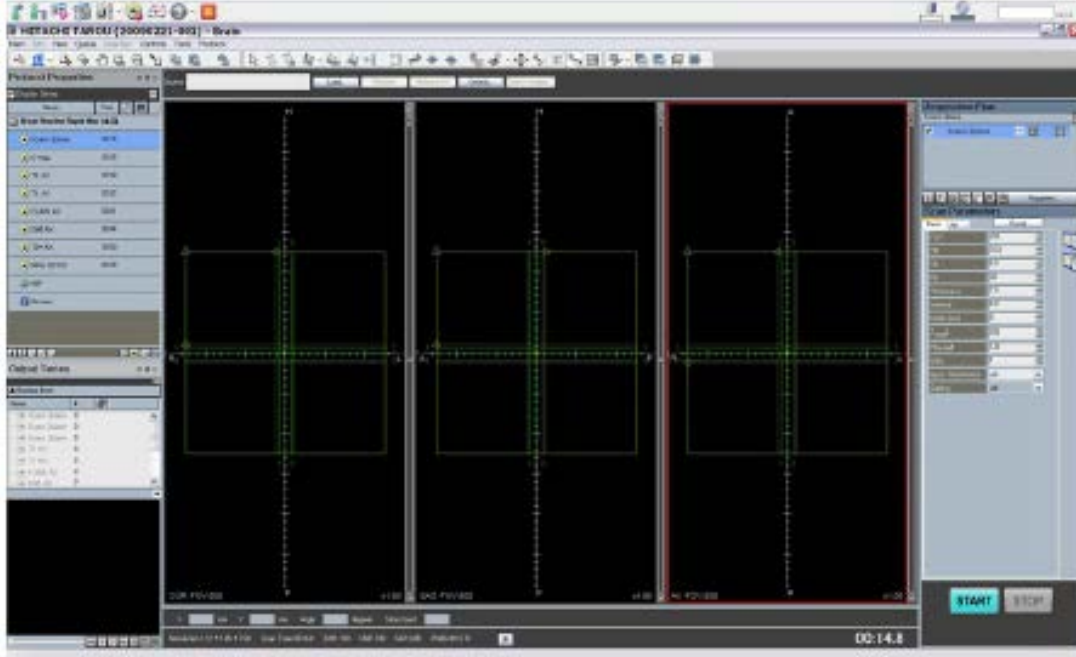


Magnetik Rezonans Sistemleri Kalite Kontrol Testleri



Görüntüleme sistemleri arasında en karmaşık yapıya sahip olan MR sistemleridir. Bünyesinde fizik, elektrik elektronik , yazılım , mekanik gibi çeşitli branşları barındırmaktadır. Temelini bu branşlardan alan MR sisteminin birimleri tam senkronizasyon ile çalışır. Her ünitenin görevi bellidir ve bu , sistemin yazılımı kontrolünde çalışmaktadır.



MR görüntüleri ile uzman radyologlar ve branş hekimleri, hastalar için tedavi veya ameliyat kararı verirler. Bazen kötü görüntüye sahip bir MR görüntüsünde lezyon atlama, tam teşhis konamama gibi büyük problemler meydana gelmektedir. Bu şekilde olan bir görüntüde alınan ameliyat kararı veya tedavi kararı, hatalı olabilmektedir.



Bu sebeple her elektromekanik sistem gibi MR sistemlerinin de kalibrasyona ihtiyacı vardır. Burada söz konusu insan hayatı olduğundan kalite kontrol göz ardı edilemez bir durumla karşımıza çıkar. MR sistemlerinin kalibrasyonları üretici firmanın yetkili mühendisleri tarafından yapılır.



Şimdi bir MR sisteminde yapılması gereken ve görüntü kalitesini dolayısı ile tanıyı etkileyen kriterleri kısaca inceleyelim.



Kurulum Öncesi Testler

Alan Testi

MR sisteminin kurulacağı alan, AC ve DC magnetik alana sahip olmamalıdır. Yani, etrafında yüksek gerilim hattı ve herhangi bir hareketli metal kütle bulunmamalıdır. Bu sınır üretici firma tarafından verilmekte olup genellikle aşağıdaki gibidir.

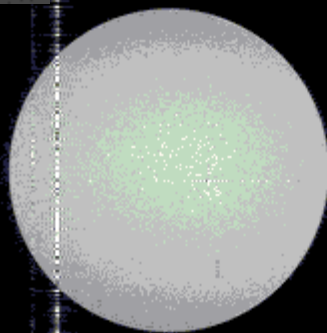
- DC magnet field fluctuation : 5×10^{-7} Tpp (5mGpp)
- AC (50/60Hz)magnet field fluctuation : 1×10^{-6} Tpp (10mGpp)



Bu sebeple MR kurulumu yapılacak yer önceden yetkili firma mühendisleri tarafından ölçülmelidir. MR kurulumuna uygun olup olmadığı tespit edilmelidir .

RF Shielding Testi

MR sistemleri RF dalgaları ile çalıştığı için, kendi frekans seviyesinde veya yakınında başka bir frekans ile karşılaştığında SNR (sinyal gürültü oranı) değeri dolayısıyla da görüntü kalitesi düşer.





Bu sebeple MR sistemi klasik fizik bilgilerinde gördüğümüz Faraday Kafesi nin içersine kurulur . Bu kafes, RF odası veya RF shielding olarak ifade edilir. RF odaları, belli bir frekans geçirme hesabına göre yapılır.



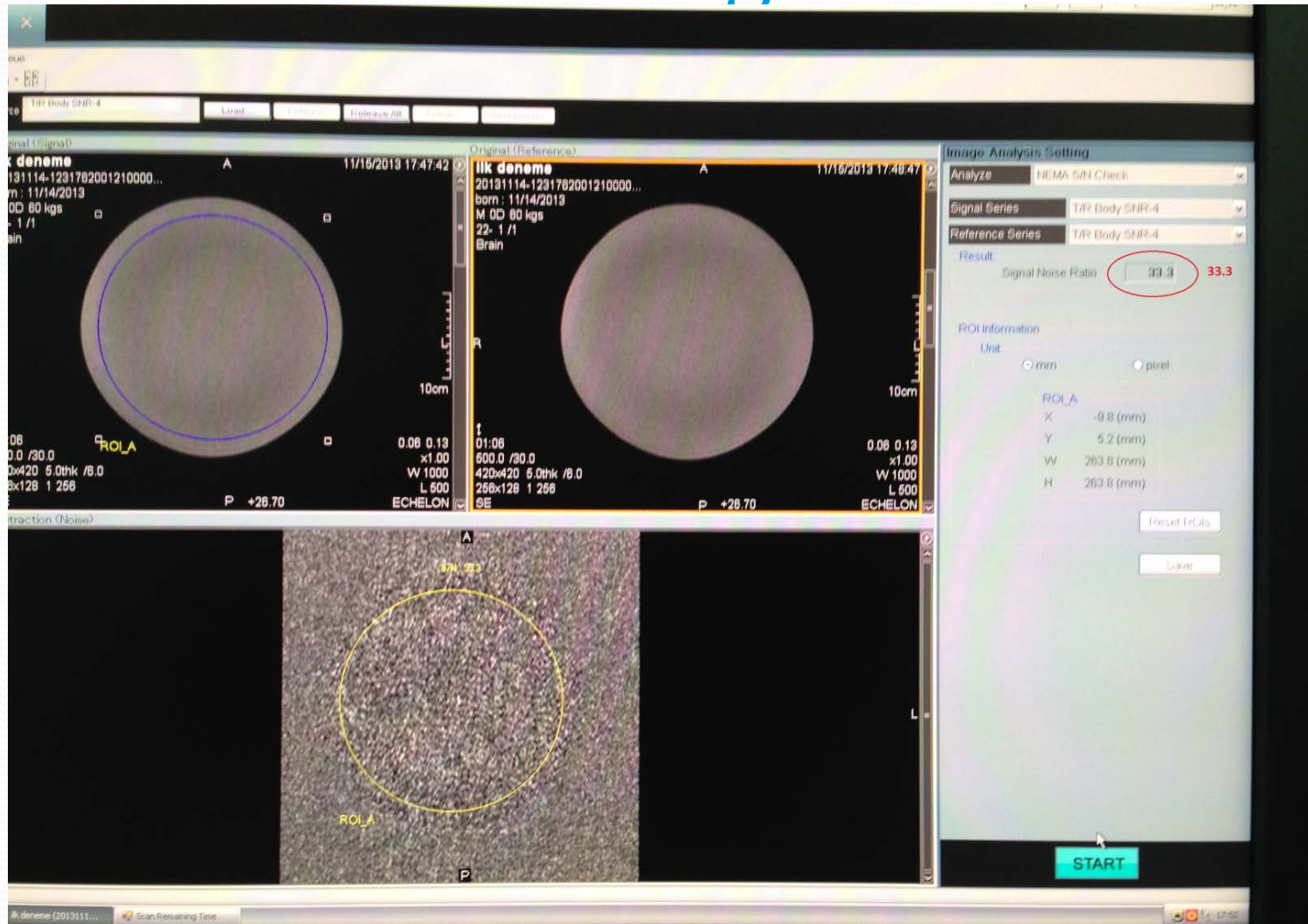
Bakır RF odası

RF odaları 100 db lik dış gürültüyü kesecek şekilde dizayn edilmiş olmalıdır. Ayrıca RF kafesinde herhangi bir defek olmamalı , yapımında kullanılan malzeme, dış sinyal girişini kesebilecek bir yapıda olmalıdır. RF odasındaki sıkıntılar görsel olarak da bulunacağı gibi çoğunlukla **RF Leak dedector** cihazlarının ölçümü ile anlaşılabilir.



Dış gürültüyü kesemeyen veya defekte sahip bir RF odası , SNR'ın düşük çıkmasına dolayısıyla görüntülerin artefaktlı çıkmasına sebep olur.

RF Odası Zayıf Bir MR Sisteminin SNR Değeri





Sistem Kalibrasyonları ve Testleri



Her MR sistemi, kurulumdan hemen sonra, bulunduğu ortama ve kendi iç yapısına bağılı olarak çeşitli kalibrasyonlara ve testlere ihtiyaç duyar.

Bu kalibrasyonların ortak olan tek hedefi, görüntü kalitesini en yüksek değere taşımaktır.

MR sistemleri kalibrasyonları çeşitli markalara göre değişiklik gösterir . Ancak temelde yapılan kalibrasyonlar aynıdır. Kalibrasyon sonuçları, fabrikanın verdiği değerler içerisinde olmayan sistemlerin görüntü kalitesi düşüktür.



Bu kalibrasyonların hepsini kurulum esnasında ve çalışma sürecinde üretici firmanın yetkili mühendisleri gerçekleştirir.

