

GAMA KAMERADA KALİTE KONTROL

Fiz.Yük.Müh.Meral DEĞER
Marmara Üniversitesi Nükleer Tıp AD

Rutin kalite kontrolünün (KK) amacı:

- Rutin KK'un amacı gama kameranın performansındaki değişiklikleri dedekte etmektir.
- Referans nokta akseptans testinde alınan verilerdir (baseline).
- SPECT kameralar için yapılan KK planar gama kameralara göre daha hassastır.

- Rutin KK programı her bir ölçüm kamera performansındaki bozuklukları algılayacak detayı kapsamalı.
- Aynı zamanda rutin KK sonuçlarını değerlendirmek için kullanılan kriterler çok katı olmamalıdır.

Bu tanımlamalar sonucunda SPECT KK programı,

- 1- Çok sıkıcı ve ağır olmamalıdır.
- 2- Klinik kullanımı yansıtacak gerçeklikte olmalıdır.
- 3- Sistemin kararlılık ölçümlerine önem verilmelidir.
- 4- Klinik kullanım için sistemin durumunu doğrulukla yansıtılmalıdır.

Gama Kamera Sistem

Performansını Bozan Nedenler :

- Kolimatör Hasarı: Çarpma sonucu septaların çökmesi ve çukurlaşması. Bunun sonucunda bölgesel sayım hassasiyetinin azalmasına neden olur.
- Sonuç: Planar görüntüler soğuk alanlara, SPECT'de ring artefakta neden olur.

Fotoçoğaltıcı tüplerin kayması:

- FÇT'ler, özellikle yaşam sürelerinin ilk 6 ayında kazanç kaymalarına hassastır.
- Sonuç:
Bölgesel homojenite değişiklikleri.

Enerji pikinin kayması:

- Elektronik sapmalar ve güç kaynağındaki kararsızlık enerji pikinin kaymasına neden olur.
- Sonuç : Homojenite de bozulma olarak görülebilir veya görülmez. Genel olarak hassasiyet değişikliğine neden olacaktır.

Elektronik offset kayması:

- Elektronik kayma offset de değişikliğe neden olur.

- Sonuç:

Elektronik eksende görüntü pozisyonlarının kaymasına neden olur. Bu da sistemin COR'unu değiştirir.

Mekanik COR değışikliği:

- Dedektörler/dedektör dönerken (tomografi yaparken) dönme merkezinden veya merkezlerinden sapmadan hareket etmesi istenir. COR'u belirleyen düzeltmelerin dışına çıkması COR'u değıştirecektir.
- Dairesel olmayan orbitlerde de aynı problem oluşur.

Elektronik gürültü:

- Elektronik parçalardaki değişiklikler veya güç kaynağındaki problemler gürültüye neden olur.
- Sonuç:
Hem uzaysal hem de enerji ayırt etme gücünü bozacaktır.

Kristal ve ışık coupling'de bozulma:

- Hem hidrasyondan dolayı kristalin sararması hem de FÇT ile kristal arasındaki bağlantıyı sağlayan bileşenin (coupling) bozulması veya donuklaşması, FÇT'lere ışık geçişini azaltır.
- Sonuç:
Sintilasyon ışığının kaybı bütün sinyallerde istatistiksel belirsizliği arttırır, bu da uzaysal ve enerji ayırt etme gücünü bozar. Uzaysal değişim homojeniteyi etkiler.

Kontaminasyon:

- Yerde, duvarda veya hiç umulmayacak bir lokalizasyonda radyoaktif maddenin varlığı artefaktlara neden olur.
- Kolimatör üzerindeki küçük bir damla yeniden işlemlerde (reconstruction) önemli sıcak ring artefaktlar oluşturacaktır.

Background (BG):

- Kontaminasyona benzer. Background radyasyon ayrıca göz önüne alınmalı. Çünkü farklı kaynak mekanizmasına sahiptir.
- Beklenmeyen bir radyoaktif kaynak görüntüleme sisteminin çevresinde bulunabilir.

Manyetik alan:

- Manyetik alan FÇT'lerin kazancını etkiler. Bir çok gama kamerada dünyanın manyetik alanına karşı zırhlama olmasına rağmen, yakındaki büyük güçteki MRI veya manyetik alan beklenmeyen sonuçlara neden olur.
- Sonuç:
Gama kameranın homojenite ve ayırt etme gücünü bozulması.

Dönme açısı ile ilgili değişiklikler:

- Yukarıda tanımlanmış olan problemlerin bazıları (offset, elektronik gürültü v.s) kablo veya slip ring'in değişmesiyle oluşur. Bu değişiklikler dönme açısının bir fonksiyonu olarak homojenitede, hassasiyetde veya ayırma gücünde önemli değişikliklere neden olur.
- Sonuç:
Bu değişiklikler ayırt etme gücünü ve homojeniteyi bozar.

KALİTE KONTROL TESTLERİ:

- Bu testler sistemin performans ölçüm testleri değildir.
- Bu testler düzenli yapılırsa sistem performansındaki değişiklikler kolaylıkla belirlenir.
- Bundan dolayı testler belirlenen periyotlar içerisinde düzenli olarak yapılmalıdır.

Testler üç kategoride sınıflandırılır:

1 - Günlük Testler :

1.1- Görsel testler :

1.2- Periyodik kalite kontrol testleri:

Bu testler cihazı kullanan tekniker tarafından yapılmalıdır. Teknikerin deneyimli ve dikkatli olması önemlidir.

İyi SPECT kalitesi için çok önemlidir.
Kalite kontrolün kalbidir.

2-Haftalık Testler:

3-Az Sıklıkta Testler:

Bu testler günlük testler dışında düzenli olarak yapılan testler.

Kameranın Günlük Testleri:

■ Enerji spektrumunun görsel kontrolü:

Hastayı görüntülemeye almadan önce enerji pikinin pozisyonuna, pikin genişliğine ve ortamda radyoaktif maddenin var olup olmadığı kontrol edilmelidir.

- Sonuç: Bu test, pik kaymasını, enerji ayırt etme kaybını ve background radyasyonu belirlemeye yardımcı olacaktır.

Background Aktivite Kontrolu:

- Background aktivite kontrolu kolimatör çıkarılarak yapılmalıdır.
- Diğer kolimatörsüz ölçümler ile aynı zamanda yapılması en iyisidir.
- Kolimatörsüz homojenite testlerinde az miktardaki BG'in varlığı kolayca homojeniteyi bozar.

- Sabit süredeki toplam sayım ve enerji spektrumu BG aktivitenin varlığını gösterecektir.
- Normal background düzeyi < 200 sayım/saniye olmalıdır.

Eğer Kontaminasyon Var İse:

- Dedektörün/dedektörlerin yüzü farklı yöne döndürülerek işlem tekrarlanır.
- Kolimatör veya kristalde olduğunu ayırt etmek için farklı kolimatör kullanılarak ölçüm tekrarlanır.

- Kontaminasyonun varlığında enerji spektrumuna bakarak radyonüklid belirlenir ve dekontaminasyon işlemi yapılır.
- Bu işlem BG limitlerine düşünceye dek tekrarlanır.
- Eğer kontaminasyon kalkmaz ise Medikal Fiz. Veya Rad.Güv.Sor. bildirilir.

SPECT Verilerinin Sine Olarak Yeniden Gözden Geçirilmesi:

- Hastanın görüntüleme işlemi bittikten sonra görüntüyü yeniden işlemlemeden önce ham tomografik görüntü sine olarak izlenir.
- Sine, dönüş eksenini boyunca hasta hareketini, faydalı görüş alanı (FGA) içindeki background aktiviteyi, dönüş açısıyla kamera performansındaki değişiklikleri ve COR hatalarını gösterir.

Sinogramla verilerin yeniden gözden geçirilmesi:

- Sinogram kullanıldığında sinedeki gibi benzer bilgiler verecektir.
- Sinogram lateral harekette daha fazla hassastır buna karşılık vertikal kaymalarda daha az hassastır.

