bu yerlere ulaşımı zorlaştıracak ambalajlama yöntemlerinden ise kaçınılmalıdır.

Cihazın alt üst ve yan kısımlarını gösterir etiketlere yer verilmeli özellikle korunması gereken yüzey ve kırılacak nitelikte olan hassas ünitelerin ise ambalajlarda belirtilmesi gerekir. Ambalajların üzerlerinde taşıma ve depolama uyarıları bulunmaktadır. Bu uyarılara uyularak taşıma ve depolama yapılmalıdır. Bu uyarılar üretici firma tarafından cihazın özelliğine göre etiketler halinde ambalaj üzerine yapıştırılır.

Bu etiketlerde şu açıklamalar bulunur:

- Üretici firmanın adı ve adres bilgileri
- Ürün adı ve özellikleri
- Ambalaj içerisindeki adet
- Cihazın ve ambalajın boyut ve ağırlık gibi fiziksel büyüklükleri
- Nem, sıcaklık gibi depolama koşulları
- Üst üste konabilecek ambalaj miktarı
- Nakliye koşulları
- Ambalajın yönü



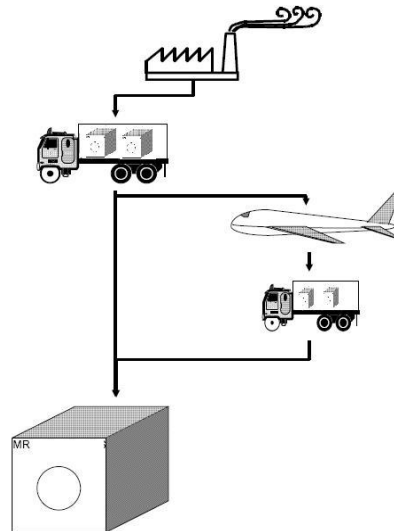
Fotoğraf 2.16: MRG sistemine ait olan elemanların ambalajlanması



Fotoğraf 2.17: Karton ambalaj

2.3. Cihazları Taşımak İçin Kullanılan Malzeme ve Nakil Araçları

MR üniteleri çok farklı ülkelerde üretilip satılmaktadır. Bu sebeple kara, deniz ve hava araçlarıyla nakledilmeleri söz konusudur. Bu da cihazların taşınması sırasında bazı nakliye farklılıklarına neden olabilmektedir. Örneğin, kara taşıtlarıyla ulaşım yapılırken cihazların korunması gereken ana mesele titreşim iken hava taşımacılığında ambalajların sağlam bir şekilde sabitlenmesi gereği, deniz taşımacılığında ise neme karşı koruma öncelik kazanmaktadır. Bu da kısmen ambalaj yapılacak malzemelerin değişimine sebep olmaktadır. Özellikle uzak mesafe nakliyelerinde de farklı önlemler alma zorunlulukları da doğmaktadır. Dikkat edilmesi gereken başka bir husus da elektronik nitelikteki ünitelerin statik elektriklenmeye karşı korunması olacaktır. Bu işlem için farklı korunma yolları bulunmaktadır. En yaygın kullanılan yöntem ise antistatik poşet ve ambalaj kullanmaktır.



Fotoğraf 2.18: Nakliye

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Teknik şartnameyi okuyunuz. ➤ Servis el kitabını okuyunuz. ➤ Temel iş güvenliği tedbirlerini alınız. ➤ Taşıma ile ilgili talimatları uygulayınız. ➤ Cihaz boyut ve özelliklerine bakınız. ➤ Cihazın taşınması için gerekli malzemeleri seçiniz. ➤ Cihazın zarar görmemesi için gerekli güvenlik tedbirlerini alınız. ➤ Cihazı yerine taşıtınız. ➤ Parça ve aparatları taşıtınız. ➤ Tutanak hazırlayınız.	➤ Servis el kitabına göre kullanılacak araç ve malzeme listelerini çıkartabilirsiniz. ➤ Cihazın güvenli nakli için gerekli önlemleri aldığınızdan emin olunuz. ➤ Öncelikle kendinizin ve çevredekilerin güvenlik önlemlerini aldığınıza emin olunuz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıda verilen tanımlamalar için boş bırakılan yerlere uygun ifadeleri yazınız.