Kalibrasyonlar

- * Shimming

- * Software kalibrasyonları

Shimming

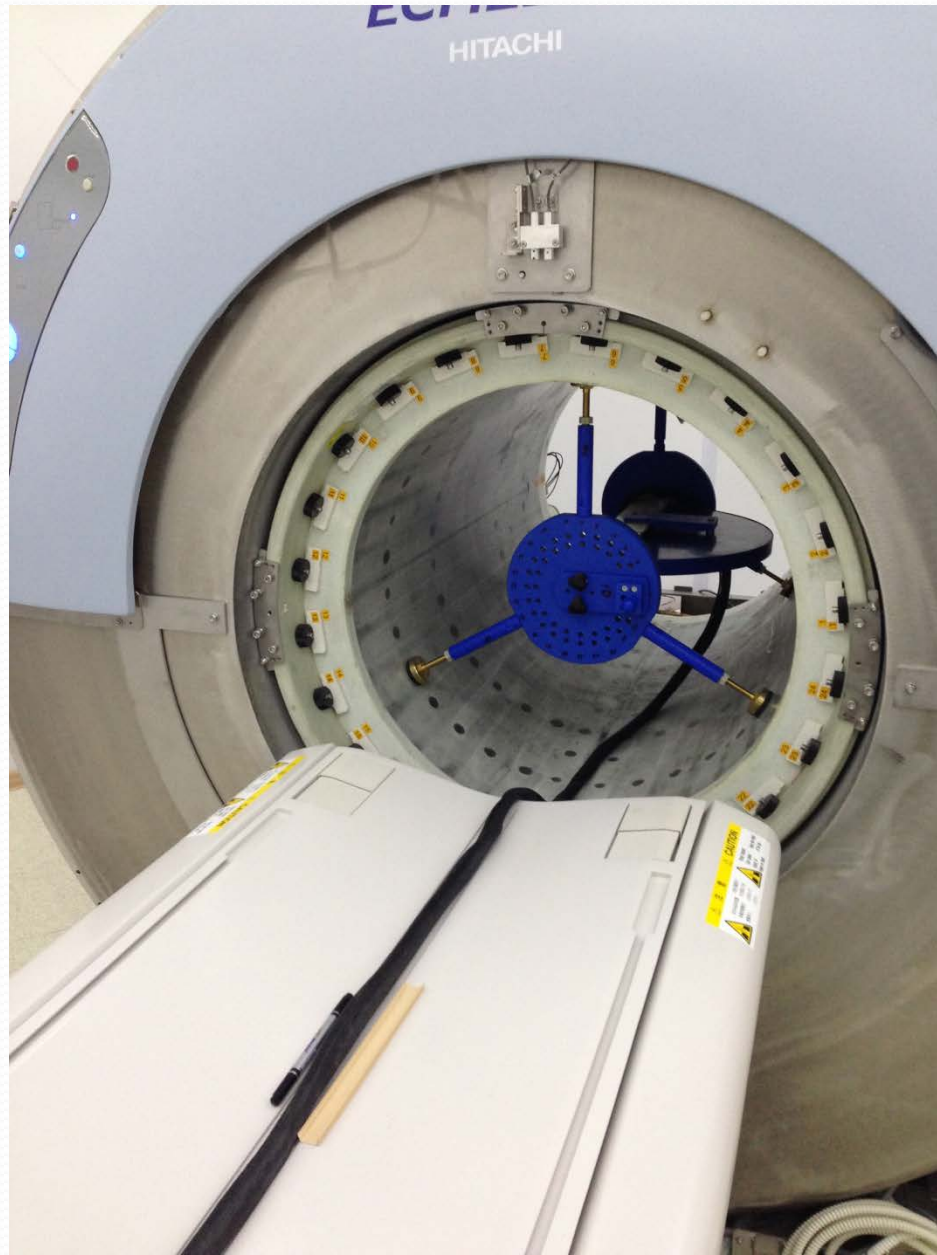
Süper iletken magnetler, hastanın içerisine girdiği, çeşitli genişliklerde tünel şeklinde bir açıklığa sahiptir. Bu açıklık içerisinde ki her noktada magnetik alan ve buna bağlı frekans değeri eşit değildir. Yani homojen değildir. Shimming ayarı bir homojenite ayarıdır. Bu ayar sayesinde magnet içerisindeki her alanda magnetik alan ve buna bağlı frekans değeri eşit hale gelir. Magnetik alan, fabrikanın verdiği homojenite değerlerini sağlamak zorundadır. Ancak bu şekilde ideal bir MR görüntüsü yakalanabilir.

Örnek Homojenite Değerleri :

50 cm ----- 0.5 ppm

40 cm ----- 0.2 ppm





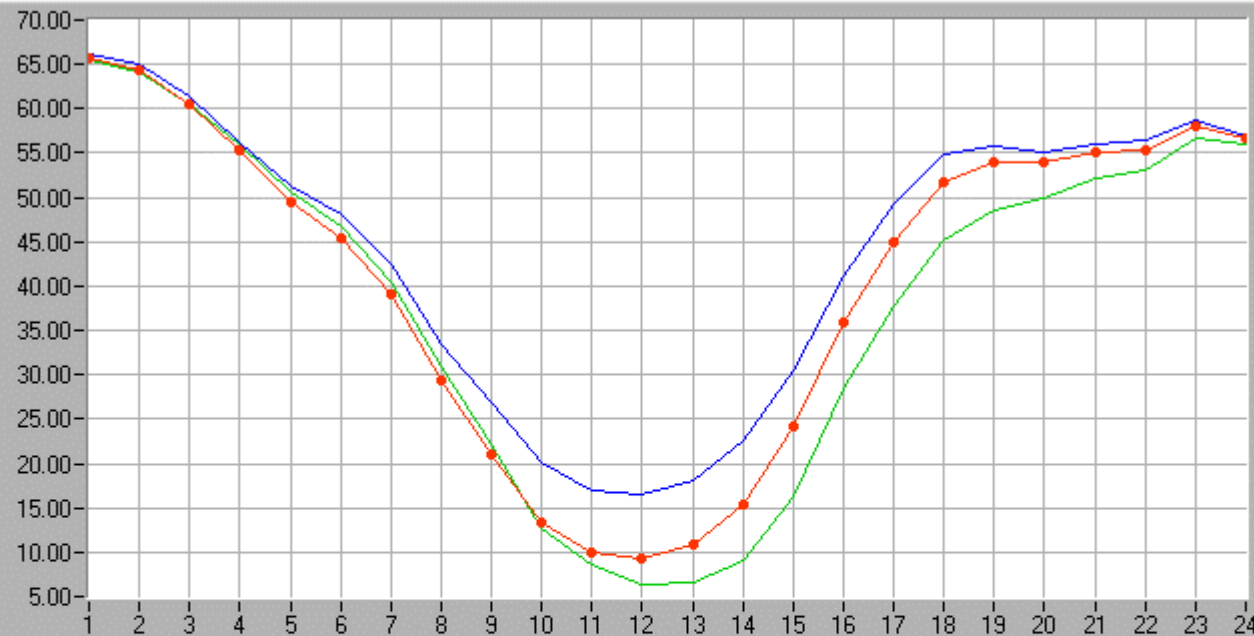
Shimming Test Yöntemleri

Shimming ayarını test edebilmek için çeşitli yöntemler mevcuttur. Biz bu yöntemlerden iki tanesini inceleyeceğiz.

1. Magnetik Field Camera İle Ölçüm Yöntemi : Bu yöntemi kullanabilmek için teslametre dediğimiz ölçü aletine ihtiyaç vardır. Tesla metre ile magnetik alanın her noktasından ölçüm alınır ve sonuçlar ppm olarak karşılaştırılır.

Data Display

Graph of NMR Frequencies



- Plot 0
- Plot 1
- Plot 2
- Plot 3
- Plot 4
- Plot 5
- Plot 6
- Plot 7
- Plot 8
- Plot 9
- Plot 10
- Plot 11
- Plot 12
- Plot 13
- Plot 14
- Plot 15

8.88
9.99
ppm
MHz

Base line [MHz] 21.1728765

12/13/96 02:11:08 -> Meas. #1
12/13/96 02:11:18 -> Meas. #2
12/13/96 02:11:27 -> Meas. #3
12/13/96 02:11:35 -> Meas. #4
12/13/96 02:11:44 -> Meas. #5
12/13/96 02:11:53 -> Meas. #6
12/13/96 02:12:01 -> Meas. #7