Kolimatörün görsel olarak kontrolü:

- Bu test günlük olarak yapılmalıdır.
- Kolimatörde çukurlaşma, çizilme veya şüpheli bir alanın kontrolü, hasta görüntülenmesi yapılmadan, BG kontrol ve kolimatörlü homojenite testinden önce yapılmalıdır.

Günlük Kalite Kontrol Testleri:

- Düşük sayımlı kolimatörlü veya kolimatörsüz homojenite:
- Bu test, kamera homojenitesini görsel değerlendirmek için bütün kameralarda günlük yapılmalıdır.
- Kolimatörlü homojenite, yeniden doldurulabilir flood fantomla yada Co-57 düzlemsel kaynak (tercih edilen) kullanılarak yapılır.

- Kolimatörlü homojenite, kolimatör (hasar,kontaminasyon) veya dedektör (FÇT kayması) den kaynaklanan homojenitedeki bozulmaları gösterir.
- Co-57 düzlemsel kaynağın kolimatör üzerine daima aynı yönde konulmasına dikkat edilmelidir.
- Her bir homojenite bilgi toplama işleminde kaynak aktivitesini ve sayım hızını yazarak hassasiyetteki değişiklikler de elde edilir.

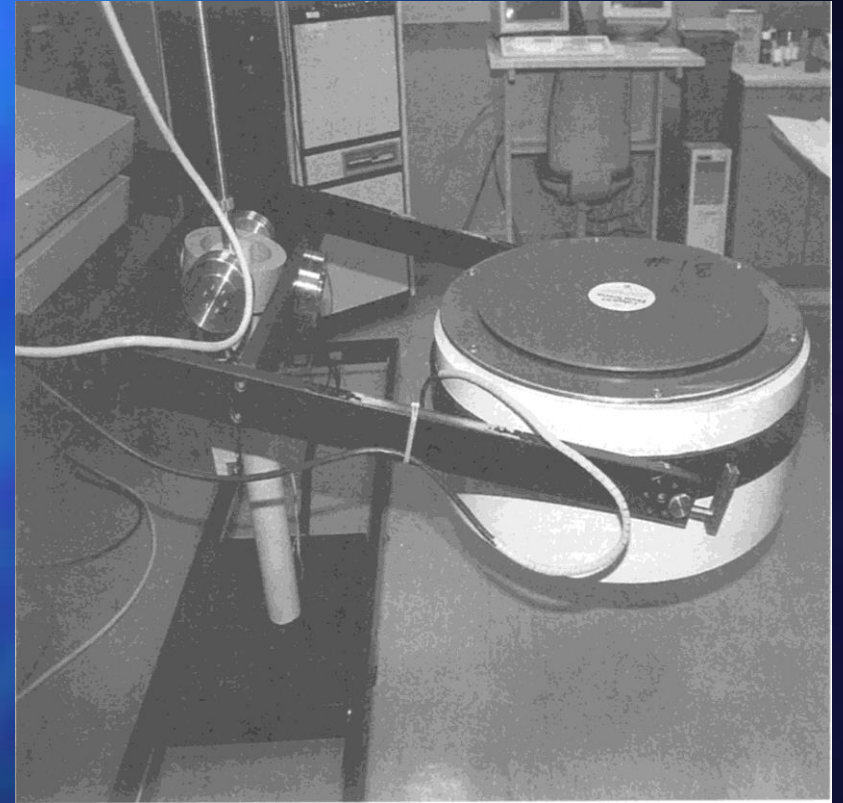
- Eğer kolimatörsüz homojenite yapmayı tercih ediyorsanız kristale zarar vermemeye özen göstermelisiniz.
- Ayrıca düzenli olarak kolmatörleri test etmelisiniz.
- 5 M sayım büyük görüş alanlı kameralar, 3 M sayım küçük görüş alanlı sistemler için yeterlidir.
- Eğer kameranızın hazır yazılım programı var ise onu kullanmanız yeterlidir.

Günlük homojenite testi:

Kaynak tipi:

- Kolimatörsüz homojenite için 150-200 μCi Tc-99 m nokta kaynak kullanılır.
- Nokta kaynağın hacmi 0.5 ml'den az olmalıdır.
- Nokta kaynak, dedektörün faydalı görüş alanının 5-6 kat uzağına konulur.

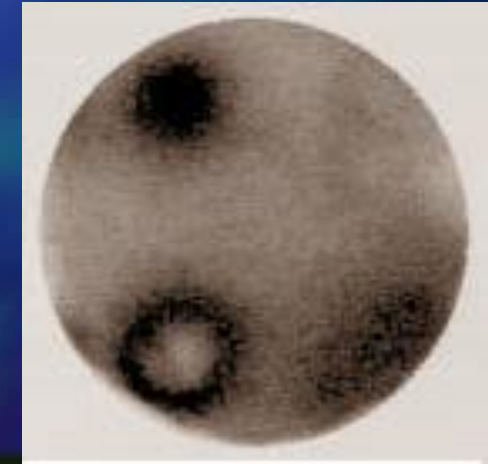
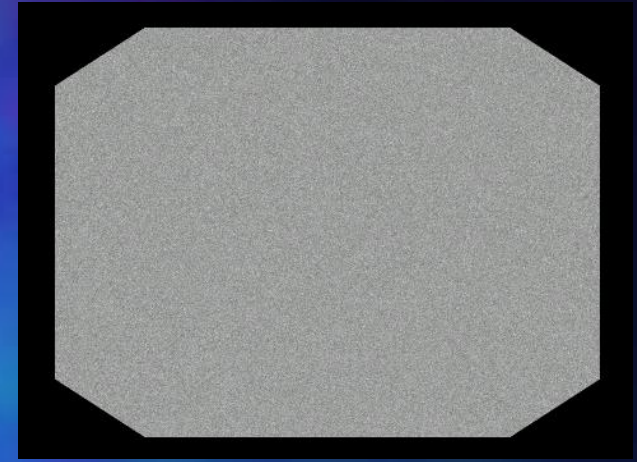
- Kolimatörlü homojenite için 5-10 mCi Co-57 düzlemsel kaynak veya yeniden doldurulabilir düzlemsel fantom (en az 10 mCi Tc 99 m) kolimatör üzerine yerleştirilir.



Akuzisyon parametreleri:

- SPECT'de kullanılacak kolimatör takılmalı.
- Enerji spektrumunu kontrol et (window %15-20 olmalı).
- Sayım hızı 20 kcps geçmemeli.
- 256x256 matris word modda 3-5 milyon/dedektör sayım alınır.
- Bütün düzeltme dosyaları (enerji, lineerite, homojenite) devrede olmalıdır.

- Elde edilen görüntü, referans görüntü ile karşılaştırılmalı
- Yapılan testten bir önceki görüntü ile karşılaştırılarak herhangi bir değişiklik olup olmadığı araştırılmalıdır.



Haftalık Testler:

Yüksek Sayım Düzlem

Fantom Testi



- SPECT'de oluşan ring artefaktları yok etmek için kullanılan düzeltme testtir.
- Son zamanlarda klinikte kullanılan radyonüklide uygun çalışılması tercih edilmekle birlikte bazı radyonüklerin pahalı olması işlemi uygun kılmamaktadır.