1. MR ünitelerinde gerek ağırlığı gerekse boyu ve gerek hassasiyeti açısından taşınması en güç olan eleman.....'dır.
2. Ağır parçaların taşınmasında mutlaka uygun bir taşıma aracı gereklidir.bu taşıma araçlarına örnek olabilir.
3. Biyomedikal cihazlarda parçaların taşınması işleminde küçük ebatlı parçalar için..... kullanılırken büyük ebatlı ve ağır parçalar için..... kullanılmaktadır.
4. Cihazlarda nakliye işleri, kara taşıtlarıyla ulaşım yapılırken cihazların korunması gereken ana mesele..... iken hava taşımacılığında ambalajların gereği, deniz taşımacılığında iseöncelik kazanmaktadır.
5. MR cihazlarında elektronik ünitelerinin taşınmasında en yaygın olarak kullanılan ambalajlama yöntemi isekullanılmaktadır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konulara geri dönerek tekrar inceleyiniz. Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer öğrenme faaliyetine geçiniz.

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. Teknik şartnameyi okudunuz mu?		
2. Kullanıcı isteklerini yazdınız mı?		
3. Servis el kitabını okudunuz mu?		
4. Temel iş güvenliği tedbirlerini belirlediniz mi?		
5. Taşıma ile ilgili talimatları uyguladınız mı?		
6. Cihazın taşınması için gerekli malzemeleri seçtiniz mi?		
7. Cihazın zarar görmemesi için gerekli güvenlik tedbirlerini aldınız mı?		
8. Cihazı yerine taşıttınız mı?		
9. Parça ve aparatları taşıttınız mı?		
10. Tutanak hazırladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksikliklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz. Cevaplarınızın tamamı “Evet” ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Gerekli koşullar sağlandığında, elektromanyetik görüntüleyicileri TS EN 60601 standartlarına uygun olarak, kurulum alanında elektromanyetik yalıtımlarının düzenlenmesini sağlayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Faraday kafesi nedir? Nereelerde kullanılır? Konulu bir rapor hazırlayınız.

3. MR CİHAZININ KURULUM ALANINDAKİ YALITIM

3.1. Faraday Kafesi ve Özellikleri

Bilindiği gibi, iletken malzemeleri oluşturan atomların en dış yörüngelerindeki “değerlik” (valens) elektronları, atomlarından kolayca ayrılarak hareket etme yeteneğine sahiptir. Dolayısıyla; kapalı bir yüzeye sahip olan iletken bir cisim elektrik alanı içerisine yerleştirildiğinde, bu elektronlar, iletkenin içerisindeki elektrik alanı sıfırlanıncaya kadar hareket eder ve bir “yeniden dağılım” a uğrarlar. Elektrik alanın sıfırlanmasıyla birlikte, hareket etmelerinin gerekçesi ortadan kalkmış olur. Faraday kafesi bu ilkeye göre çalışır ve içindeki nesneleri dış elektrik alanlara karşı korur. Dolayısıyla ideal olarak; topraklanmış, örneğin içi boş metal bir küre gibi kapalı bir iletken yüzeyden oluşur. Ancak iletken yüzey sürekli olmak yerine, kafes şeklinde de imal edilebilir. Bu durumda, kafes aralıklarından bir miktar elektrik alanı içeriye sızacak, fakat aralıklar yeterince küçükse, bu bir sorun oluşturmayacaktır. Öte yandan geometrinin küre olması şart değildir. Kapalı herhangi bir yüzey, kafes görevini yerine getirir.

