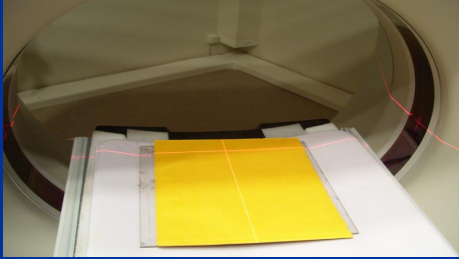


***BT'DE KALİTE KONTROL
PRENSİPLERİ
XI.MEDİKAL FİZİK KONGRESİ
14-18 Kasım 2007 Concorde Hotel***



***Antalya
Tolga İNAL***



***Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü
Medikal Fizik Anabilim Dalı***



İÇERİK

- ❖ *Neden Kalite Kontrol?*
- ❖ *Kalite Kontrol Testleri*
- ❖ *Bulgular (Çeşitli tek ve çok kesitli sistemlerde)*
- ❖ *Sonuç*

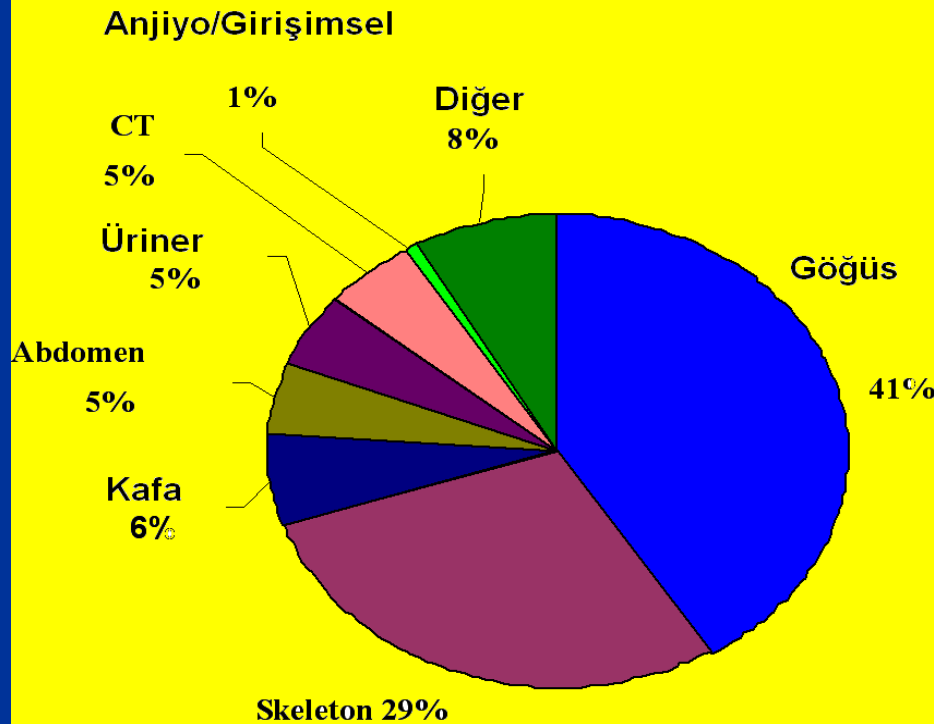
NEDEN KALİTE KONTROL?

- ❖ *Üretici firma spesifikasyonları?*
- ❖ *Servis mühendisi doğru kurdu mu?*
- ❖ *Hasta doz optimizasyonu*
- ❖ *Zaman içerisinde?*
- ❖ *Tamir, bakım ve tüp değişimi sonrası?*