Haftalık Testler:

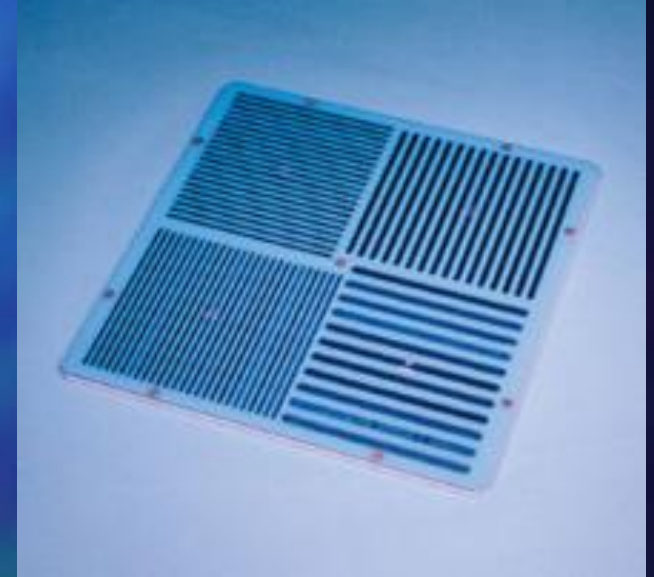
Yüksek Sayım Düzlem Fantom Testi



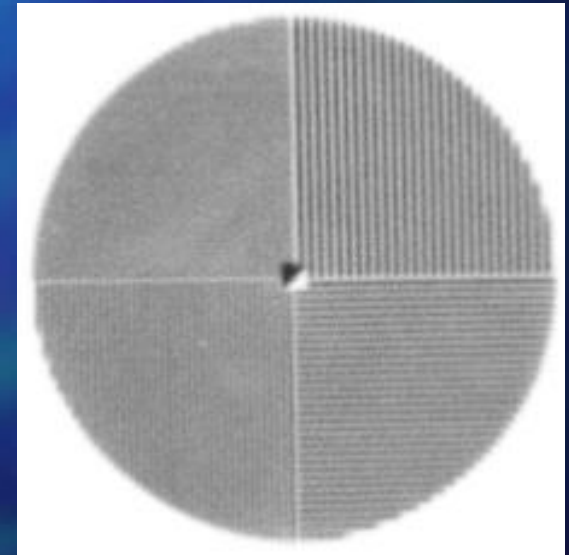
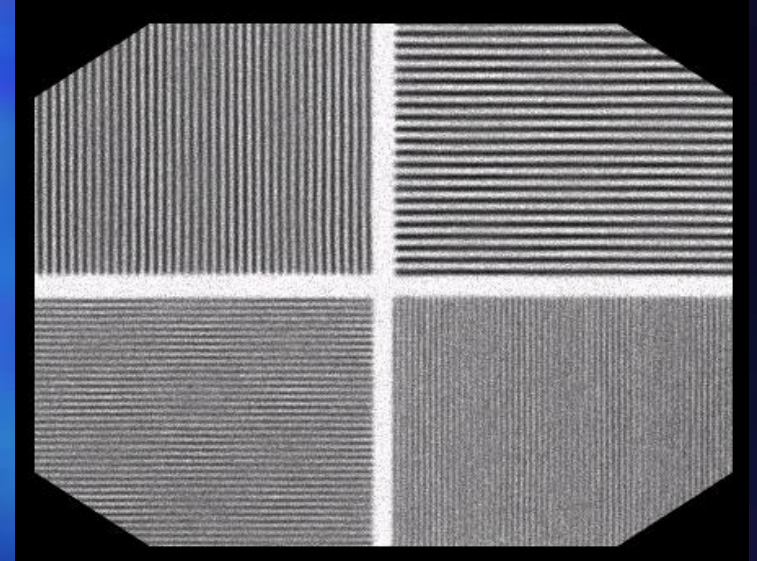
- SPECT'de kullanılacak kolimatör takılır.
- 10-20 mCi Tc-99m veya Co-57 (sayım hızı 20 kcps'i geçmeyecek) düzlem kaynak kolimatör üzerine yerleştirilir.
- Enerji penceresi %15 veya %20 genişliğinde, 128x128 matriste küçük görüşlü kameralar için 30 milyon, büyük görüşlü kameralar için 90-120 milyon sayım toplanır.
- Diferansiyel homojenite değeri %1'den büyük olmamalıdır.

Kolimatörsüz Uzaysal Ayırt Etme Gücü ve Lineerite Testi

- Kolimatör çıkarılır.
- Quadrant Bar Fantom dedektöre yerleştirilir.
- 0.5-1 mCi Tc-99m nokta kaynak detektör görüş alanının 5 katı uzaklığa, sayım hızı 20 kcps'i geçmeyecek şekilde yerleştirilir.



- Enerji penceresi %15 veya %20, 512x512 matriste 10 milyon sayım alınır.
- Detektörün her bölümünde ki uzaysal ayırt etme gücünün kontrolü için Fantom 90 derece döndürülerek 4 adet görüntü alınır.
- Elde edilen görüntüler görsel olarak değerlendirilir.



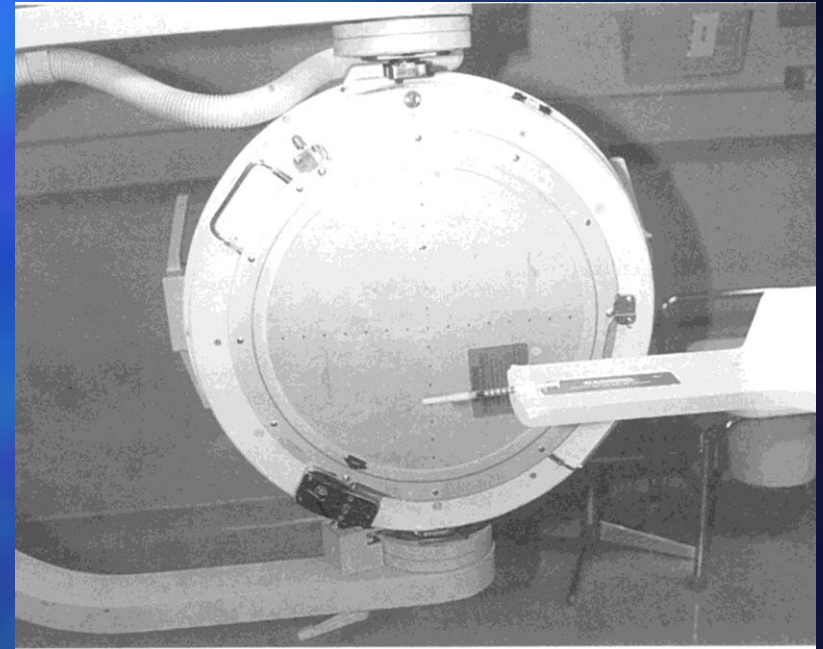
- Rezolüsyon: Barların görünebilirliği (ayırd etme gücü). Kristaldeki bozulmalar veya elektronik gürültüden dolayı bozulur.
- Lineerite: Barların düzgünlüğü. FÇT'lerin kayması sonucu lineerite bozulur.

Dönme Merkezi (Center of rotation (COR)) testi:

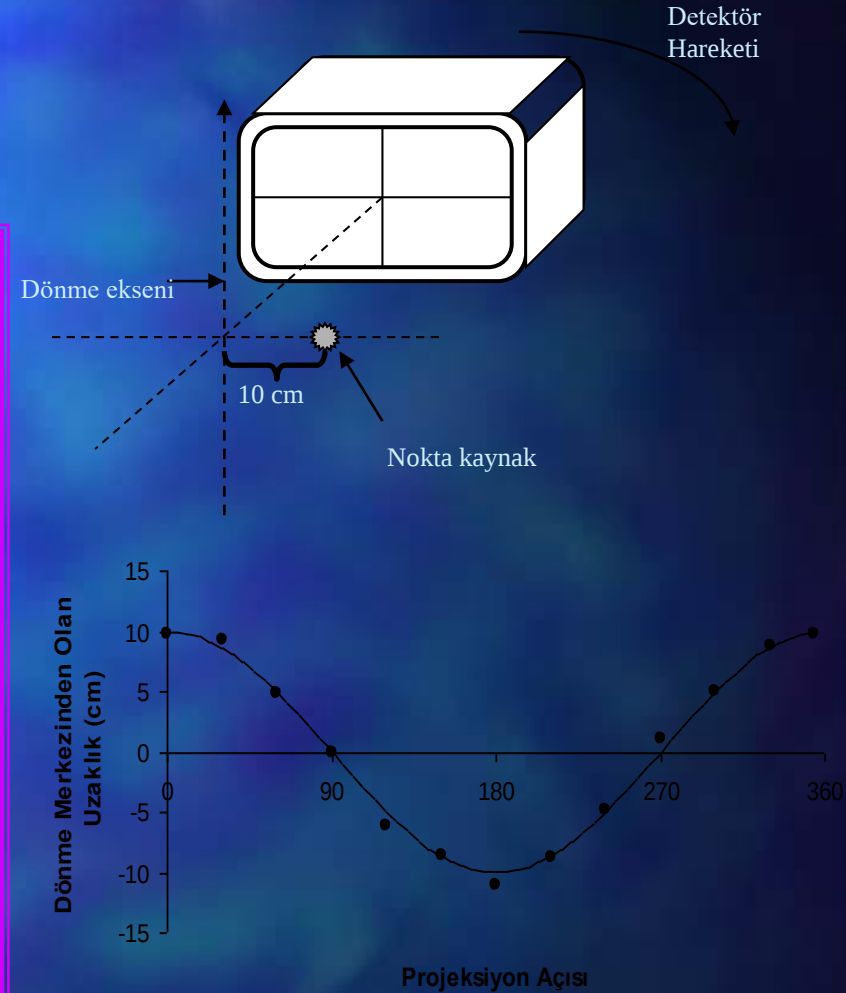
- COR testinin sıklığı SPECT sisteminin kullanımına ve her bir sistemin stabilitesine bağlı olarak belirlenir. Genel olarak 1-2 haftada bir yapılmalıdır.
- COR testi SPECT sistemi kullanılan tüm kolimatörler ile yapılmalıdır.
- Rutin SPECT akvizisyonu sonucunda kullanıcı cine ve sinogram görüntülerinden şüphe duyduğu an COR testini tekrarlayabilir.