Dolayısıyla yapmanız gereken; iletken bir kafesi, iletken bir kablo aracılığıyla, toprağa gömülmüş iletken bir çubuğa bağlamaktan ibarettir. Kafes aralığı ve kullanacağınız topraklama kablusunun kalınlığı, üzerinde çalışmayı düşündüğünüz elektrik alanlarının şiddetine bağlı olarak değişecektir.

Yukarıda da belirtildiği gibi faraday kafesinin yapısı ihtiyaca göre belirlenmelidir. Bu modülde bahsedilen faraday kafesi MR cihazının yerleştirildiği ortamdır. Birinci öğrenme faaliyetinde gerek MR cihazının diğer cihazlara yaptığı etkiye gerekse, çevre cihazların MR cihazına yaptığı etkiye değinmiştik. Bu karşılıklı etkileşimi ortadan kaldırmak ya da en aza

indirmek amacıyla MR cihaz kurulumlarında ortam özel malzemelerle kaplanarak faraday kafesi etkisinin oluşması sağlanır.

Kaplama faaliyetleri farklı aşamalardan meydana gelmektedir. MRG odalarının RF yalıtımı, odalara bakır ve çelik veya bakır çelik ortak alaşımların kaplanması suretiyle yapılmaktadır.

MRG sistemlerinde genel olarak üç tip kaplama yönteminden bahsedebiliriz. Bu MRG sistemine göre farklılık gösterebilmektedir.

- Galvanizli modüler sistem–lamine ve galvanizli alaşımlı malzemelerden meydana gelen panellerle yapılmaktadır.
- Bakır modüler sistem–ahşap malzemeye bakır sarılması suretiyle meydana gelen panellerle yapılmaktadır.
- Bakır levhaların lehimlenmesi sistemi, bakır levhaların lehimlenmesi usulüyle yapılmaktadır.

3.1.1. Yerin Kaplanması Yapımı

Yerin kaplanması bakır levhaların yan yana uygun şekilde birleştirilmesi suretiyle yapılmaktadır. Fotoğraf 3.1’de yapım aşaması ve Fotoğraf 3.2’de uygulanmış hâli görülmektedir.



Fotoğraf 3.1: Yerin kaplanması işlemi



Fotoğraf 3.2: Yer kaplaması

3.1.2. Duvarların Kaplanması

Duvarların kaplanması işlemi de bakır levhalarla yapılmaktadır bazı durumlarda yapının özelliğine göre galvanizli çelik ya da bakır çelik alaşımlı malzemeler kullanılabilir. Fotoğraf 3.3’te yapım aşaması ve Fotoğraf 3.4’te ise tamamlanmış hâli görülmektedir.



Fotoğraf 3.3: Duvar kaplama



Fotoğraf 3.4: Duvarların tamamlanmış hâli

3.1.3. MR Muayene Odalarının Kapılarının Kaplanması

MRG oda kapıları standart ya da otomatik kontrollü olabilmektedir özellikle otomatik kontrollü kapılarda pnomatik kontrollör tercih edilmektedir. Kapıların hareket serbestliğinin azaltılmamasına özellikle dikkat edilmelidir. Fotoğraf 3.5’te standart bir MRG odası kapısı ve Fotoğraf 3.6’da ise pnomatik kontrollü bir MRG odası kapısı görülmektedir.