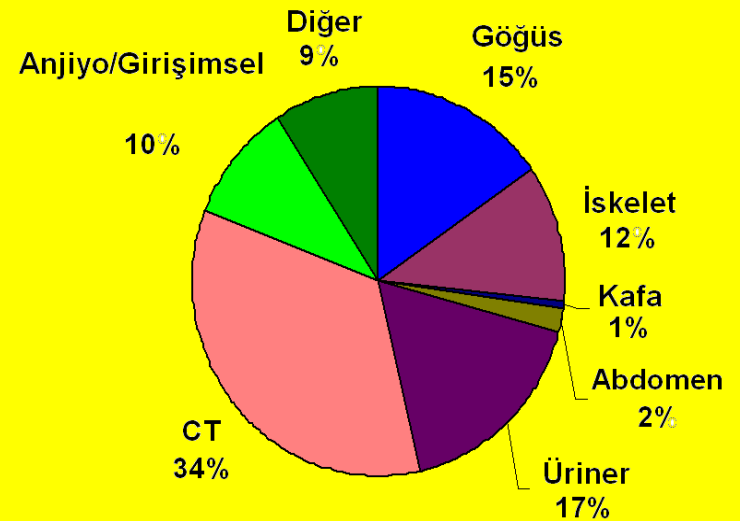
NEDEN KALİTE KONTROL?

UNSCEAR

(A) KULLANIM SIKLIĞI

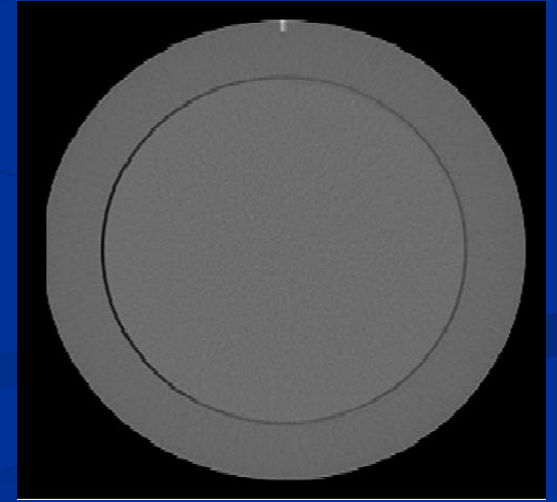
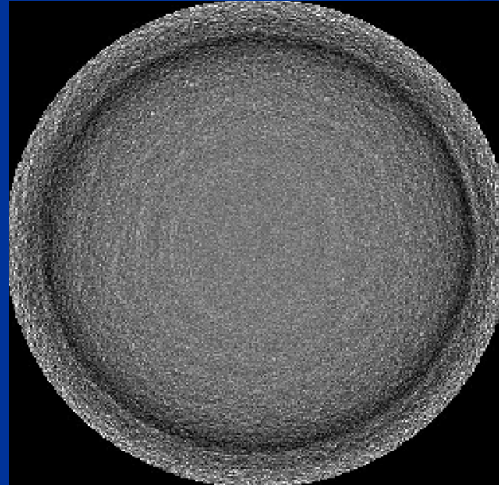
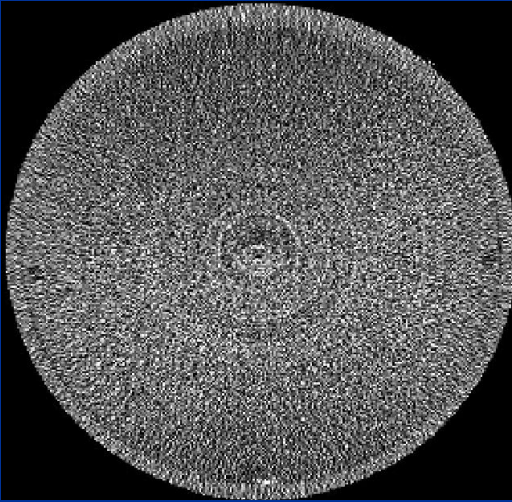


(B) KOLLEKTİF DOZA KATKI



NEDEN KALİTE KONTROL?