LOW LEVEL
COMMANDS
F1

MEASUREMENTS
F2

PRINT
F3

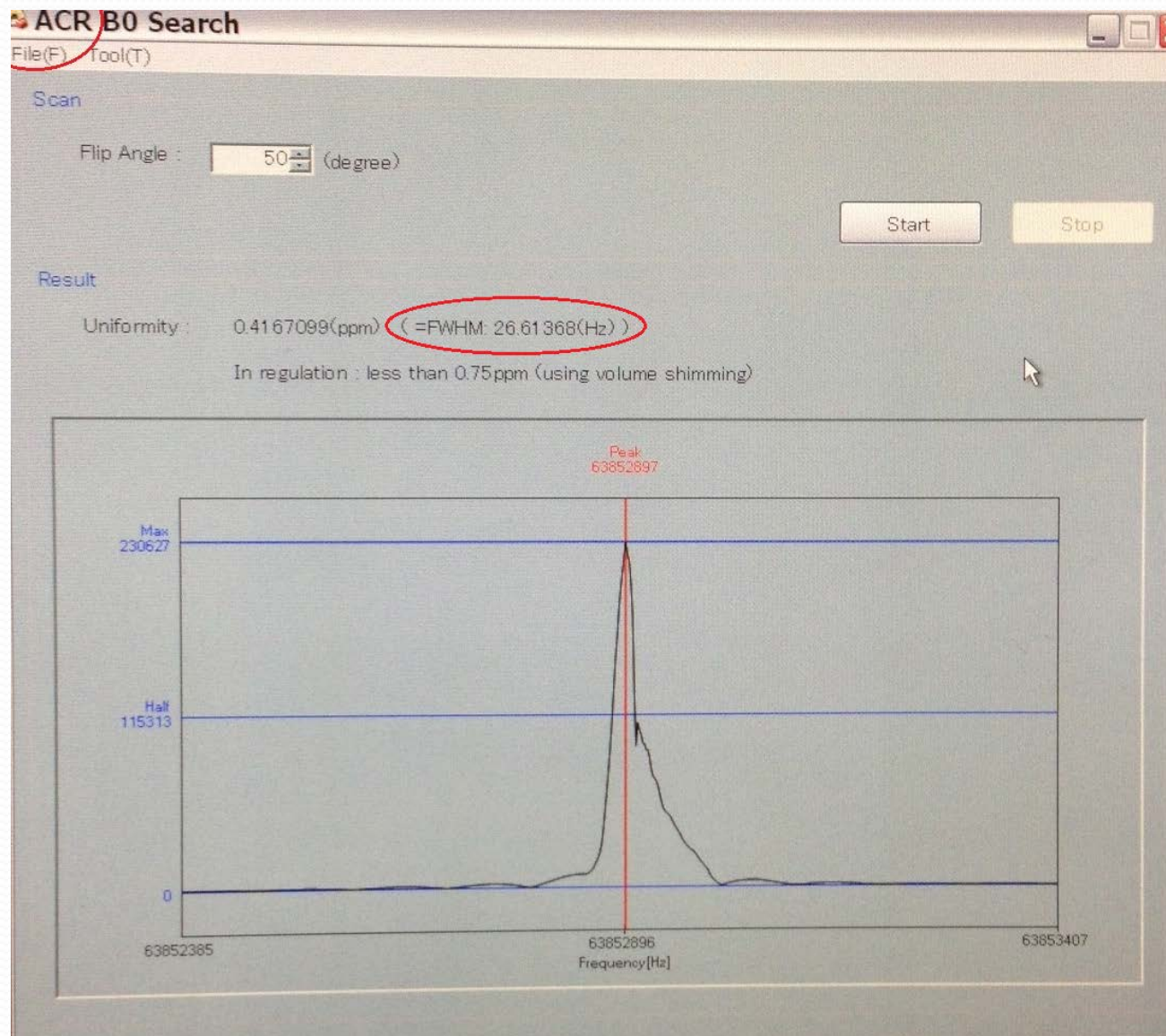
LOAD
F4

EXIT
Esc

Spectral Peak Ölçüm Metodu

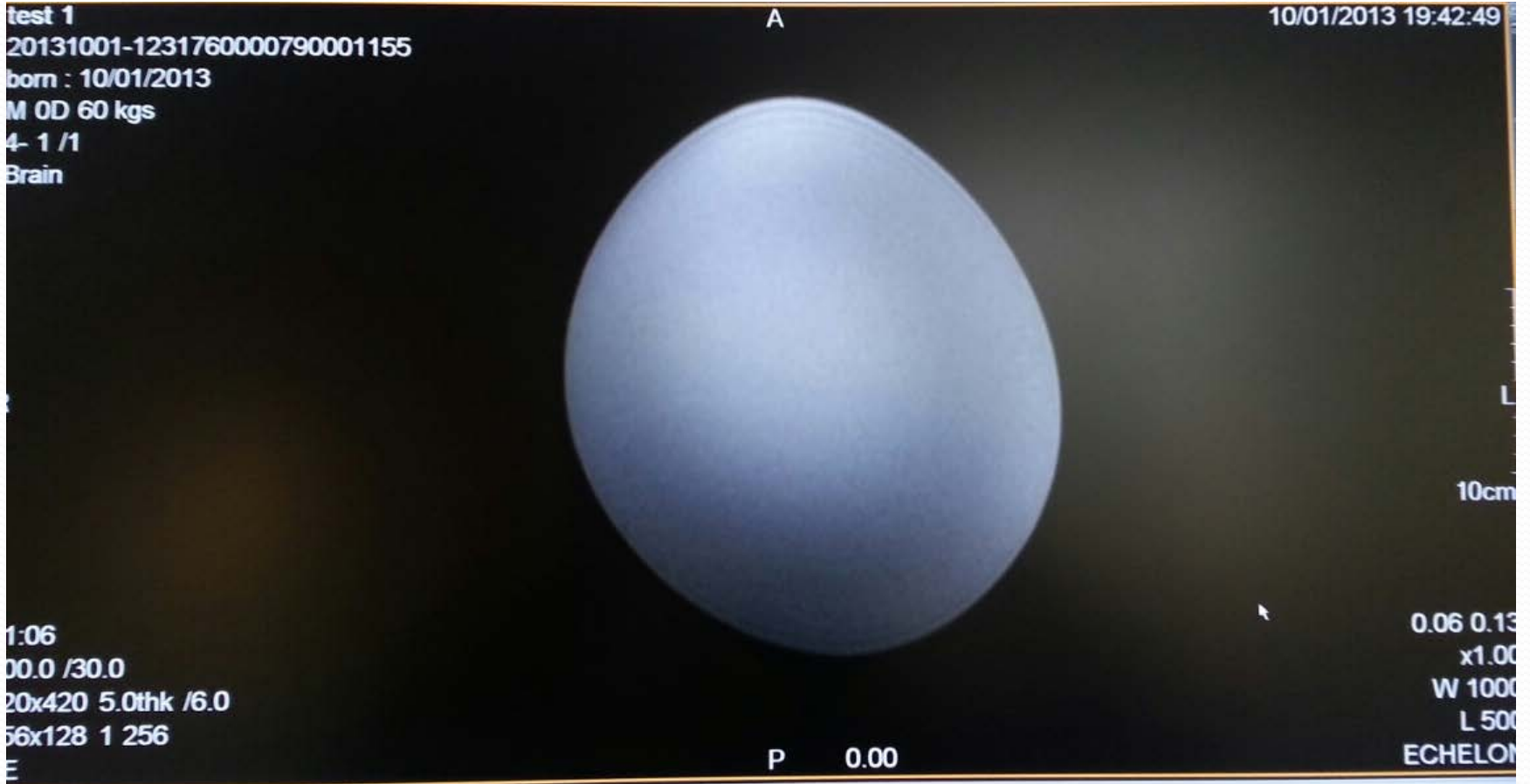
Bu metoddaki sistemin T/R vücut fantomu yardımı ile FWHM (the full-width half maximum) değeri ölçülür. Bu değer otomatik olarak sistem tarafından hız cinsinden hesaplanır.


$$\text{FWHM} = \frac{\text{FWHM (hz)}}{42576000(\text{hz / tesla}) B (\text{tesla})}$$



Shiming ayarı yapılmamış bir sitemde görüntü boyutları reel boyutlarda olmayacak , özellikle yağ baskılama sekanslarında ve bir çok sekansta sorun olacaktır. Bu sebep ile anatomi üzerinde yapılan ölçümler ve değerlendirmeler hatalı olacaktır.

Shimmig Ayarı Yapılmamış Bir MR Sisteminde Phantom Görüntüsü



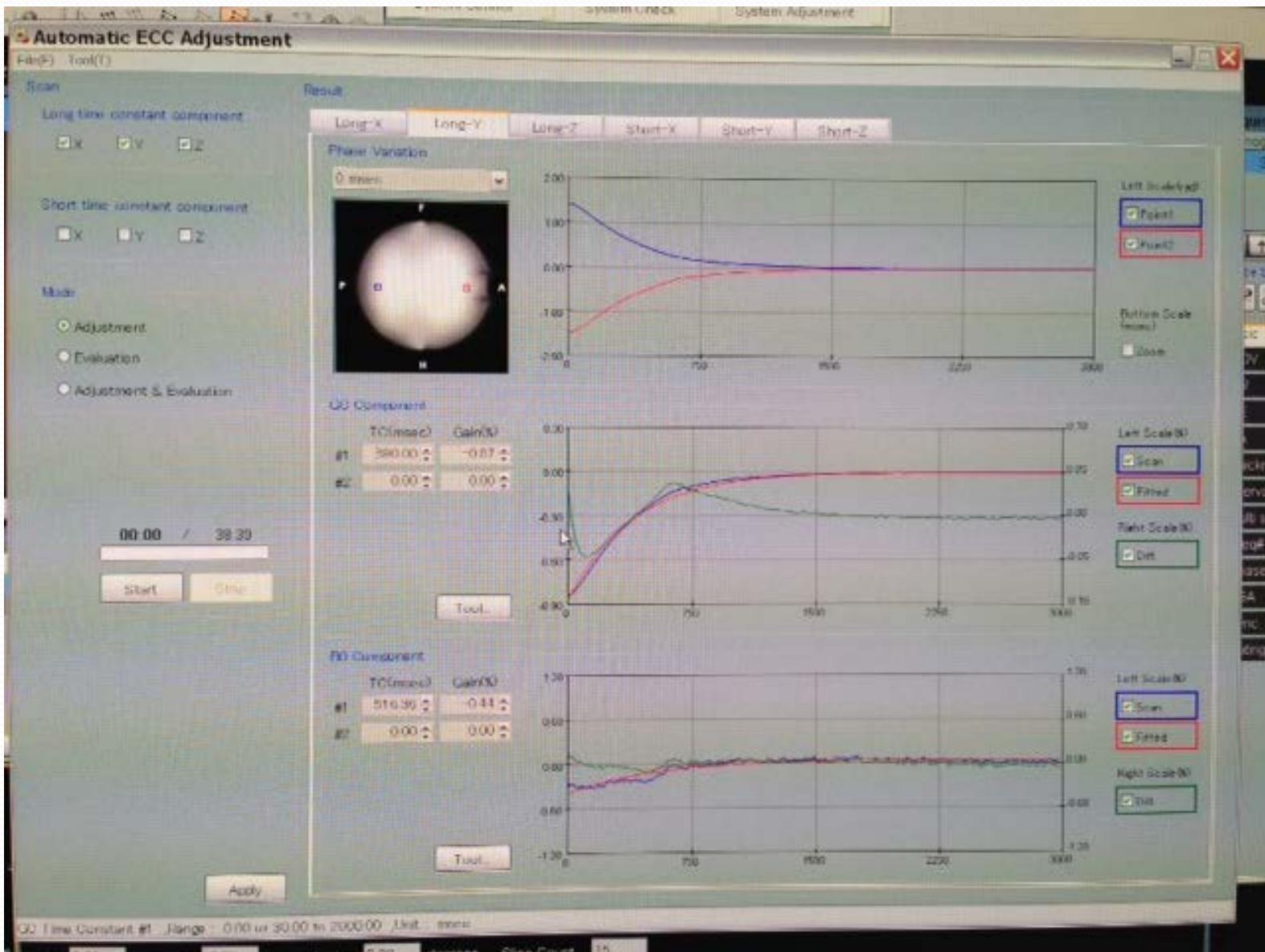






Software Kalibrasyonları ve Testleri

MR sistemi tüm üniteleri ve bu üniteler içerisindeki tüm elektronik blokları ile senkronize şekilde çalışmaktadır. Bu senkronizasyon, belli dönemlerde ve ilk kurulumda mümkün olmamaktadır. Sistem yazılımı , tüm üniteleri yöneten, kontrolünü sağlayan her firmaya göre farklılık gösteren bir ara yüzdür. Tüm kalibrasyonlar bu yazılım üzerinden yapılır.