Fotoğraf 3.5: Standart MRG kapısı

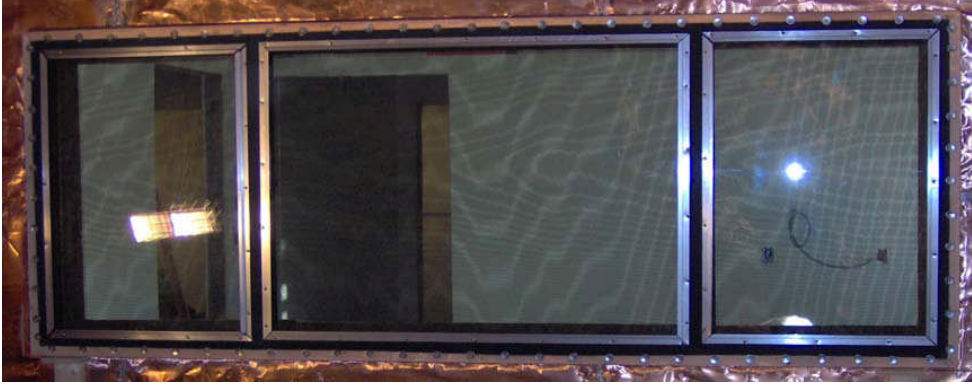


Fotoğraf 3.6: Pnomatik MRG kapısı

3.1.4. MR Muayene Odalarının Pencerelerinin Kaplanması

Pencerelerin kaplanmasında dikkat edilmesi gereken bir husus da pencerenin iç ortama mı dış ortama mı ait olduğudur. İç ortama dahil olan pencerelerde ince film kaplamaları yapılmakta, dış ortamlara ait pencerelerde ise ısı yalıtımlarına dikkat edilmektedir.

3.1.5. İç Ortam Pencereleeri



Fotoğraf 3.7:İç pencere

İç ortam pencereleri görüşü engellemeyecek oranda koyulaştırmak, ışık yansımalarını en aza indirmek açısından gerekebilmektedir. İç ortam pencereleri bu sebeple film kaplanarak koyulaştırılabilmektedir.

3.1.6. Dış Ortam Pencereleeri



Fotoğraf 3.8: Dış pencere

Dış ortam pencerelerinin özellikle ısı kayıplarına karşı yalıtılmış olması gerekmektedir. Görüntülemeyi veya çalışmayı olumsuz şekilde etkileyeceği düşünülürse perdeleme ya da film kaplama yöntemiyle olumsuzluklar azaltılmalıdır.

3.1.7. Hava ve Isıtma Girişlerinin Kaplanması (HVAC)

Havalandırma, iklimlendirme ve soğutma amacıyla oluşturulan girişlerde manyetik etkilerin dış ortama yansımaları ve yine aynı şekilde dış ortamdaki etkilerin iç ortama yansımaları önlemek amacıyla RF yalıtımlarının sağlanması gerekmektedir.

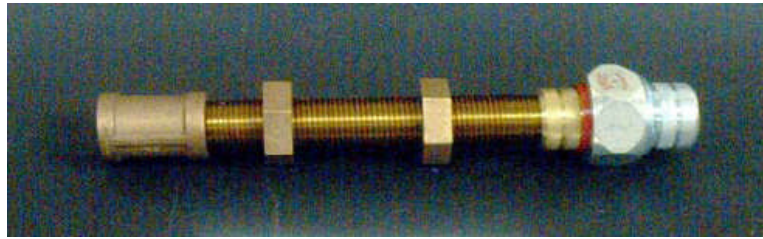
Bu amaçla bu tür girişler de yalıtım amacıyla kaplanmaktadır.



Fotoğraf 3.9:Hava panelleri

3.1.8. Boru Girişlerinin Yalıtımı

MR muayene odalarında sıvı ve gaz geçişlerinin de gerekli olduğu durumlar mevcuttur. Yapılması gereken yalıtımın bu gaz ve sıvı giriş çıkışlarına da uygulanması gerekmektedir. Fotoğraf 3.10' da bu girişe ilişkin bir yalıtım uygulaması görülmektedir.



Fotoğraf 3. 10:Boru yalıtımı

3.1.9. Elektriksel Ünitelerin Filtrelenmesi

MRG odalarında bazı elektrik devrelerinin de olması kaçınılmazdır. Aydınlatma devreleri, bazı temel güç kaynakları, sigara ve gaz alarmları, termostatlar, hemşire çağırma, interkom, acil kapama gibi devrelerin de manyetik etkilerden korunması gerekmektedir. Fotoğraf 3.11 ve Fotoğraf 3.12'de bu tür elektriksel yapıların yalıtılması ile ilgili resimler görülmektedir.