-Çoklukla katı-hal detektörlü sistemlerde kalibrasyonların yapılmaması veya bozuk olması sebebiyle ring artifaktlar



KALİTE KONTROL TESTLERİ

Kalite kontrol testlerinin amacı; birçok nicel ölçüm elde ederek, kurulmuş sistemin üretici tarafından verilen spesifikasyonlara uyumunun kontrol edilmesini sağlamaktır. Üretici firma tarafından verilen bir spesifikasyon dökümanı baz alınarak, bu dökümandaki referans değerlerle karşılaştırma yapılır. Elde edilen değerler ileride yapılacak çalışmalara bir referans oluşturur.

KALİTE KONTROL TESTLERİ

❖ Dozimetri

- 1) Havadaki CTDI*
- 2) PMMA fantomunda CTDI*
- 3) Saçılan radyasyon doz eğrisi*
- 4) Kesit hassasiyeti doz profili*

❖ Görüntü Kalite Testleri

- 1) CT numarası tutarlılığı ve gürültü*
- 2) CT numarası doğruluğu*
- 3) CT numarası doğrusallığı*
- 4) Düşük kontrast ayırma gücü*
- 5) Yüksek kontrast ayırma gücü*
- 6) Görüntülenmiş kesit kalınlığı*

❖ Mekanik Testler

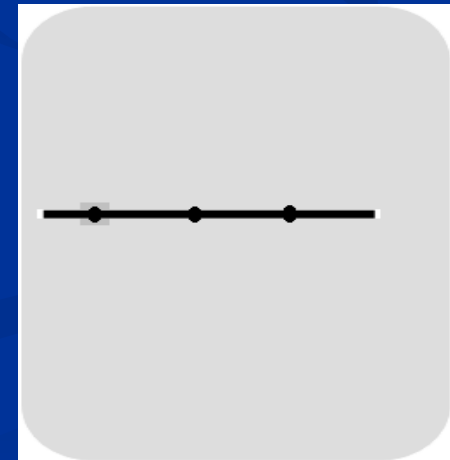
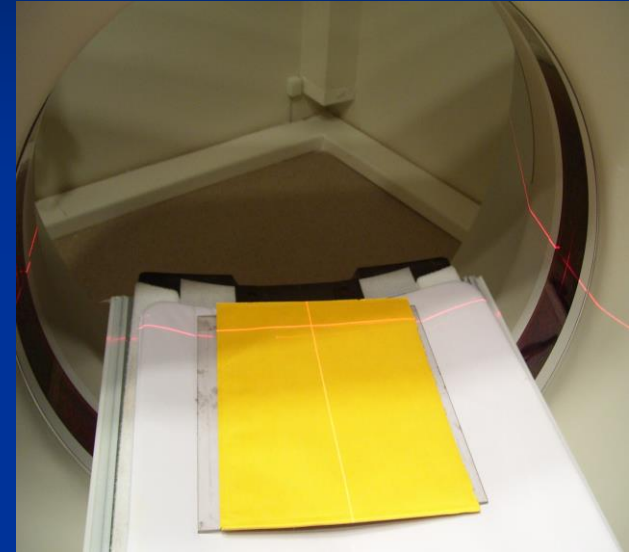
- 1) İç tarama pozisyonlama ışığı ve tarama düzlemi uyum testi*
- 2) Koronal ve sagittal hizalama ışıkları uyum testi*
- 3) Aksiyel hareket testi*
- 4) Helikal hareket testi*
- 5) Masa uzaklık gösterici doğruluğu testi*
- 6) Gantri eğimi doğruluğu testi*

MEKANİK TESTLER

Mekanik testler yapılırken amaç üretimde veya zaman ile cihazın gantri, hasta masası ve hasta hizalama ışıkları gibi aksamlarının çalışma doğruluğunun kabul edilebilir sınırlar içerisinde halen çalışır olduğunun kontrolüdür