COR testi:

- SPECT görüntü masasının sonuna 1-1.5 mCi Tc99m kaynağı yerleştirir.
- Nokta kaynak rotasyon açısı boyunca görüş alanı içinde kalmalı.
- Kaynağın çapı 2mm aşmamalı.



- Nokta kaynağı dedektörün görüş alanı ile merkez arasında tam ortaya yerleştirilir.
- SPECT görüntüsünde kullanılacak kolimatör takılır.
- 20 cm'lik radyal açıya dedektör kafasını ayarlayın.
- Dedektör kafasının eğimini su terazisi ile kontrol edin.



- Gantry herhangi bir şeye dokunmaksızın nokta kaynağın etrafında dönmelidir.
- Bir çok firmada COR akuzisyon için belirlenmiş protokoller vardır.
- 128x128 matriks word mod.
- 5'er saniyelik 64 görüntü alınmalıdır.
- Eğer klinik çalışmada noncircular orbit kullanılıyor ise COR testinde de aynı orbit kullanılmalıdır.

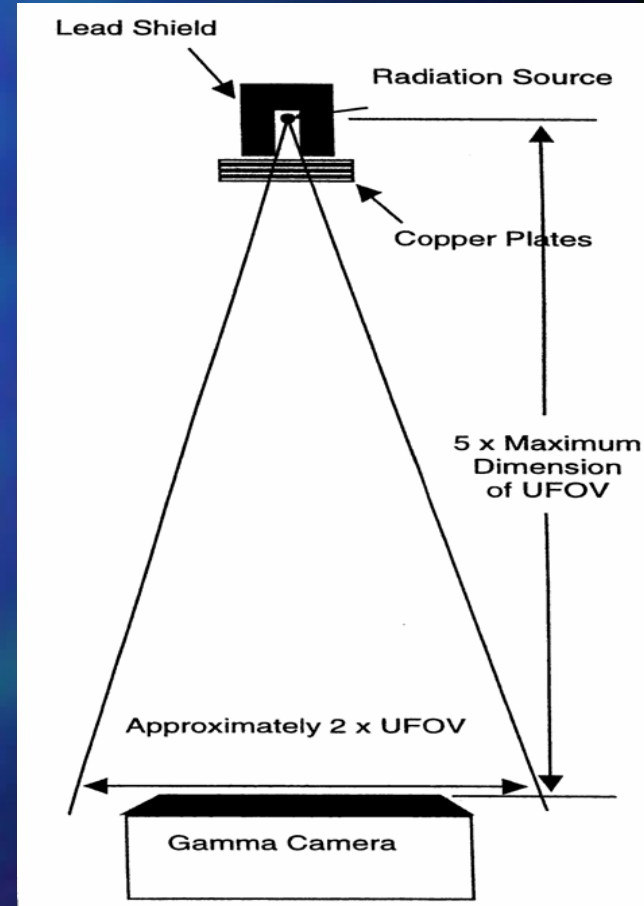
COR analizi:

- COR'da 360° 'de 0,5 pikselden çok daha fazla değişiklik olmamalı.
- Bu 40 cm'lik görüş alanı için 1-2 mm civarına karşılık gelir.
- Y eksenindeki değişim 1 pikselden fazla olmamalıdır.
- COR'daki verilerde sorun var ise masanın ve kaynağın yerinin değişip değişmediğini kontrol edin.
- Bütün veriler bir tabloda kaydedilmelidir.

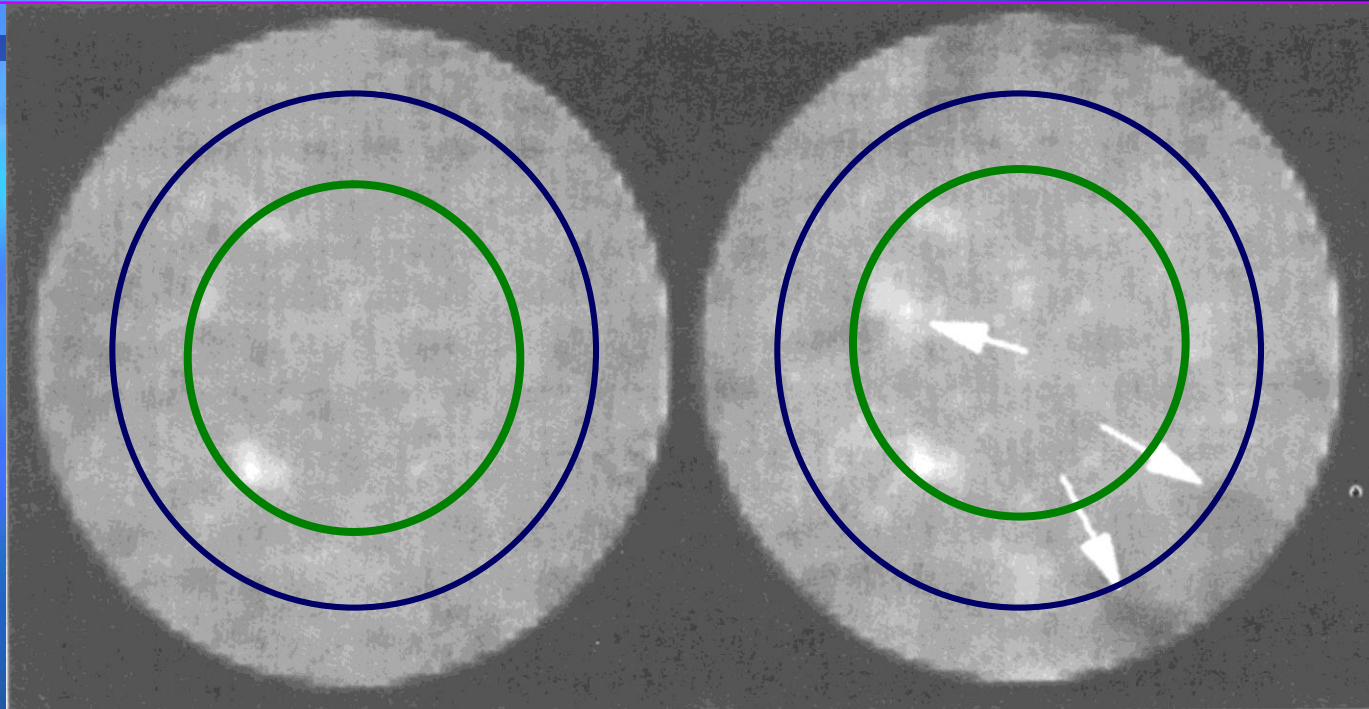
Aylık Testler:

Kolimatörsüz Homojenite Testi (NEMA)

- Sayım hızı 20 kcps'i geçmeyecek Tc-99m nokta kaynak,
- %15 enerji penceresi,
- Piksel boyutu 6,4 mm ($\pm 30\%$) (64x64 ya da 128x128 matris)
- Merkezdeki pikselde en az 10.000 sayım, (30-40 milyon)



- Görüntülere 9 nokta smooth filtre uygulanır.
- İntegral ve diferansiyel homojenite ölçülür.