GC Gain Adjustment

File(E) Tool(T)

X = COR(RL) Y = SAG(AP) Z = COR(HF)

Scan

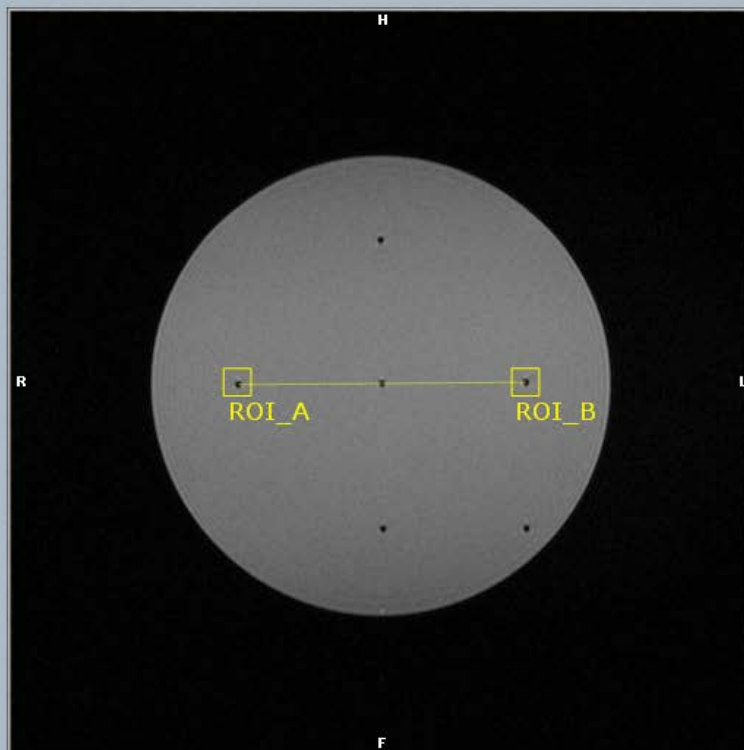
Latest GC Gain : 3747

00:00 / 01:13

Start

Stop

Result



Set WW/WL...

ROI

Scope

☒ Individual ☐ Entire

Entire Operation

☐ Move ☐ Rotate

ROI_A

X -47.0 (mm)

Y 1.0 (mm)

W 10.0 (mm)

H 10.0 (mm)

ROI_B

X 52.5 (mm)

Y 0.5 (mm)

W 10.0 (mm)

H 10.0 (mm)

Analyze

Adjustment Information

Distance : 99.3 (mm)

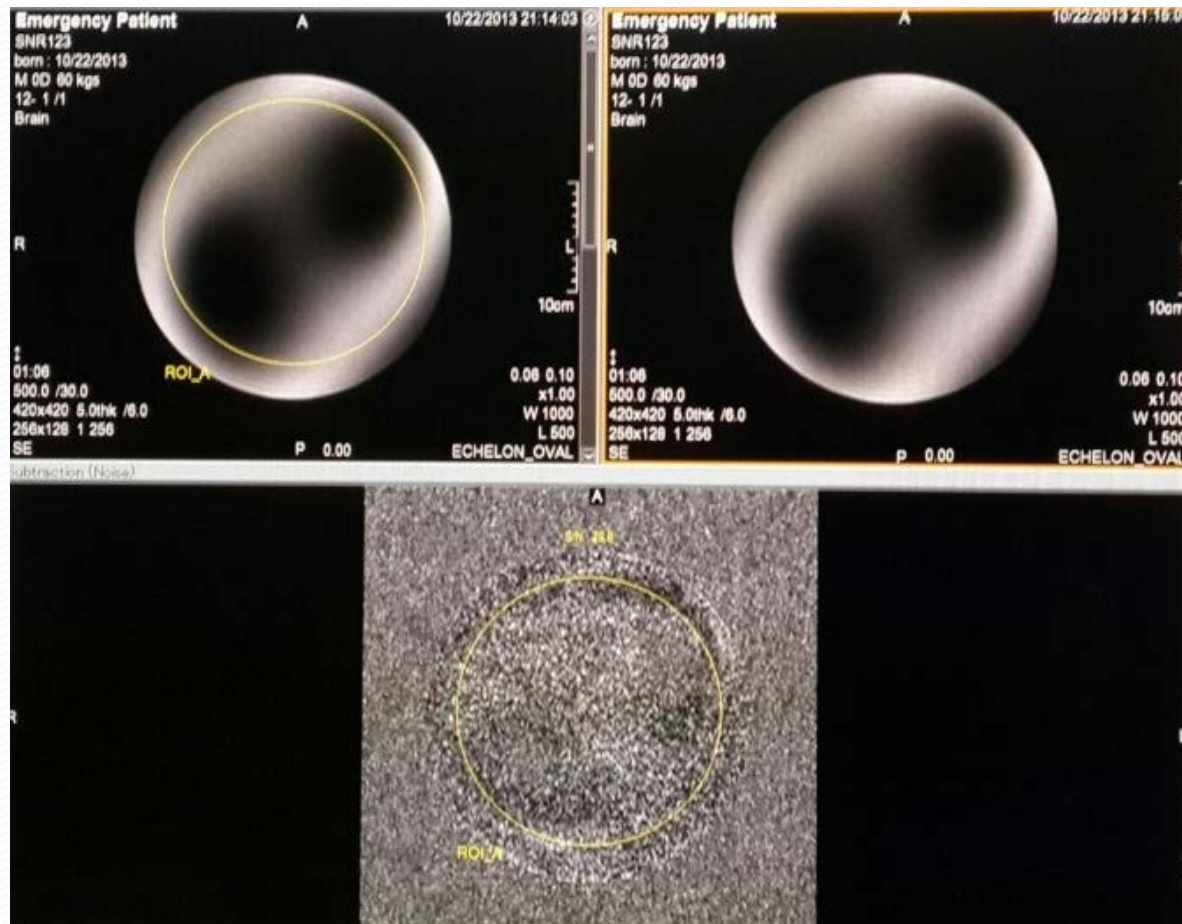
Difference : -0.7 (mm)

Permission Difference : -0.5 To +0.5 (mm)

Optimized GC Gain : 3774

Apply

Kalibrasyonu Yapılmamış MR Sisteminde Fantom Görüntüsü



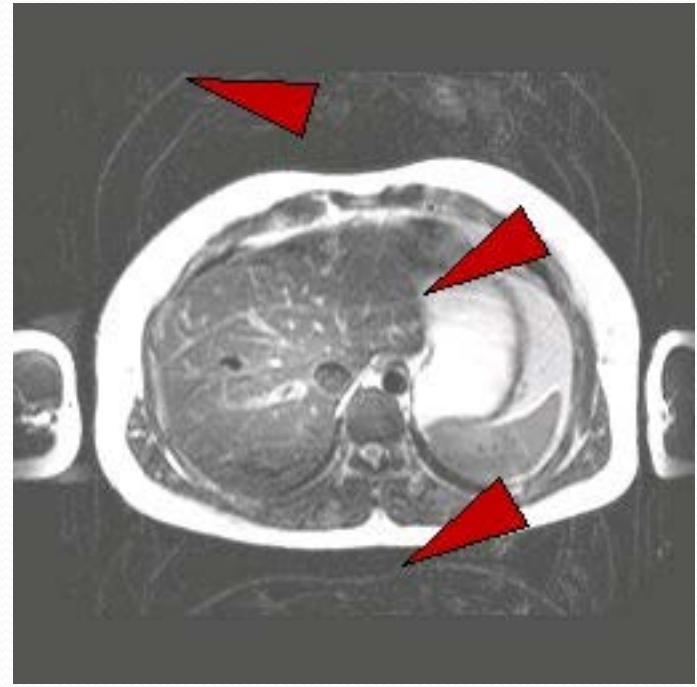
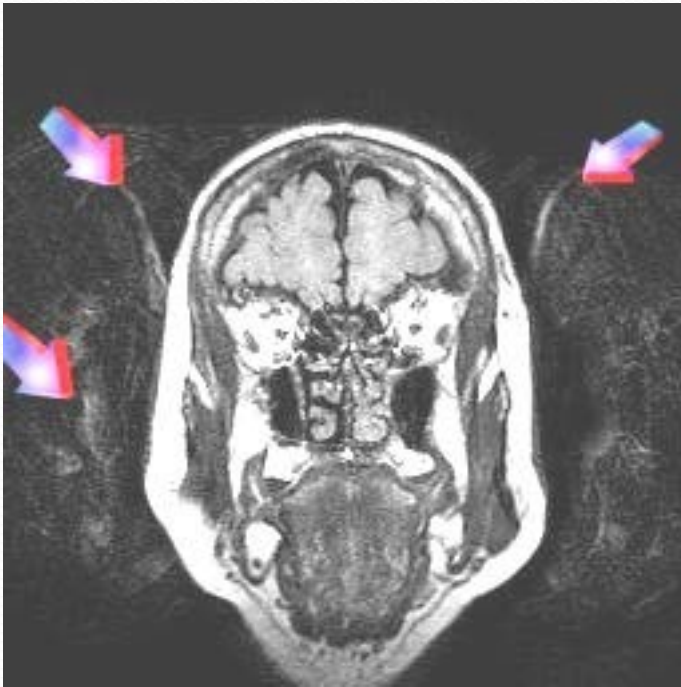


Software kalibrasyonları tam yapılmamış bir sistemin görüntüleri çekim protokollerinde beklenen görüntü kalitesini vermeyecektir. Bu durum kimi zaman kararma, kimi zaman yağ baskılamama, kimi zaman da SNR düşüklüğü olarak karşımıza çıkar. Kalibrasyonlar kendi menülerinden test edilmeli ve sonuçları değerlendirilmelidir.

Ghosting testi

Ghosting artefaktına sahip görüntülerde, ana görüntünün yan taraflarında hayalet görüntüler mevcuttur. Bu hayalet görüntülerin bir kısmı ana görüntü üzerine gelerek kaliteyi bozar.