RF filtreleme için kullanılan bir elektriksel bağlantı aracı duvardan geçişlere izin verecek şekilde iç dış bağlantıları için dizayn edilmiştir (Fotoğraf 3.13).



Fotoğraf 3.13: İç dış bağlantı elemanı

3.1.10. Taşınabilir Paneller

MRG odalarının kaplanması uygulanan bir yöntem de oda yapısına göre oluşturulan panellerin MRG odasına kurulması şeklinde gerçekleşebilmektedir. Fotoğraf 3.14’te taşınabilir bir panel görülmektedir.



Fotoğraf 3.14: Taşınabilir paneller

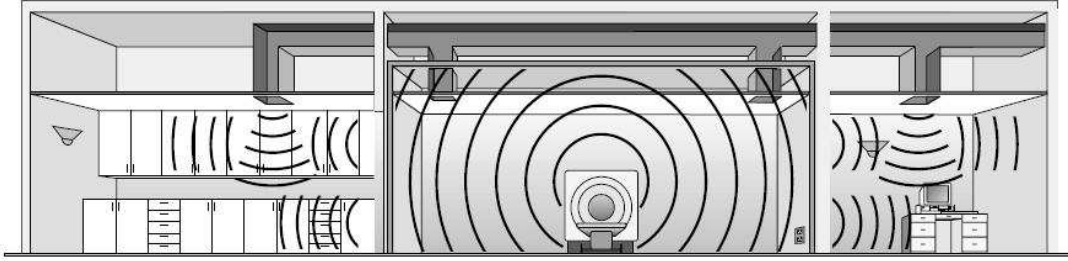
MRG ortamının niteliğine göre istenilen hassasiyetlere sahip yalıtım yapmak mümkündür.

3.2. Kafessiz Ortamda Kurulum

Kafessiz ortamda kurulumun sakıncalarını incelerken birinci öğrenme faaliyetindeki magnetin merkezden uzaklaştıkça manyetik alan güçleri ile ilgili yayılımını hatırlamakta fayda vardır. Daha önce de bahsedildiği gibi MRG cihazları çalışmaları esnasında oldukça

yüksek değerde manyetik alan meydana getirirler. Bu manyetik alanlar etki alanı içerisindeki elektronik nitelikteki cihazlarda gürültüye hatta bozulmaya neden olur.

MRG cihazının etkilediği malzemelere örnek verecek olursak kredi kartları, banka kartları, cep telefonları, saat, üzerinizde taşıdığınız büyük metaller (çıkabilen diş protezi, metal tokalı kemer, bozuk paralar, anahtarlık, silah, çakı gibi), saç tokası ve küpe ilk anda sayılabilen eşyalardır. Kurulumun hastane gibi sağlık merkezlerinde yapılacağı düşünülürse; kalp pili olanlar (yalnızca hasta değil, hasta yakınları, sağlık personeli ve diğer kişiler de dahil) kesinlikle MRG odasına giremezler. Ayrıca vücudunda nörostimülatör (sinirleri uyarıcı elektriksel düzenek), elektrikli infüzyon pompası, MR ile uyumlu olmayan damar filtresi veya sargı (koil) bulunanlar da MRG odasına giremezler. Eğer uygun bir izalasyon sağlanmamışsa cihazın çalışması esnasında cihaza yakın olanların da etkilenmesi söz konusu olmaktadır. Standart bir yayılım Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1: Elektromanyetik yayılım

Buradan da anlaşılabileceği gibi duvar, kapı, pencere, havalandırma kanalları ve pencerelerinin uygun bir şekilde izolasyonu sağlanmazsa çevreye ciddi bir elektriksel gürültü yayacaktır.

Eğer çevre koşullar da uygun olursa kafes yapılmadan manyetik geçirgenliği olmayan malzemelerle yapılan bir kaplama çalışması da yapılabilir.