Integral Unif. = 7.6%

Integral Unif. = 10.5%

- %5 (MGA)
- %75 MGA

- %7 (FGA)
- %95 FGA

Homojenite Değerlerinin Hesaplanması

$$\text{Integral Üniformite (\%)} = \pm 100 \times \left\{ \frac{\text{Mak.} - \text{Min.}}{\text{Mak.} + \text{Min.}} \right\}$$

$$\text{Diferansiyel Üniformite (\%)} = \pm 100 \times \left\{ \frac{\text{Yüksek} - \text{Alçak}}{\text{Yüksek} + \text{Alçak}} \right\}$$

Mak = Maksimum piksel sayısı

Min = Minimum piksel sayısı

Yüksek = Ardışık 5 pikseldeki maksimum piksel sayısı

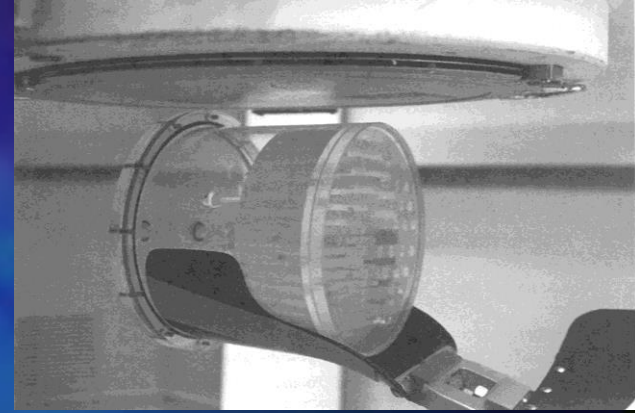
Alçak = Ardışık 5 pikseldeki minimum piksel sayısı

SPECT Ayırt Etme Gücü ve Homojenite Testi:

- SPECT'de kullanılacak kolimatör takılır.
- 128x128 matris de 360° rotasyonda 128 görüntü alınır.
- Görüntü başına en az 1 milyon sayım istatistiği kullanılmalıdır.
- Sayım hızı 20 kcps



Kaynak tipi:

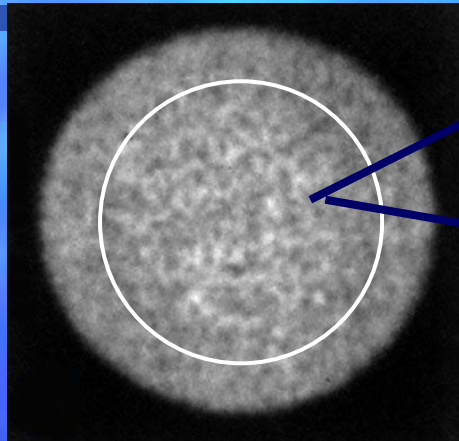


- Jaszczak SPECT total performans fantomu ya da,
- 20 cm çapında 20 cm uzunluğunda silindirik fantom (galonluk pet şişe v.s.) uygundur (homojenite değerlendirilir).
- Fantomun içinde bulunan radyonüklidin homojen karıştığından emin olun, hava kabarcığına dikkat edilmelidir.

Yeniden işleme:

- SPECT işlemede kullanılan filtreyi kullanın.
- Klinikte uygulanan kesit kalınlığını seçin.
- Homojenite düzeltme faktörünü kullanarak ve kullanmayarak işleme yapın
- Tavsiye edilen ya da sistemin atenuasyon katsayısını kullanın (Genellikle $0.12/\text{cm}^{-1}$).

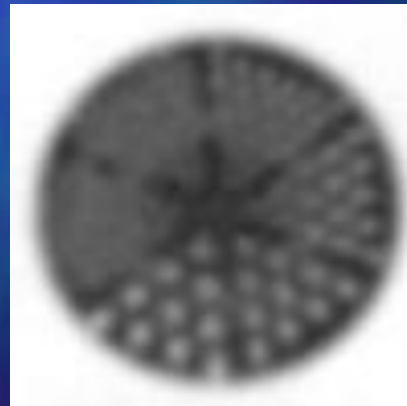
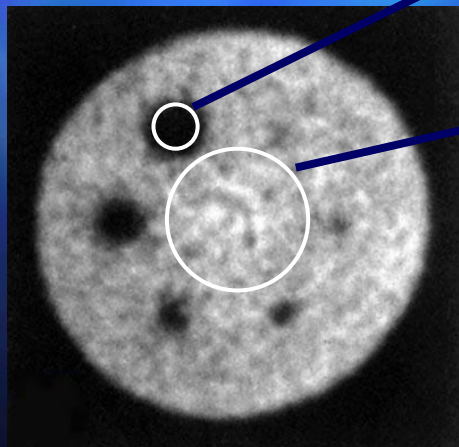
SPECT Ayırt Etme Gücü ve Üniformite Testi



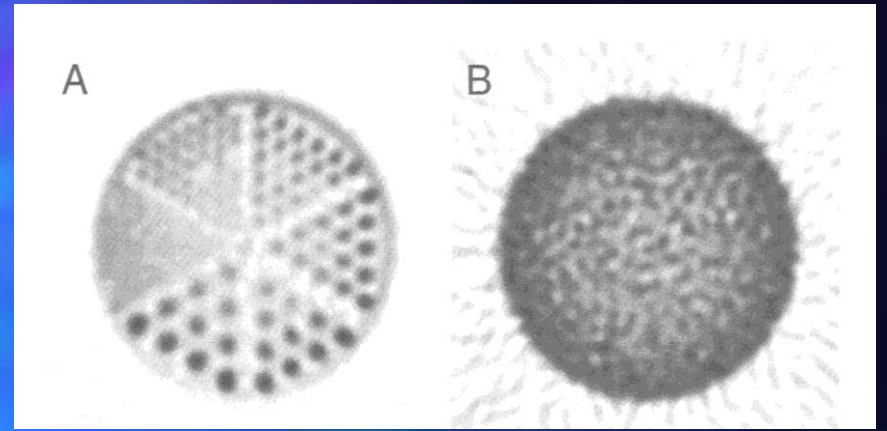
$$\% \text{ İnt. Hom.} = \frac{C_{\max} - C_{\min}}{C_{\max} + C_{\min}} \times 100$$

$$\% \text{ RMS} = \frac{SD}{C_{\text{ort}}} \times 100$$

$$\% \text{ Kontrast} = \frac{C_{\text{BG}} - C_{\min}}{C_{\text{BG}}} \times 100$$