Ghosting Artefaktına Sahip Görüntüler

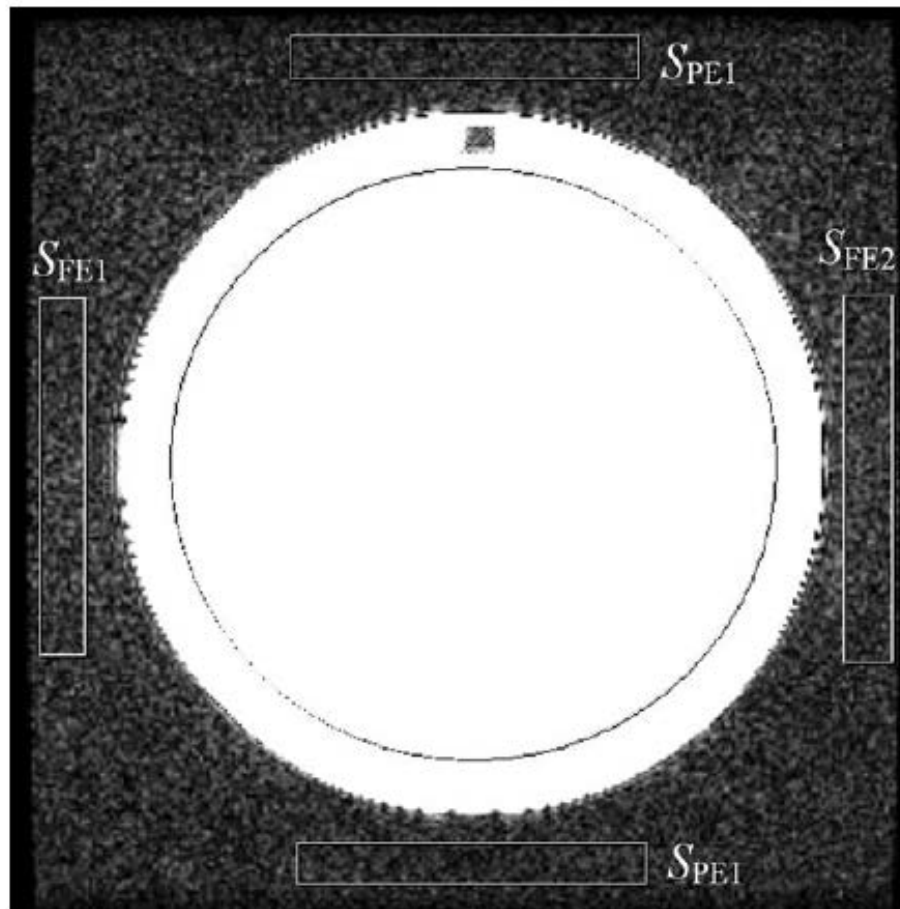


Ghosting testi şu şekilde yapılır. Standart fantom ile alınan görüntü üzerindeki belirli noktalardan sinyal değerleri alınır. Alınan bu değerler ile aşağıdaki formüle uygulanarak ghosting oranı elde edilir. Bu oran %1 den küçük olmalıdır.

$$GR = \left| \frac{(\bar{S}_{FE1} + \bar{S}_{FE2}) - (\bar{S}_{PE1} + \bar{S}_{PE2})}{2 \bar{S}} \right|$$

Ghosting

$$GR = \left| \frac{(\bar{S}_{FE1} + \bar{S}_{FE2}) - (\bar{S}_{PE1} + \bar{S}_{PE2})}{2 \bar{S}} \right|.$$



Sıvı Helyum Seviyesi Takibi (Süper iletken Magnetler İçin)

Sistemin sıvı helyum seviyesi günlük olarak takip edilmelidir. Helyum Seviyesi % 40 altına düşen sistemlere helyum yüklemesi yapılmalıdır.

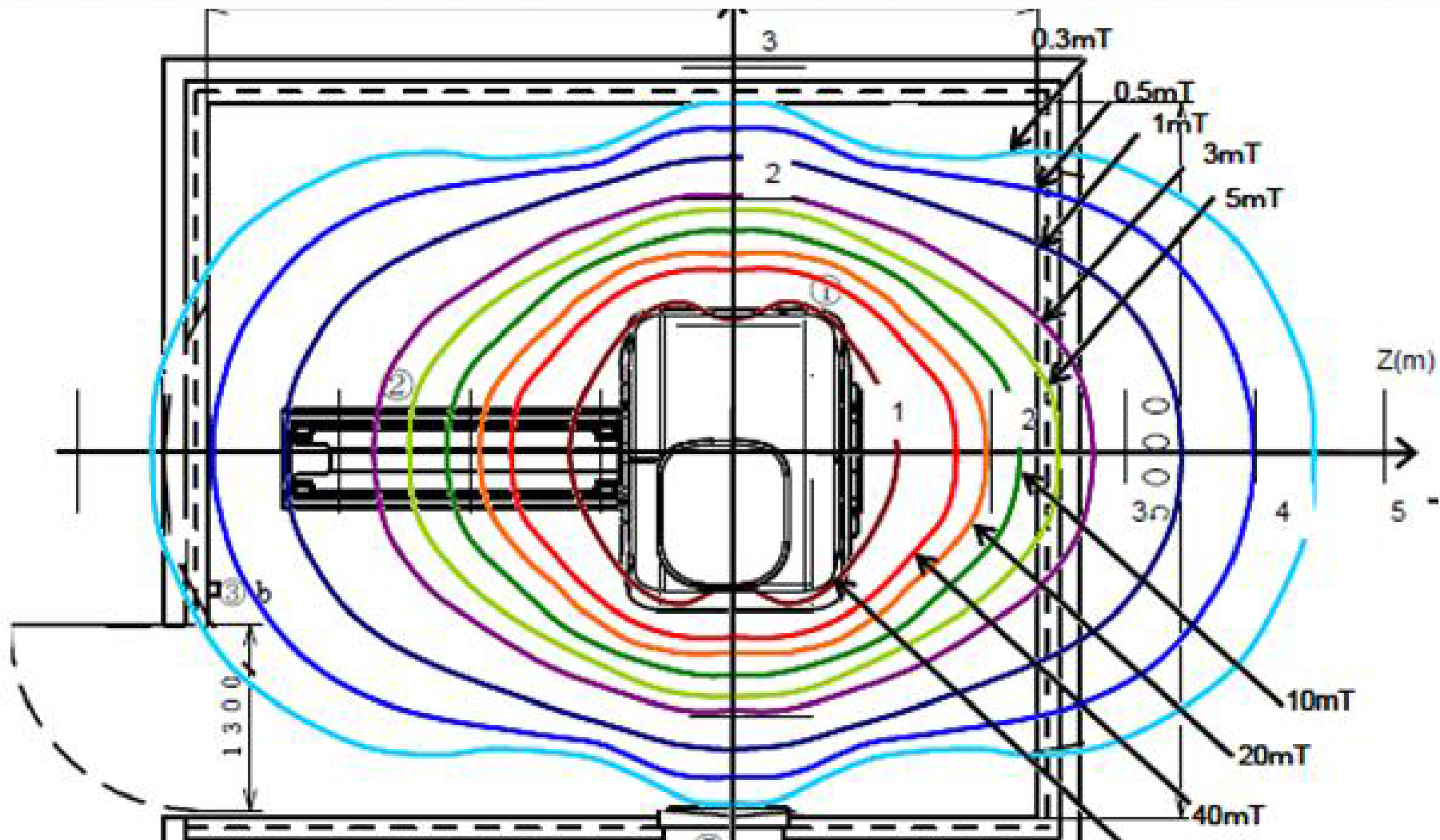


Süperiletken yapının devamını sağlayan sıvı helyum seviyesi % 40 ın altına düşen sistemlerin mevcut kalibrasyon değerleri fabrika değerlerinin dışına çıkar. Bu da görüntü kalitesinin bozulmasına sebep olur. Bu sebeple sıvı helyum seviyesi % 40 değerinin üzerinde tutulmalıdır.

Magnet Çevresi Kontrolü

Bir MR sisteminin tüm kalibrasyonları etrafında bulunan durağan cisimlere göre yapılır. Ve idealde gauss line çizgileri içerisindeki hiçbir şeyin değişmemesi beklenir. Kurulum aşamasında projede MR alanındaki durağan cisimler kayıt altına alınmalı, bunların yer değişmesi sorgulanmalıdır.

Gaus Line Alanı





MR sisteminin gauss line alanında yapılan herhangi bir değişiklik, AC ve DC magnetik alanı bozacaktır. Buna bağlı olarak da kalibrasyon değerlerinin bozulmasına ve dolayısıyla görüntü kalitesinin düşmesine sebep olacaktır.

Mekanik Sistem Testleri

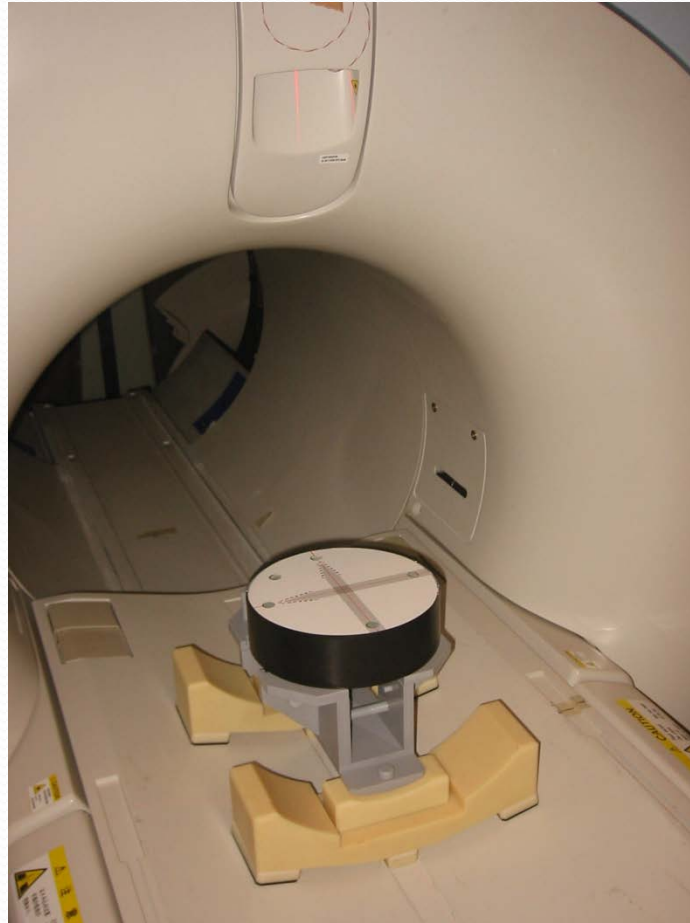
- Hasta Masası Uygunluk Testi
- Hasta Konfor Testleri (Havalandırma - İç Aydınlatma- Hasta İletişim Sistemi)

Hasta Masası Uygunluk Testi

Hasta masasının en önemli görevi lazer ile işaretlenen yeri magnet isocenter noktasına gönderebilmesidir. Aksi durumda mm. cinsinden görüntü alan MR sistemlerinde istenilen yerden kesit alamama durumu ortaya çıkar .