3.3. Gaz Sızımına Karşı Korunma ve Uyarı Cihazları

MRG cihazlarında daha önce de belirtildiği gibi helyum ve nitrojen gazları kullanılmaktadır. Bilindiği üzere süper iletkenlik yasası; “Mutlak sıfıra (-273°C , 00 K) soğutulmuş iletkenlerin direnci sıfır olur.” der. Magnetler bir tank içerisine iletken sargıların döşenmesi ile kurulur. Sargı döşeli bu tank içerisindeki iletkenleri mutlak sıfır sıcaklığına indirebilmek için sıvı helyum (He) kullanılır. Sıvı He -269°C ’dir ve çok yüksek basınç uygulandığında oda sıcaklığında da sıvı hâlde kalabilir. İşte bu çok yüksek basınca dayanıklı tanka sıvı helyum depolandığında sargıların sıcaklığı mutlak sıfıra çok yakın bir sıcaklık olan -269°C ye soğumuş olur.

Bu durumda oluşabilecek bir gaz sızıntısı hastaya ve cihaz kullanıcısına zarar verebilir. Bu sebeple ortam içerisindeki gaz değişimini haber verecek sistemlere ihtiyaç duyulabilir. Genellikle MRG cihazlarında bu şekildeki sorunlar için yazılımlar mevcuttur ve uyarma işlemlerinin alarm ya da konsollarda hata kodu olarak iletimi sağlanmıştır. İkaz ve

uyarı ışıklarıyla desteklenmiş sistemlerdir. Ancak böyle bir uyarı sisteminin bulunmadığı durumlarda sistem içerisine genel izolasyonları sağlanmış gaz dedektörleri ile sorun çözümlenebilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Teknik şartnameyi okuyunuz. ➤ MR ünitelerinin servis el kitabında kurulum talimatlarını okuyunuz. ➤ MR cihazı servis el kitabındaki talimatları takip ediniz. ➤ Kullanıcı isteklerini yazınız. ➤ Odanın büyüklüğüne göre, cihaz alan hesabı yapınız. ➤ Alandaki elektromanyetik yalıtım düzeneklerini tespit ediniz. ➤ Gerekli yalıtımları yapınız. ➤ Elektromanyetik iç ve dış yalıtımları ölçünüz.	➤ Oda varsayılan 10cm ya 15cm’lik karton kutuyu kendiniz de yapabilirsiniz. ➤ Kaplama için bakır bir iskelet oluşturmanızda yarar vardır.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıda verilen MRG cihazlarının çalışması esnasında etkilendiği maddeleri “x” işareti koyarak işaretleyiniz.

- | | | | |
|--------------------------|-----|-----------------------|-----|
| 1. Banka kartları | () | 9. Bozuk paralar | () |
| 2. Cam bardak | () | 10. Plastik şişe | () |
| 3. Cep telefonları | () | 11. Kitap | () |
| 4. Saat | () | 12. Anahtarlık | () |
| 5. Deri çanta | () | 13. Silah | () |
| 6. Porselen fincan | () | 14. Saç tokası | () |
| 7. Çıkabilen diş protezi | () | 15. Küpe | () |
| 8. Metal tokalı kemer | () | 16. Kalp pili olanlar | () |

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konulara geri dönerek tekrar inceleyiniz. Tüm sorulara doğru cevap verdiyseniz diğer öğrenme faaliyetine geçiniz.

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	Evet	Hayır
1. Teknik şartnameyi okudunuz mu?		
2. MR ünitelerinin servis el kitabında kurulum talimatlarını okudunuz mu?		
3. MR cihazı servis el kitabındaki talimatları takip ettiniz mi?		
4. Kullanıcı isteklerini yazdınız mı?		
5. Odanın büyüklüğüne göre cihaz alan hesabı yaptınız mı?		
6. Alandaki elektromanyetik yalıtım düzeneklerini tespit ettiniz mi?		
7. Gerekli yalıtımları yaptınız mı?		
8. Elektromanyetik iç ve dış yalıtımları ölçtünüz mü?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Eksikliklerinizi araştırarak ya da öğretmeninizden yardım alarak tamamlayabilirsiniz. Cevaplarınızın tamamı “Evet” ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TEST (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak uygun cevap şıkkını işaretleyiniz.