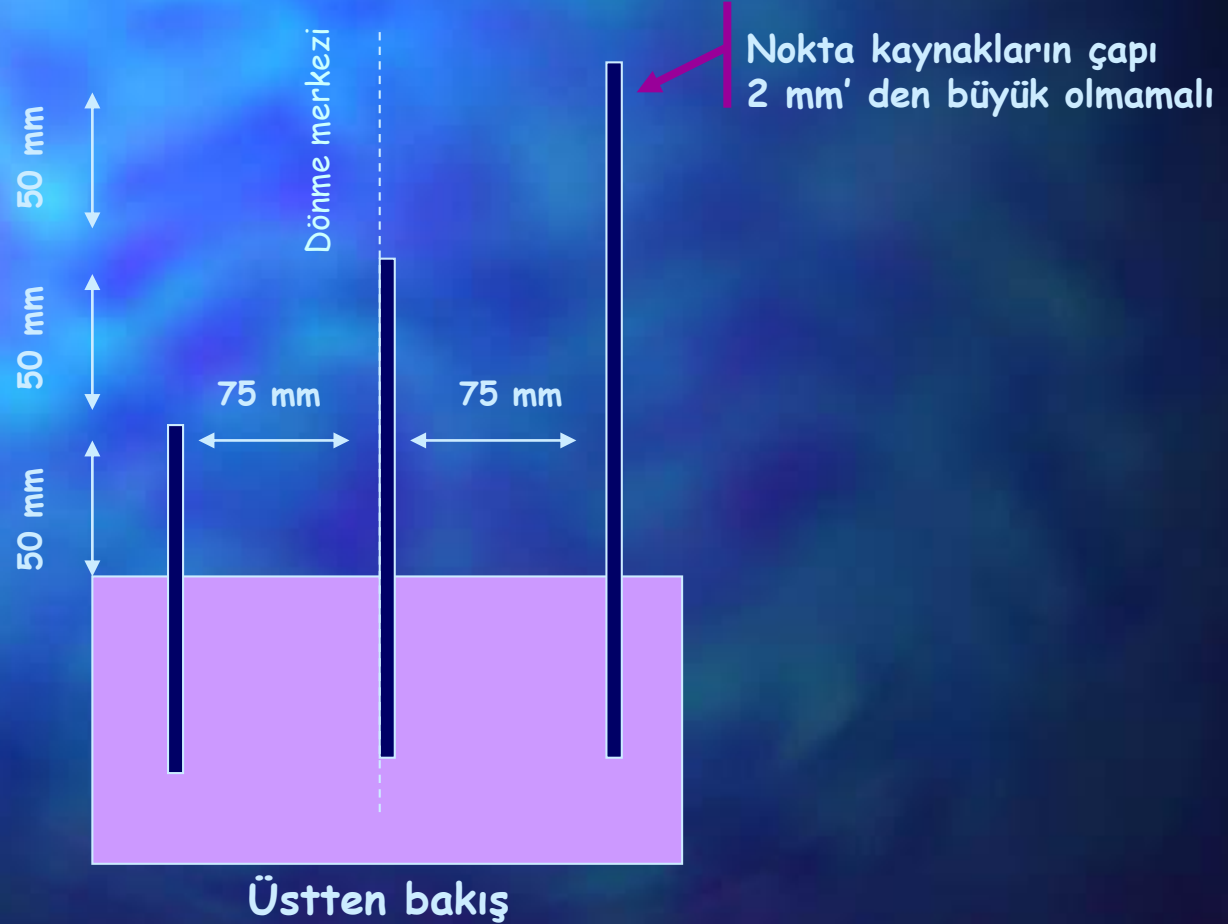
Görüntü analizi



- Görsel olarak ring artefaktları ve homojenite düz. ile ne kadar düzelttiği.
- Kaç cm kadar lezyonları dedekte ettiği.
- Atenüasyon düzeltmesinin yeterliliği değerlendirilir.
- Test sonucu akseptanst testi ile karşılaştırılmalıdır.

Üç Aylık Testler:

Nokta Kaynak Kesit Görüntüsünden Ayırma Gücü Testi:



Bilgi Toplama Parametreleri

- Tc-99m veya Co-57 nokta kaynakların çapları 2 mm'den büyük olmamalıdır.
- Sayım hızı 20 kcps geçmemelidir.
- %15 simetrik pencere kullanılmalıdır.
- Merkezi kaynaklar dönme eksenini üzerinde 5 mm tolerans içerisinde ayarlanmalıdır
- Dönme yarı çapı 15 cm'ye ayarlanmalıdır.
- Projeksiyon ve kesit görüntülerinin piksel boyutları 2.5 mm'den az olmalıdır.
- Her projeksiyon 20 kcs sayım içermelidir.

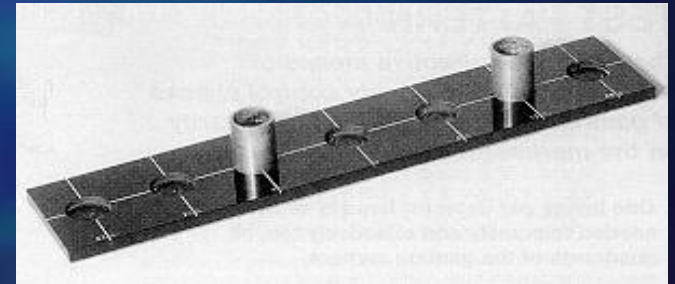
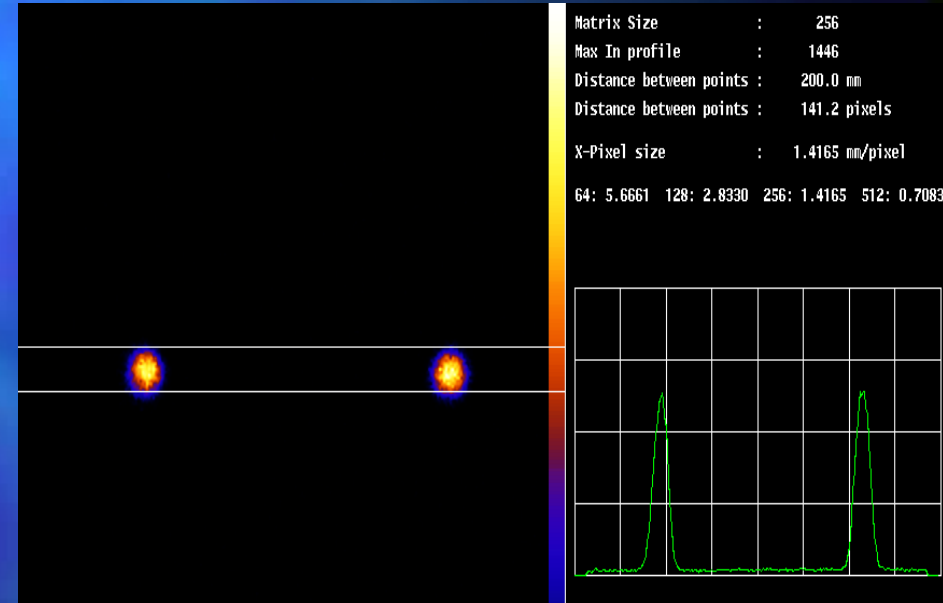
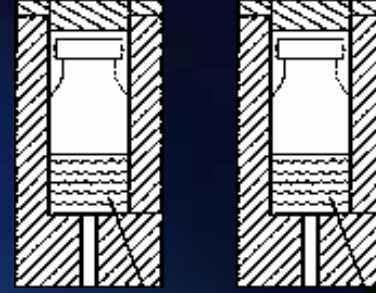
İşleme

- Elde edilen görüntüye sadece yokuş filtre uygulanır.
- Elde edilen kesit görüntüler x ve y yönünde YYTG ölçülür (transvers, sagital, koronal).
- Ortalamaları alınır ve kaydedilir.
- Referans değerle karşılaştırılır.

- Bilgi toplama parametreleri değiştirilmeden işlem planar olarak tekrarlanır.
- Planar ile tomografi arasındaki YYTG fark %10 geçmemelidir.

Piksel Boyutu Ölçümü

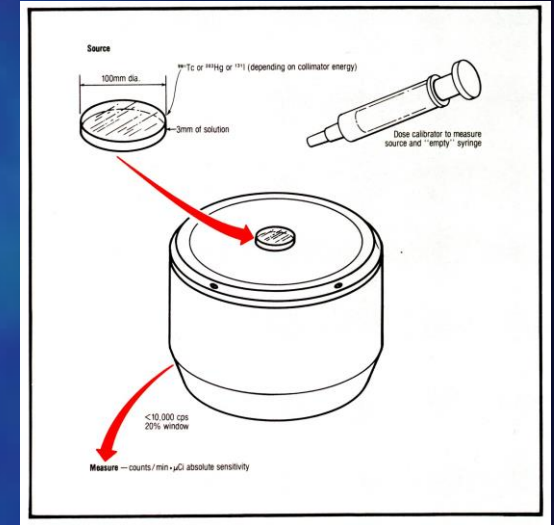
- Dedektör yüzeyine iki nokta kaynak paralel olarak yerleştirilir.
- Kaynaklar arasındaki aktivite farkı %10 geçmemelidir.
- Farklı matrisler de 500 kcs sayımlık statik görüntü alınır.
- Bilgisayardaki program kullanılarak aradaki mesafe ve piksel sayısı bulunur.