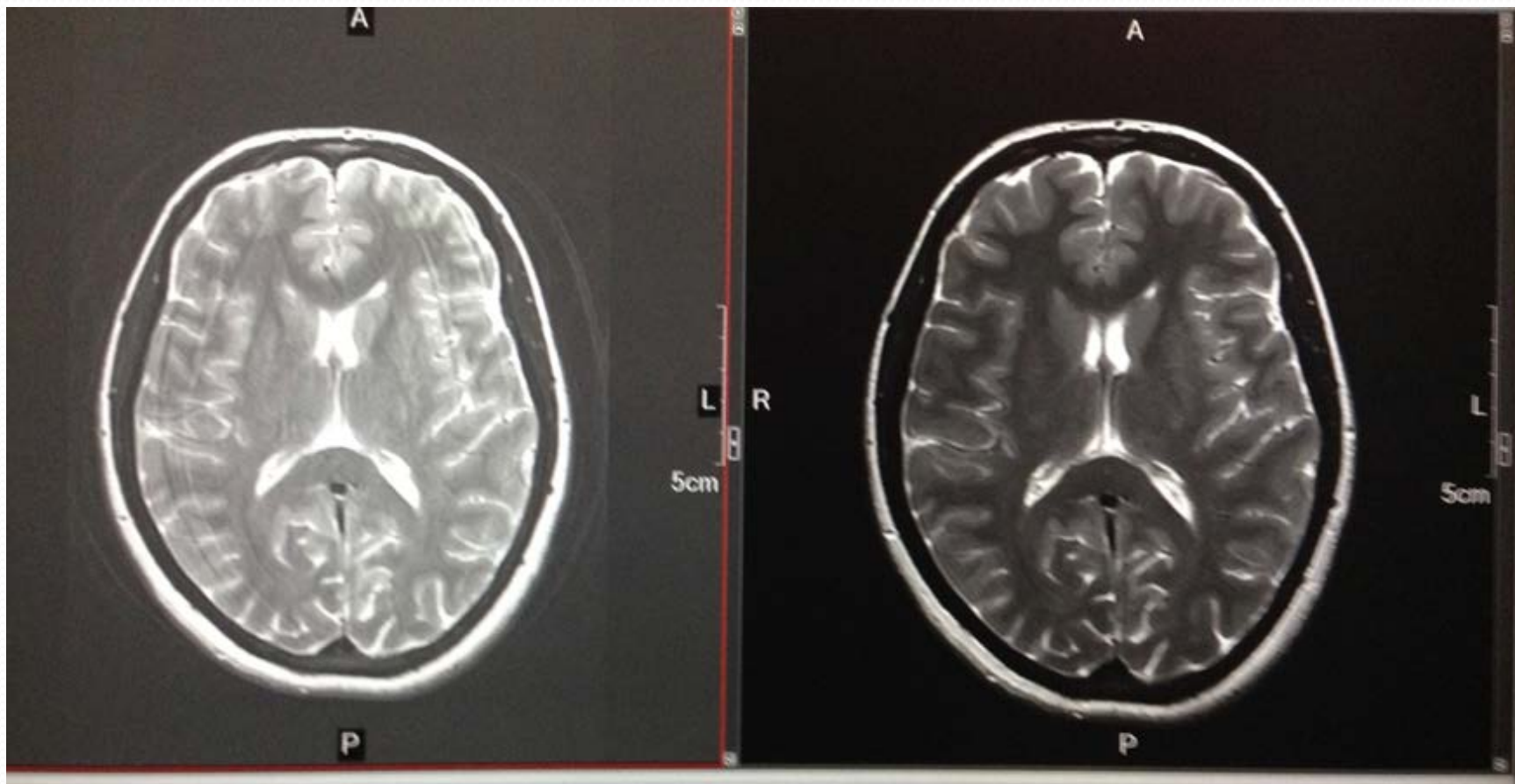


Bu test özel FOV fantomu yardımı ile yapılır. Görüntü üzerinde fantomda bulunan işaretlerin merkezde olup olmadığı kontrol edilir. Böylece işaretlenen yer ile çekilen yerin aynı olup olmadığı tespit edilebilir.



Hasta Konfor Testleri (Havalandırma, Magnet İç Aydınlatma ve İletişim)

Bir MR görüntüsünün iyi olabilmesi için , hasta konforunun üst seviyede olması gerekmektedir. Çünkü, rahat edemeyen bir hasta, hareketinden dolayı görüntülerinin artefaklı olmasına sebep olacaktır.



Performans Testleri

- Kafa ve Vücut Koil SNR Testleri
- Magnetik Alan Stabilite Testi
- RF Sistem Testi
- Gradient Sistem Testi

Kafa ve Vücut Koil SNR

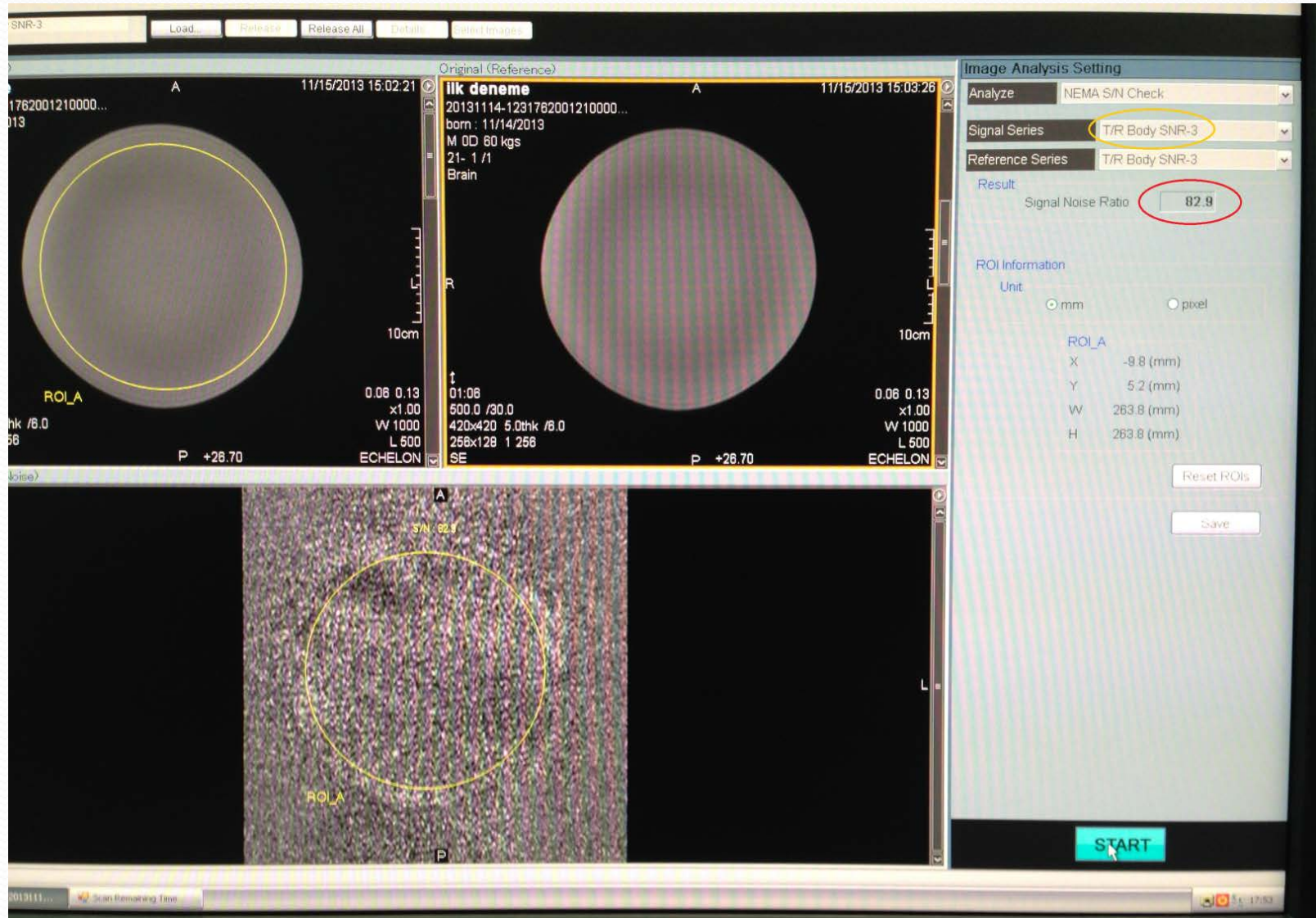
Bir MR sisteminin genel performansını anlayabilmek için T/R Vücut koil ve kafa koilin SNR değerlerini almak kafidir. Bu değerler fabrikanın öngördüğü spektler içerisinde ise sistem sinyal bakımından uygundur sonucu çıkarılabilir.





T/R vücut coil ve kafa coil SNR değerleri cihazın genel performansı hakkında bilgi verir. SNR değeri düşük olan sistemin görüntü kalitesi düşük olup teşhis konusunda sıkıntıya yol açmaktadır.