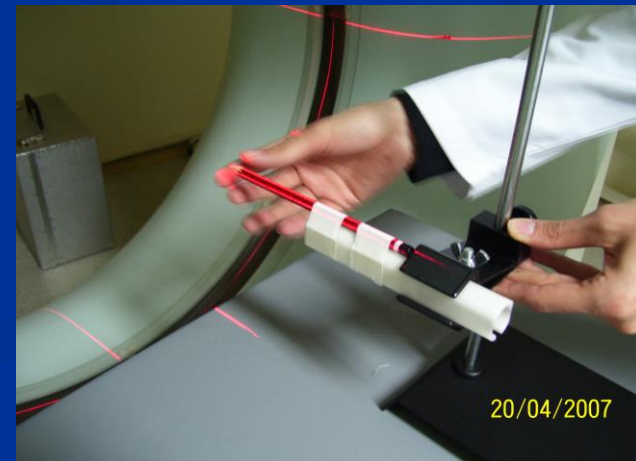
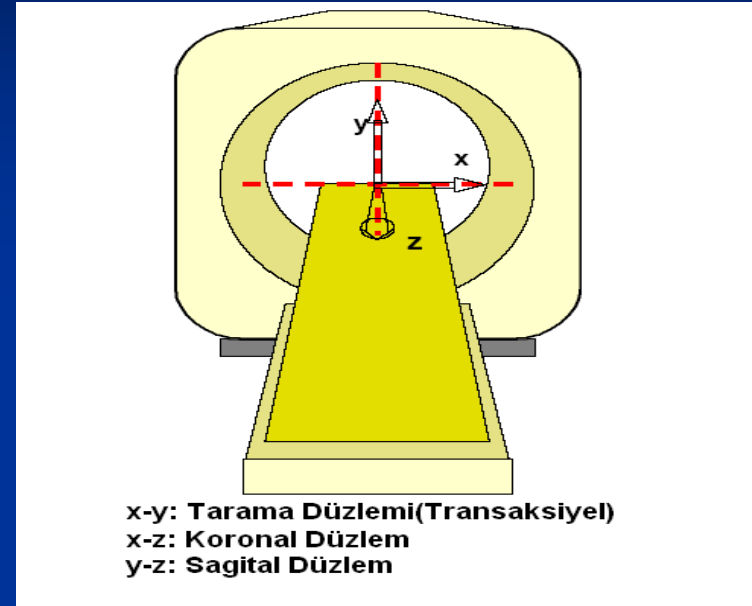
1) İç Tarama Pozisyonlama Işığ1 ve Tarama Düzlemi Uyum Testi

- ❖ Radyoterapi filmi, düz plaka ve iğne
- ❖ En dar kesit kalınlığında tek kesitlik tarama, masa izomerkeze yükseltilir
- ❖ kVp: 120-140, mAs: 50-100
- ❖ Tolerans ± 1 mm



2) Koronal ve Sagital Hizalama Işıkları Uyum Testi

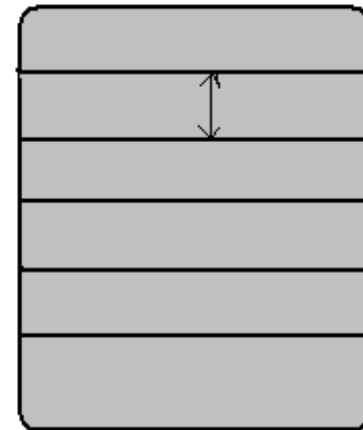
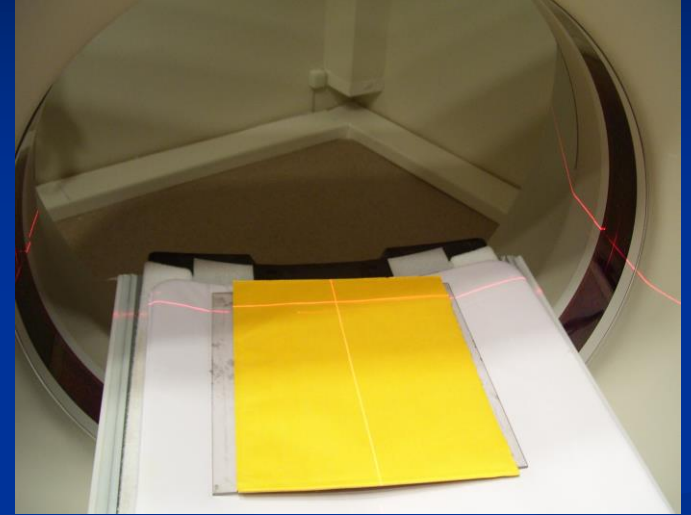
- ❖ *Kalem ve bir destek*
- ❖ *Kalem izomerkeze yerleştirilir*
- ❖ *Kalem boyunca aksiyel tarama*
- ❖ *Kalem görüntüsü tam merkezde olmalıdır($x=0, y=0$)*