- Bu işlem hem x hem de y yönü için yapılır.
- Akseptans testinde yapılan veriler ile karşılaştırılır.
- Piksel boyutu, SPECT görüntü kalitesini ve sayısal değerlendirmeleri etkileyen bir parametredir.
- Eski tip cihazlarda (1986 yılı öncesi) daha sık görülür ve daha sık takip edilmelidir.

Hassasiyet Testi (NEMA)

- **Amaç** : Birim zamanda ve aktivitedeki sayım iktarını belirlemek.
- İç çapı 150 mm plastik petri kabı kullanılır.
- Petri kabına sayım hızı en fazla 30 kcps olan Tc-99m konulur.
- %15 enerji penceresi



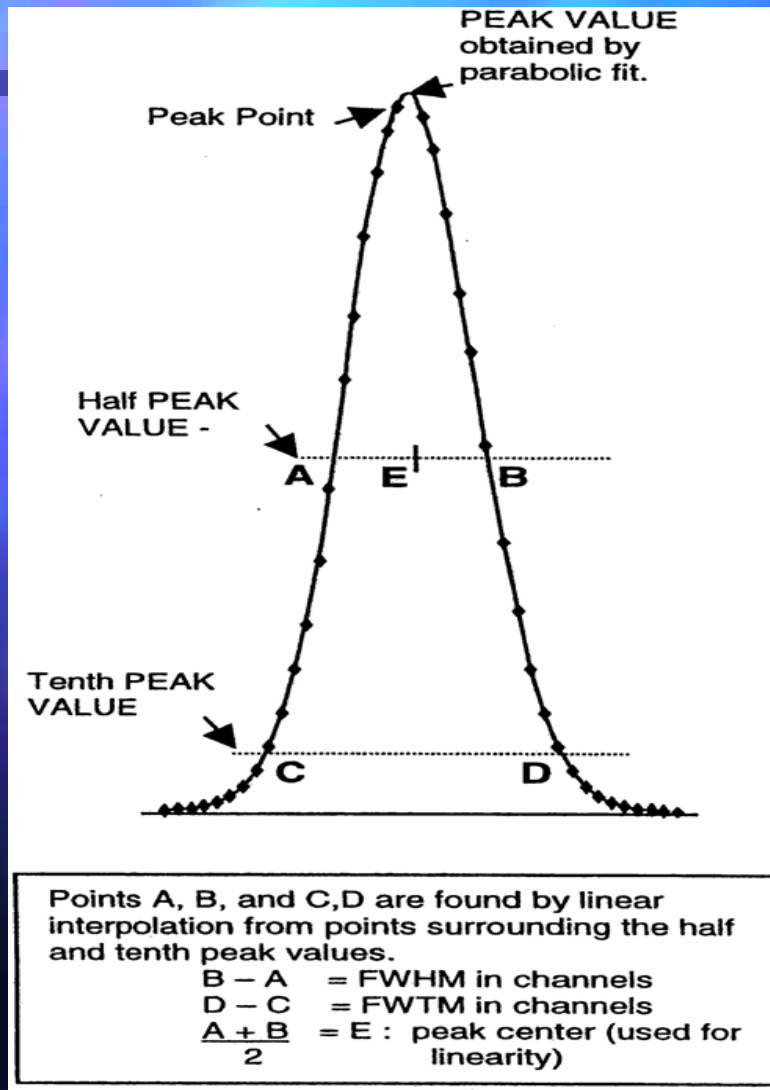
Hassasiyet Testi (NEMA)

- Fantom bütün ölçümlerde FOV'nun merkezinin yakınında olmalıdır
- Kolimatörden; 10,20,50,100,150,200, 250,300,350 ve 400mm uzaklıklarda
- Her uzaklık için en az 4 milyon sayım alınır.
- Sonuç:Yarılanması düzeltilmiş toplam sistem hassasiyeti hesaplanır.

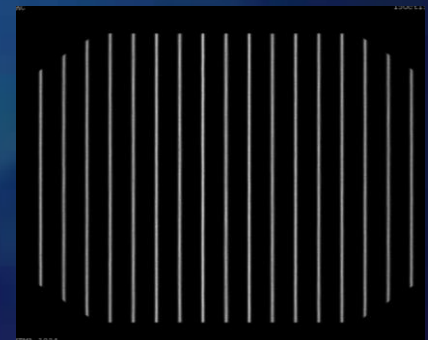
Dedektör Kafasının Eğim Açısının Test Edilmesi

- SPECT'de en iyi sonucu elde etmek için dedektör dönüş eksenine paralel olmalıdır.
- X ekseninden belirli bir mesafede nokta kaynak konulur.
- SPECT yapılır.
- Tüm projeksiyonlar üst üste toplandığı zaman düz bir çizgi elde edilmelidir.

Intrinsik Uzaysal Rezolüsyon (NEMA)

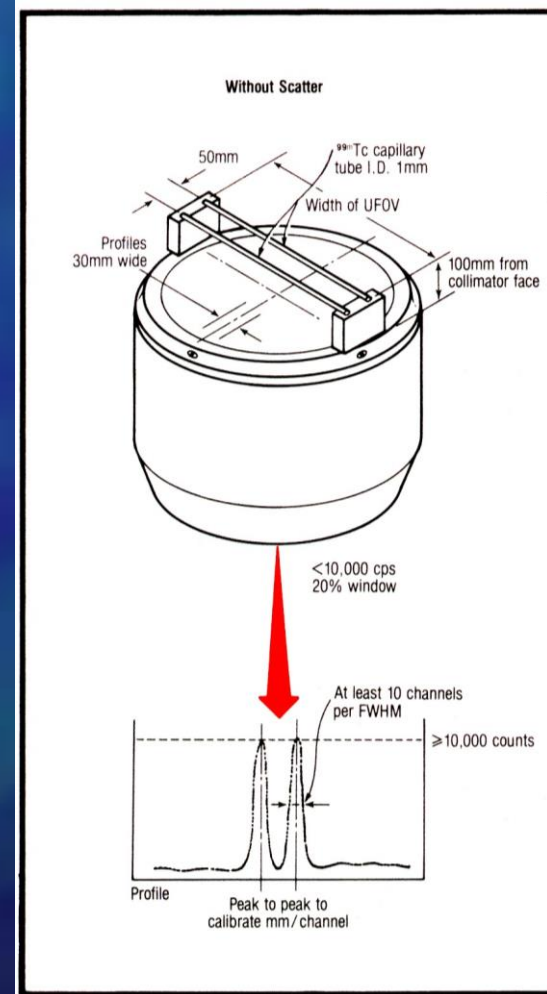


- **Sonuç:** Çizgisel dağılım fonksiyonlarının YYTG (FWTM full width at half maximum) ve OYTG (FWTM full width at tenth maximum) genişlikleri milimetre olarak ifade edilir.