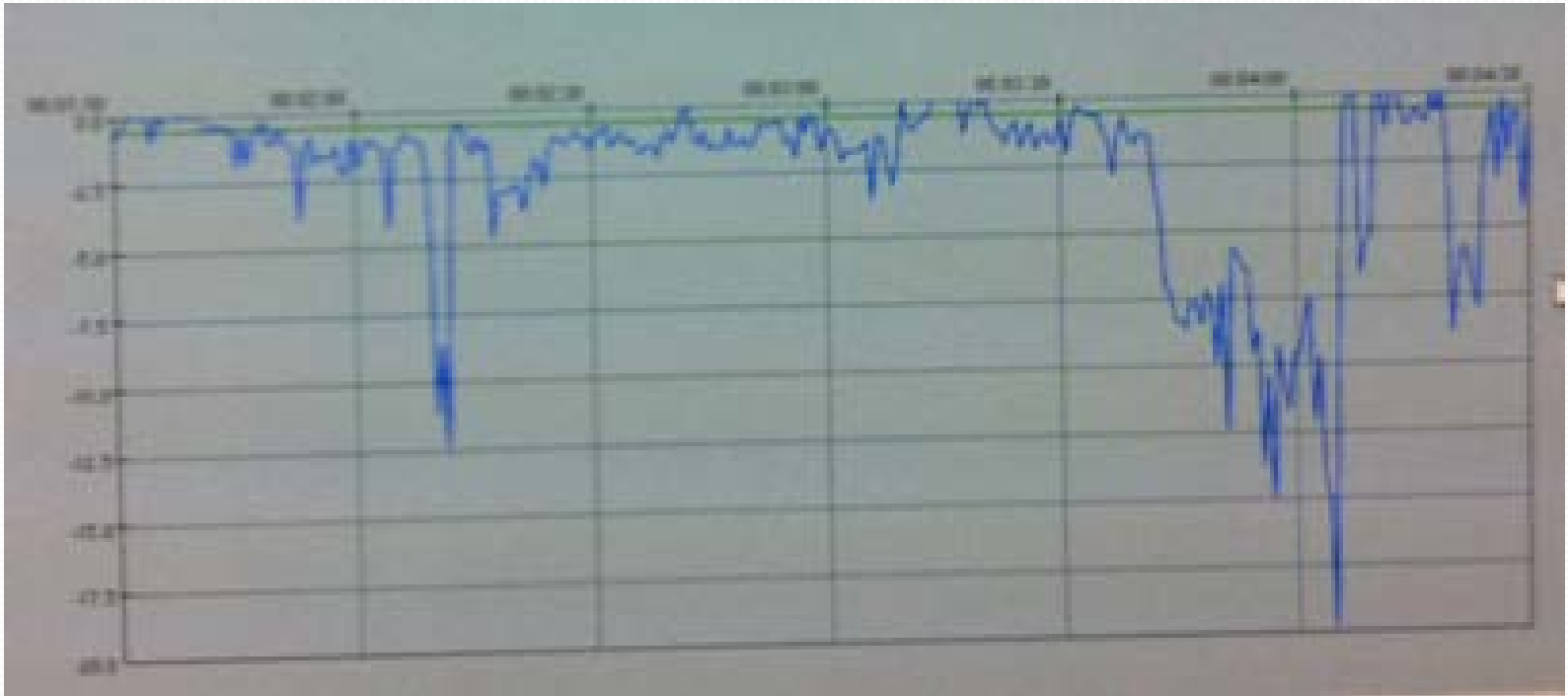
Örnek SNR



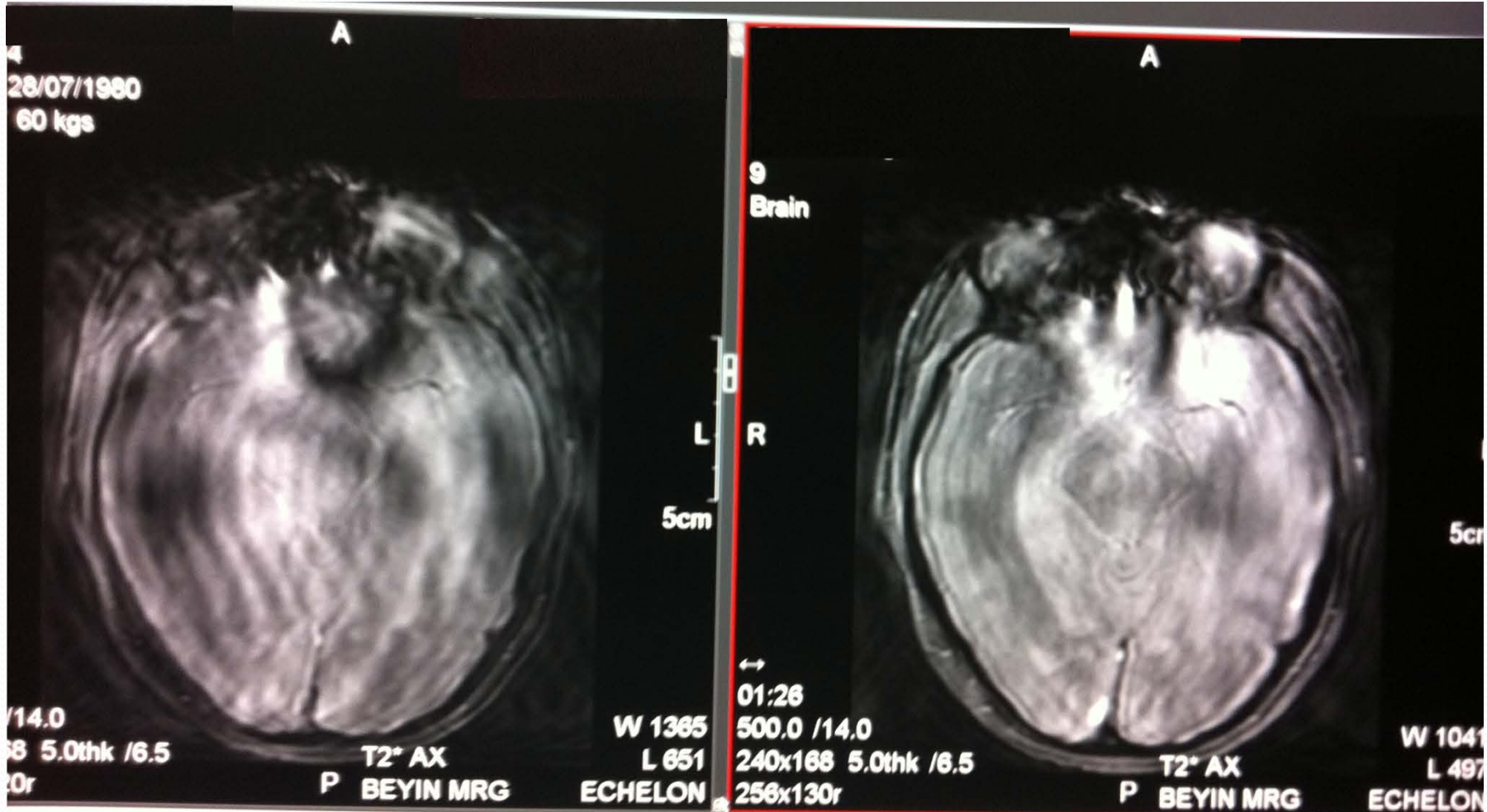
Magnetik Alan Stabilite Testi

- Magnetik alan ve buna bağı rezonans frekansı bulunduğu ortamdan etkilenen bir yapıya sahiptir.
- Etrafındaki yüksek miktardaki metallere, özellikle ferromagnetik hareketlenmelerden etkilenmektedir.
- Yakın çevresinden geçen yüksek gerilim hattından etkilenmektedir.
- Çevresinde RF shieldingin kesemeyeceği kadar yüksek frekansa sahip verici bulunmasından etkilenmektedir.
- Magnetik Alan Stabilite testi ile magnetik alanımızın durumu hakkında bilgi sahibi olabiliriz.