1. Cihazın içine insan vücudu yerleştirilen büyük ve güçlü mıknatıs parçasına gantry ya da magnet denir.
A) DOĞRU B) YANLIŞ
2. MR inceleme odalarında yüksek bir manyetik alan bulunur.
A) DOĞRU B) YANLIŞ
3. Cryostat'ın görevi, vakum tarafından çevrelenen kriyojenler tarafından çok düşük ısı değerleri elde edilerek superkondüktiv tellerde akım gelişmesini önlemektir.
A) DOĞRU B) YANLIŞ
4. MR ünitelerinde gerek ağırlığı gerekse boyu ve hassasiyeti açısından taşınması en güç olan eleman magnet ünitesidir.
A) DOĞRU B) YANLIŞ
5. MR cihazlarında elektronik ünitelerinin taşınmasında en yaygın olarak kullanılan ambalajlama yöntemi ise plastik torbalama yöntemidir.
A) DOĞRU B) YANLIŞ
6. MRG cihazının etkilediği malzemelere örnek verecek olursak, kredi kartları, banka kartları, cep telefonları, saat sayılabilir.
A) DOĞRU B) YANLIŞ
7. MRG cihazlarının yerleştirilmesi sırasında magnet odaları bakır, alüminyum ya da çelikle kaplanır.
A) DOĞRU B) YANLIŞ

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

Modül ile kazandığınız yeterlik, aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Amaç	Teknik ve İdari Şartnameler, Kurumsal Yönetmelikler ve Yönergeler, Cihazın Marka Modelinin CE Marking Direktifleri (Directive 93/68/EEC), TS 4535 EN 60601-1 (Elektrikli Tıbbi Cihazlar Bölüm-1 Genel Güvenlik Kuralları), TS 4535 EN 60601-1-2 (Elektromanyetik uyumluluk), TS EN 61000-4-3, TS EN 61000-4-4 standartları dâhilinde gerekli ortam sağlandığında manyetik rezonans ünitelerinin kurulum hazırlıklarını yapabileceksiniz.				
AÇIKLAMA: Aşağıda listelenen davranışların her biri için ilgili kutucuğa “X” işareti koyunuz.					
Öğrencinin					
Adı:		Soyadı:		Nu:	
Sıra nu.sı	DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ	Tekrar Etmeli (0)	Orta (1)	İyi (2)	Çok iyi (3)
1	Teknik şartnameyi okumak				
2	Kullanıcı isteklerini yazmak				
3	Cihaz boyutlarını ölçmek				
4	Cihaz geçiş kapılarının boyutlarını ölçmek				
5	Tesisatların yeterliğini kontrol etmek				
6	Gerekli değişiklikleri yaptırmak				
7	Kurulum alanına karar vermek				
8	Şartnameye uygunluğunu kontrol etmek				
9	Cihazın taşınması için gerekli malzemeyi seçmek				
10	Cihazın zarar görmemesi için gerekli güvenlik tedbirlerini almak				
11	Cihazı, parça ve aparatları taşımak				
12	Duvar sağlamlıklarını kontrol etmek				
13	Havalandırma tertibatını düzenletmek				
14	Alandaki elektromanyetik yalıtım düzeneklerini tespit etmek ve gerekli yalıtımları yaptırmak				

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonucunda eksikleriniz varsa öğrenme faaliyetlerini tekrarlayınız.