3) Aksiyel Hareket Testi

Tüpün bir turu tamamlandıktan sonra masanın hareket ederek diğer bir kesit görüntüsünün alındığı peş peşe taramalardır

- ❖ *Radyoterapi filmi, düz plaka ve en az 70 kg ağırlık*
- ❖ *Kesitler arasında en az bir kesit kalınlığı boşluk kalacak şekilde seri bir tarama, masa izomerkeze yükseltilir*
- ❖ *kVp: 120-140, mAs: 300-400*
- ❖ *Tarama aralıkları eşit ve kusursuz olmalıdır*



4) Helikal Hareket Testi

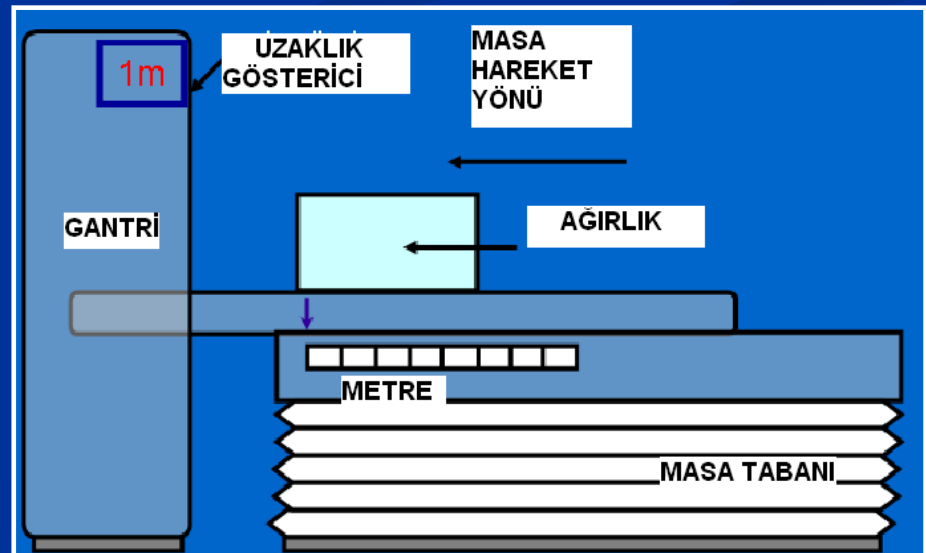
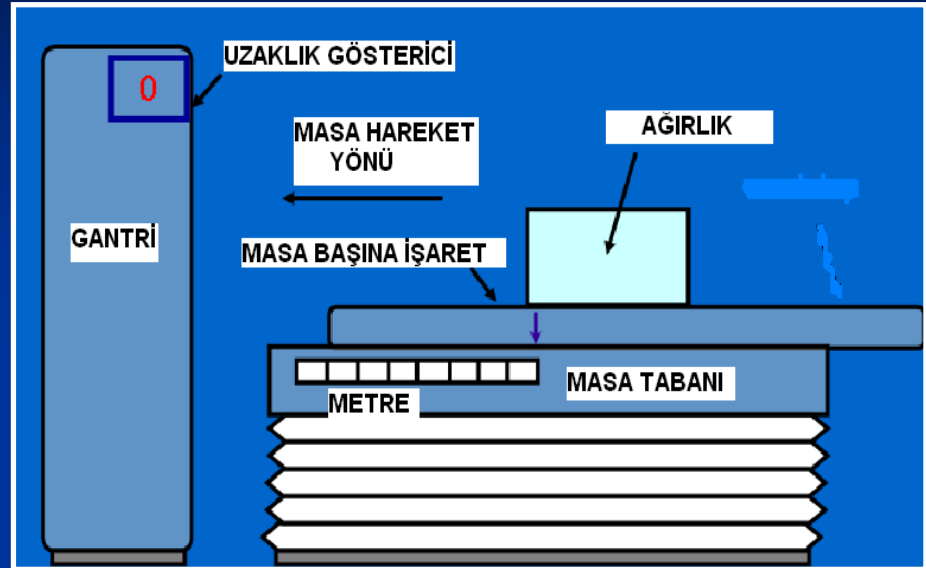
Tüpün sürekli dönmesi esnasında masanın sabit bir hızla gantriye girmesi