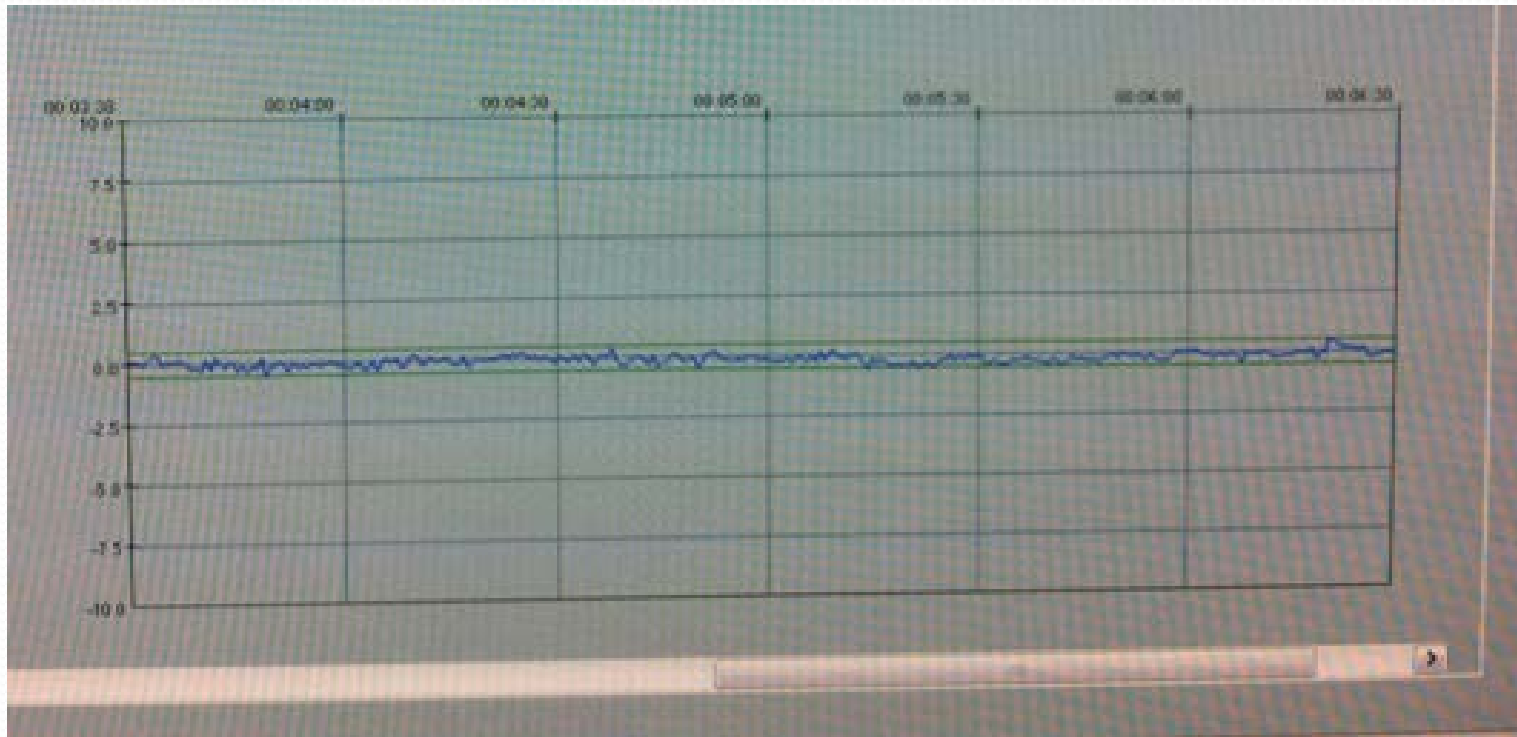
Bozuk bir magnetik alana ait grafik



AC Magnetik Alana Sahip Bir Sistemde T2 * Görüntüsü

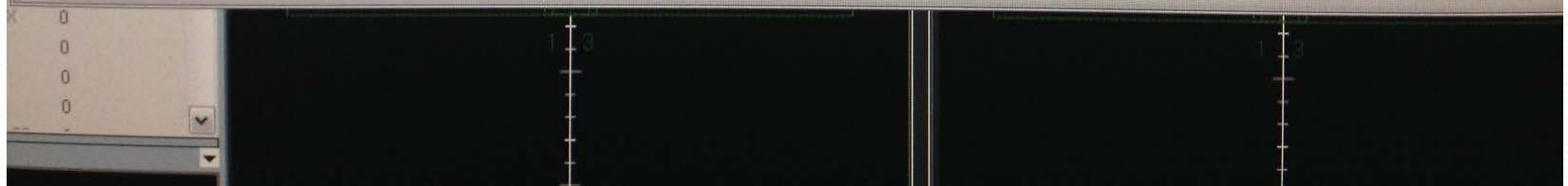
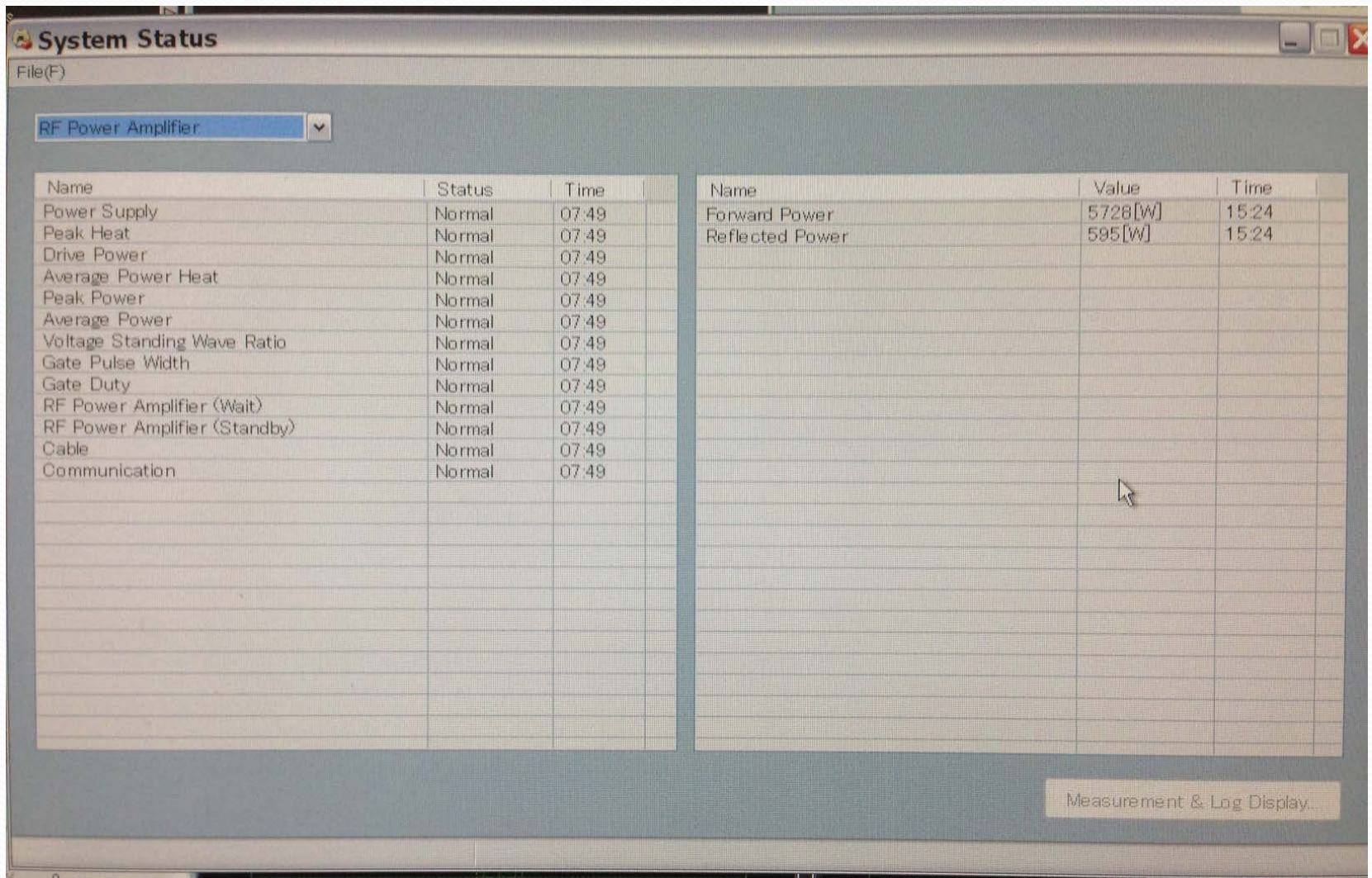


Düzgün bir magnetik alana ait grafik



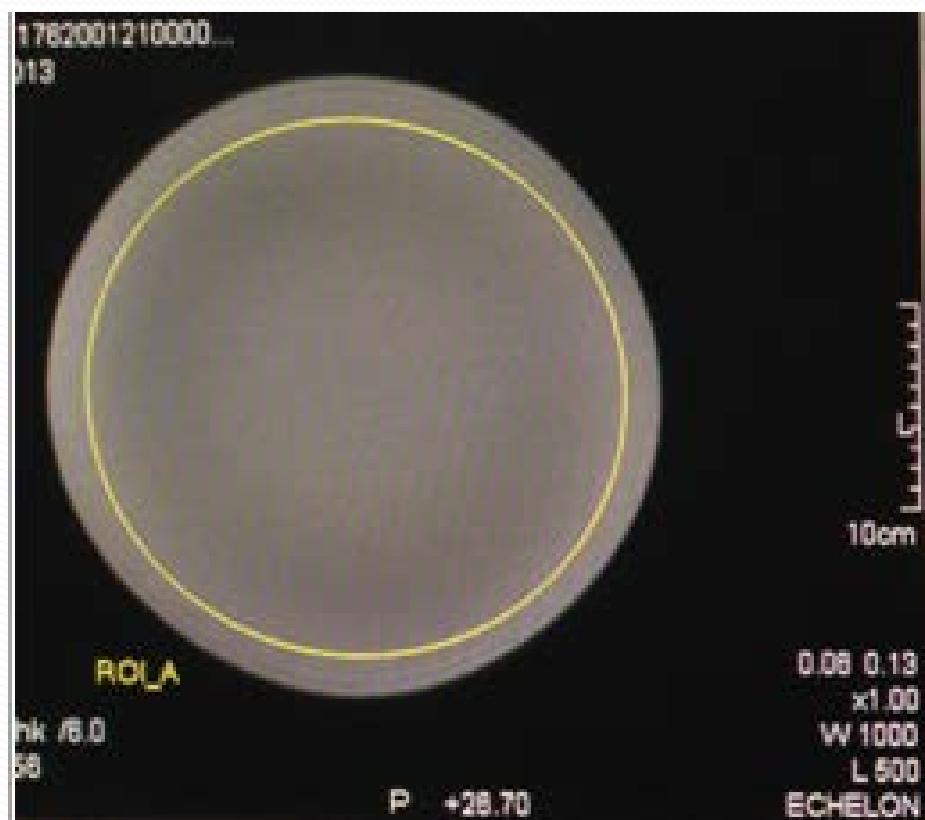
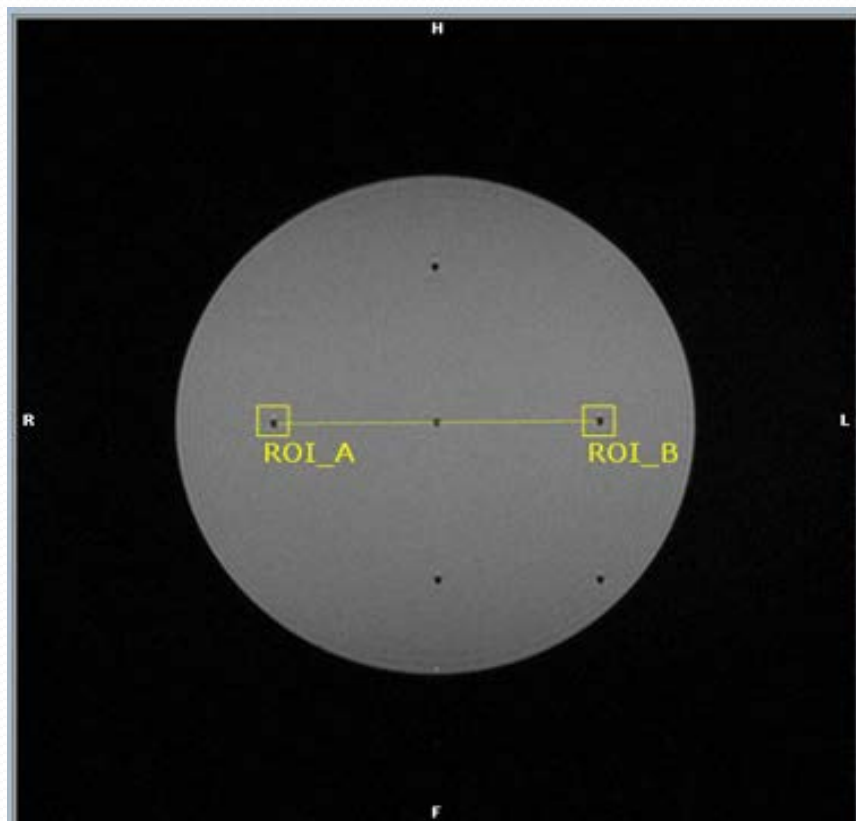
RF Sistem Testi

- RF ünitesi çıkışı firmalara göre çeşitli güçlerde olabilmektedir.
- Gönderilen her RF pulsunun tamamı kullanılamaz ve bir kısmı geri döner.
- Geri dönen RF pulsı Reflection puls olarak tanımlanır.
- Bu değer eski sistemlerde rf metre ile ölçülürken yeni sistemlerde otomatik olarak gösterilmektedir.



Gradient Testi

- Gradient ünitesi istediğimiz bölgenin görüntüsünü almamızı sağlayan sistemlerdir.
- Gelen görüntünün geometrik yapısını da gradientler belirler.
- Alınan bir görüntünün reel olarak gerçek boyutlarda olması teşhis açısından çok önemlidir.
- Bu sebeple standart fantom ile görüntü alınır. Görüntü üzerinden ölçüm yapılır.




$$\%GD = 100 \times \frac{\Delta_{\text{actual}} - \Delta_{\text{measured}}}{\Delta_{\text{measured}}}$$

- Yukarıdaki formüle göre yüzde sapma hesaplanır. % 2 oranına kadar kabul edilebilir.

KOİL TESTİ

MR merkezinde bulunan tüm koiller fiziksel olarak ve SNR değeri olarak kontrol edilmelidir. Performansı düşük olan koiller belirlenmelidir.

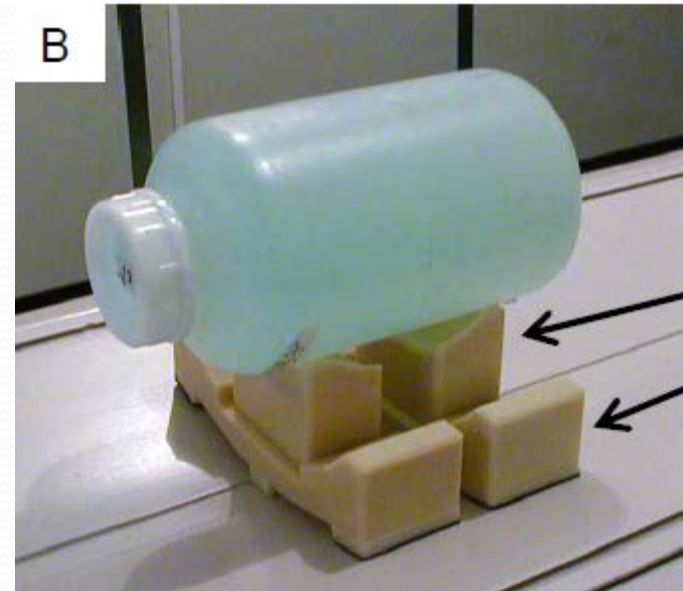
SNR değeri koil içerisine uygun fantom yerleştirilerek sistem menüsünden, SNR protokolü yüklenerek alınır. Bu menü ve fantom, marka ve modele göre çeşitlilik gösterir. Çıkan sonuç fabrikanın öngördüğü değerde ise sistem performans olarak uygun durumda kabul edilir.

Koil Çeşitleri





Body Coil Fantomu



Head Coil Fantomu

TEŞEKKÜRLER

Hazırlayan

Ali KILIÇ

Fizik Mühendisi

High Field MR Mühendisi

Hitachi Medical Comp. / Kurt & Kurt A.Ş.