Modülü tamamladınız, tebrik ederiz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1. Cihazın içine insan vücudu yerleştirilen büyük ve güçlü mıknatıs parçasına "gantry(magnet)" denir.
2. MR inceleme odalarında yüksek bir manyetik alan bulunur,
3. CCA: Control Cabinet (Kontrol Panosu)
4. PCA :Power Cabinet(Güç Panosu)
5. GPS:Gradient Power Supply(Gradiyen Güç Kaynağı)
6. RFPA:Radio Frequency Power Cabinet(RF Güç Panosu)
7. ACCU:Air Compressor Chiller Unit(Soğutma Ünitesi)
8. RFCC:Radio Frequency Control Cabinet(RF kontrol panosu)
9. RFAS:Radio Frequency Amplifier System(RFamplifier sistemi)
10. MRC:MR Console(MR Konsol)
11. MRSC:MR Satellite Console(MR Yardımcı Konsol)
12. CCU:Communication Control Unit(Haberleşme Kontrol Ünitesi)
13. RFS:Radio Frequency Small Unit(RF Küçük ünite)
14. Manyetik rezonans cihazını incelediğimizde cihazın 3 ana kısımdan oluştuğunu görürüz. Bu kısımlar: Magnet, kabinetler, görüntü işlem ve operatör bilgisayarlarıdır.
15. Cryostatın görevi,vakum tarafından çevrelenen kriyojenler tarafından çok düşük ısı değerleri elde edilerek superkondüktiv tellerde rezistans gelişmesi önlenmektedir.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1. MR ünitelerinde gerek ağırlığı gerekse boyu ve gerek hassasiyeti açısından taşınması en güç olan eleman magnet ünitesidir.
2. Ağır parçaların taşınmasında mutlaka uygun bir taşıma aracı gereklidir. Roller bu taşıma araçlarına örnek olabilir.
3. Biyomedikal cihazlarda parçaların taşınması işleminde küçük ebatlı parçalar için mukavva kutular kullanılırken büyük ebatlı ve ağır parçalar için tahta sandıklar kullanılmaktadır.
4. Cihazlarda nakliye işleri, kara taşıtlarıyla ulaşım yapılırken cihazların korunması gereken ana mesele titreşim iken hava taşımacılığında ambalajların sağlam bir şekilde sabitlenmesi gereği, deniz taşımacılığında ise neme karşı koruma öncelik kazanmaktadır.
5. MR cihazlarında elektronik ünitelerinin taşınmasında en yaygın olarak kullanılan ambalajlama yöntemi ise antistatik poşet ve ambalaj kullanmaktır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1. Banka Kartları (X)
2. Cam Bardak ()
3. Cep Telefonları (X)
4. Saat (X)
5. Deri Çanta ()
6. Porselen Fincan ()
7. Çıkabilen Diş Protezi (X)
8. Metal Tokalı Kemer (X)
9. Bozuk Paralar (X)
10. Plastik Şişe ()
11. Kitap ()
12. Anahtarlık (X)
13. Silah (X)
14. Saç Tokası (X)
15. Küpe (X)
16. Kalp Pili Olanlar (X)

MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

SORU	CEVAP
1	A
2	A
3	B
4	A
5	B
6	A
7	B

KAYNAKÇA

- ARDOĞAN Musa, **Yayınlanmamış Ders Notları**, Ankara,2006.
- KONEZ Orhan, **Manyetik Rezonans Görüntüleme: Temel Bilgiler**
- Siemens Magnetom Servis Manuel
- <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/>
- http://www.biomedikal.org/request.php?pub_herey.pdf
- <http://www.hacettepe.com.tr/bolumdetay.aspx?id=107>
- <http://konez.com/>
- <http://www.linkforge.com/link/tr/sivihelyum.html>
- http://www.malzememarket.com/product_list.php?website_title=%DD%FE%20G%FCvenli%F0i&product_main=1142980590
- http://www.nelco-usa.com/medical_diagnostic_imaging.php
- <http://www.sekizli.com.tr/TR/06-ekipman.htm>
- <http://www.webriggingsupply.com/pages/catalog/chain/chain-catalog.html#E>