Pitch Faktörü = Rotasyon Başına Masa Hareketi/Kesit Kalınlığı

- ❖ Düz plaka(en az 30 cm), iki adet metal, en az 70 kg ağırlık*
- ❖ Her iki metali içerisine alacak bir helikal tarama yapılıır*
- ❖ Elde edilen birinci ve sonuncu kesit görüntülerinde metaller görünür olmalıdır*

5) Masa Uzaklık Gösterici Doğruluğu Testi

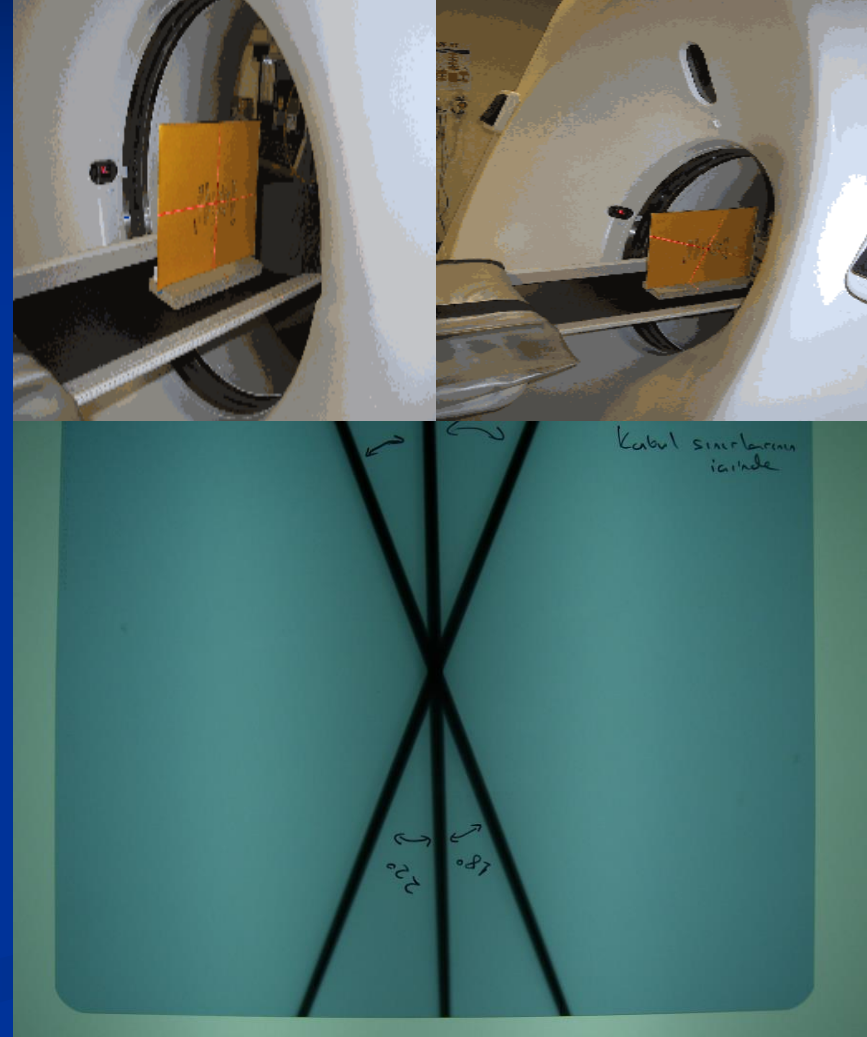
- ❖ Bant, metre ve en az 70 kg ağırlık
- ❖ Metre masa başına bant ile sabitlenir ve gösterge sıfırlanır
- ❖ İçe ve dışa olmak üzere masa maksimum menziline kadar hareket ettirilir
- ❖ Kabul sınırı 20 cm'de bir ± 2 mm'dir