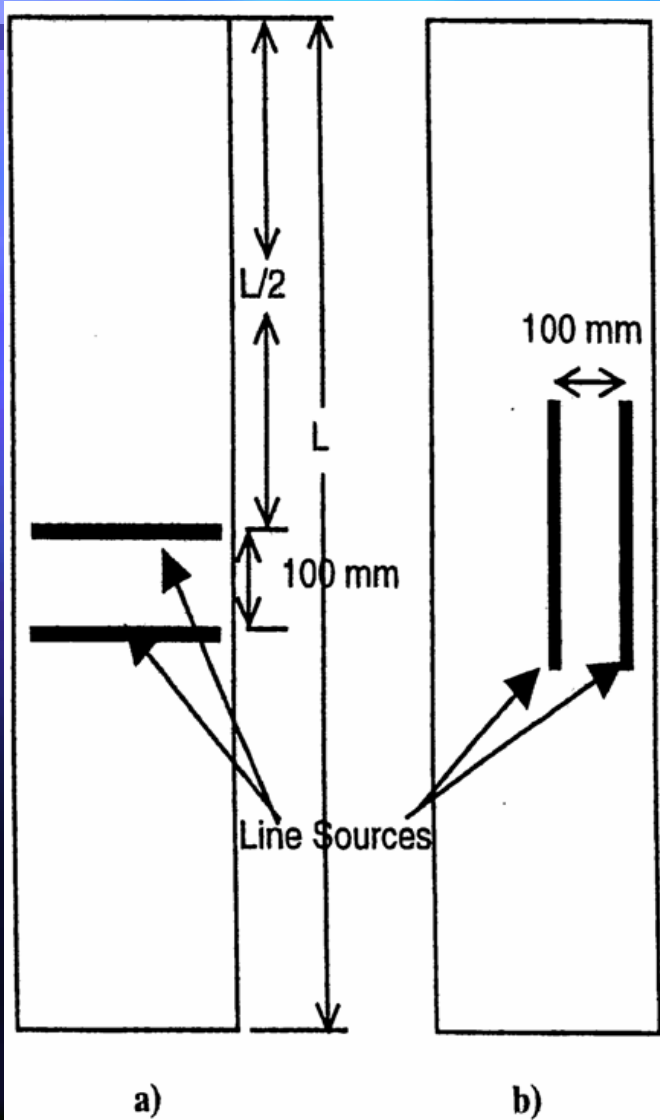


Saçılmasız Ortamda Kolimatörlü Uzaysal Ayırt Etme Gücü (NEMA

- İç çapı 1 mm ve 30 mm uzunluğunda kapiller tüp
- Sayım hızı 20.000 cps
- 15% enerji penceresi
- 512x512 matris (Piksel Boyutu: <0.1 YYTG)
- Kolimatör yüzeyinden 10 cm uzaklıkta X ve Y yönlerinde piksel başına 10.000 sayım
- Sonuç: X ve Y yönlerinde YYTG ve OYTG değerleri hesaplanır.



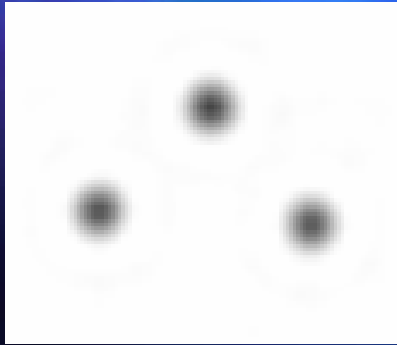
Saçılmasız ortamda Wholebody uzaysal rezolüsyonu (NEMA)



- 2 adet iç çapı 1 mm ve 20 cm uzunluğunda kapiller tüp
- Sayım hızı 20.000 cps
- 15% enerji penceresi
- Kaynaklar kolimatörden 10 cm uzaklıkta
- Tarama hızı: Klinik incelemelerde kullanılan aralıkta
- Ölçümler dedektör yatak altında ve üstünde olarak yapılmalı ve ortalaması alınmalıdır.
- YYTG ve OYTG

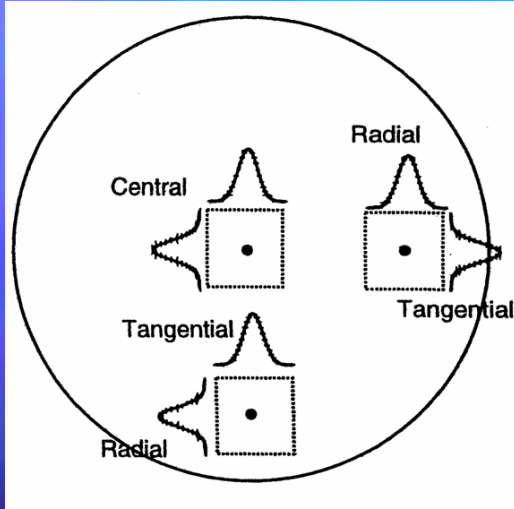
Yıllık Testler

Saçıcı Ortamda SPECT Uzaysal Ayırt Etme Gücü



- NEMA fantomu su ile doldurulur.
- Çapı 1 mm olan üç çizgisel kaynak aksiyel yönde yerleştirilir.
- Sayım hızı 20 000'den fazla olmamalıdır.
- %15 pencere kullanılmalıdır.
- Dönme yarıçapı 15 cm'ye ayarlanmalıdır.
- Projeksiyon ve kesit görüntülerinin piksel boyutu 2.5 mm'den az olmalıdır.
- 360° de 120 projeksiyon toplanmalıdır.
- Her projeksiyonda 100 000 sayım toplanmalıdır.

İşleme



- Sadece yokuş filtre kullanılmalıdır.
- Merkezdeki kaynağın X ve Y yönünde YYTG değerlerinin ortalaması,
- X ve Y yönlerindeki kaynakların radial ve tangential YYTG değerlerinin ortalaması alınır.

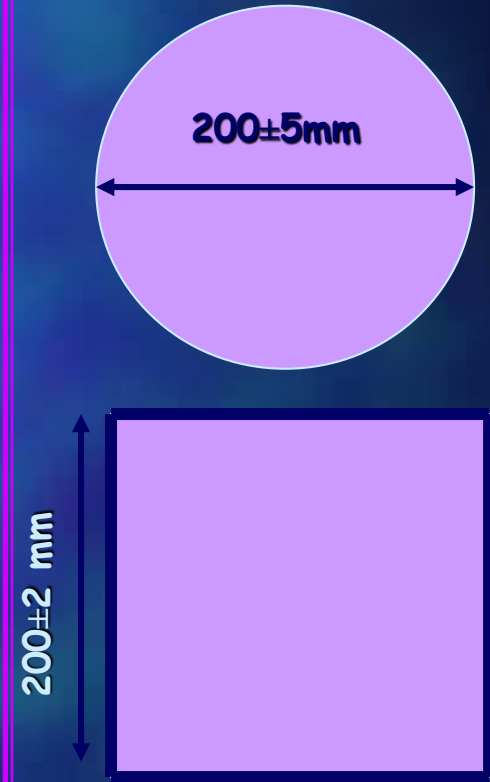
Rotasyonel Homojenite

- Rotasyon açısıyla homojenitedeki değişimin nedenlerinden bir de foton çoğaltıcı tüpler ile kristal arasındaki optik bağlantının zayıflamasıdır. Bu durumda foton çoğaltıcı tüplerin belirli açılarda hafifçe ayrılması homojenitede önemli bir değişime neden olabilir.
- Ayrıca, foton çoğaltıcı tüpler dünyanın manyetik alanına karşı da oldukça duyarlıdır. Detektörün her bir rotasyonunda manyetik alan etkisiyle homojenite etkilenecektir.
- Bu sorun, zırhlanması yeterli olmayan eski tip SPECT sistemlerinde daha çok ortaya çıkmaktadır.

- Co-57 düzlem kaynağın detektör yüzeyine sıkıca bağlanarak, 360° rotasyonda ve yüksek sayım istatistiği ile tomografik görüntüleme yapılır.
- Yeterli sayım elde etmek için veri toplama çok zaman alabilir.
- Ham datalar sinematik olarak geriye oynatılarak rotasyonel uniformite içindeki değişimler kontrol edilir.
- Rotasyonel uniformite yılda bir kez ve ayrıca önemli tamirler veya önemli upgrade işlemlerinden sonra yapılmalıdır.

Detektörler Arası Hassasiyet Değişimi

- Birden fazla dedektöre sahip sistemlerde yapılır.
- Her bir dedektör için 360° üzerinden en az 30 projeksiyon alınmalıdır.
- Sayım hızı 20.000 cps
- 15% enerji penceresi



İşleme

- Analiz ham data görüntülerinden yapılır.
- Her dedektör için elde edilen görüntüler toplanır.
- Toplanmış görüntülerdeki toplam sayımdaki max ve min değerler bulunur.

$$DDS = 100 \times (C_{\max} - C_{\min}) / C_{\max}$$

Hesaplanır ve hassasiyet değerleri kaydedilir.

75 kcps Sayım Hızında İntinsic Uzaysal Ayırt Etme Gücü

- Altı aylık testler de bulunan “İntinsic Uzaysal Ayırt Etme Gücü (NEMA)” testi sayım hızı 75 kcps tekrarlanır.
- YYTG ve OYTG değerleri ölçülür, kaydedilir.

75 kcps Sayım Hızında İntrinsic Üniformite

- Aylık testler de bulunan “**Kolimatörsüz Homojenite Testi (NEMA)**” testi sayım hızı 75 kcps tekrarlanır.
- İntegral ve Diferansiyel homojenite ölçülür.