6) Gantry Eğimi Doğruluğu Testi

Çesitli klinik protokollerde anatomik yapının en iyi şekilde görüntülenebilmesi için gantriye masadan içe doğru ve masadan dışa doğru eğim verilir

- ❖ Radyoterapi filmi, düz plaka ve iletke
- ❖ Film z eksenine paralel, gantrinin içine sabitlenir
- ❖ kVp: 120-140, mAs: 300-400
- ❖ Merkezde, içe ve dışa maksimum açı verilerek tek kesitlik 3 adet aksiyel tarama yapılır
- ❖ Kabul sınırı $\pm 3^{\circ}$ 'dir



DOZİMETRİ

- ❖ Tomografi sistemlerinde dozimetri kesit başına soğurulan doz olan CTDI(Computed Tomography Dose Index) kavramı ile ifade edilir
- ❖ Birçok taramanın yapıldığı bir çalışmada ortalama dozun tek bir ölçümde hesaplanmasını mümkün kılar

$$CTDI = f \times C \times E \times L / nT$$

f: Işınlamayı doza çevirme faktörü

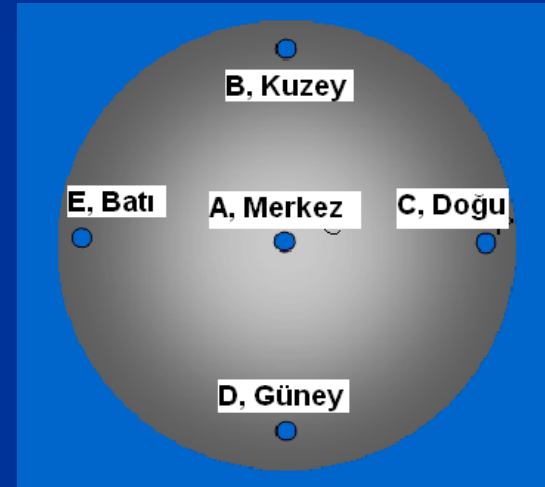
C: İyon odası için kalibrasyon faktörü

E: Odadan okunan ışınlama

L: Detektörün(iyon odası) aktif uzunluğu(Tipik 100 mm)

nT: Total nominal tarama genişliği

- ❖ *CTDI 16 ve 32 cm çaplı PMMA(Poli Metil Metaakrilat) fantomlarında merkezde ve en az 3 kenarda olmak üzere 100 mm'lik özel kalem tipi iyon odası ile ölçülür*



- ❖
$$CTDI_w = \left[\frac{1}{3}(CTDI_{Merkez}) + \frac{2}{3}(CTDI_{Kenar Ort.}) \right]$$

❖ *Normalize Ağırlıklı CTDI*

$${}_nCTDI_w = CTDI_w / mAs$$

❖ *Hacimsel CTDI*

$$CTDI_{Vol} = CTDI_w / Pitch$$

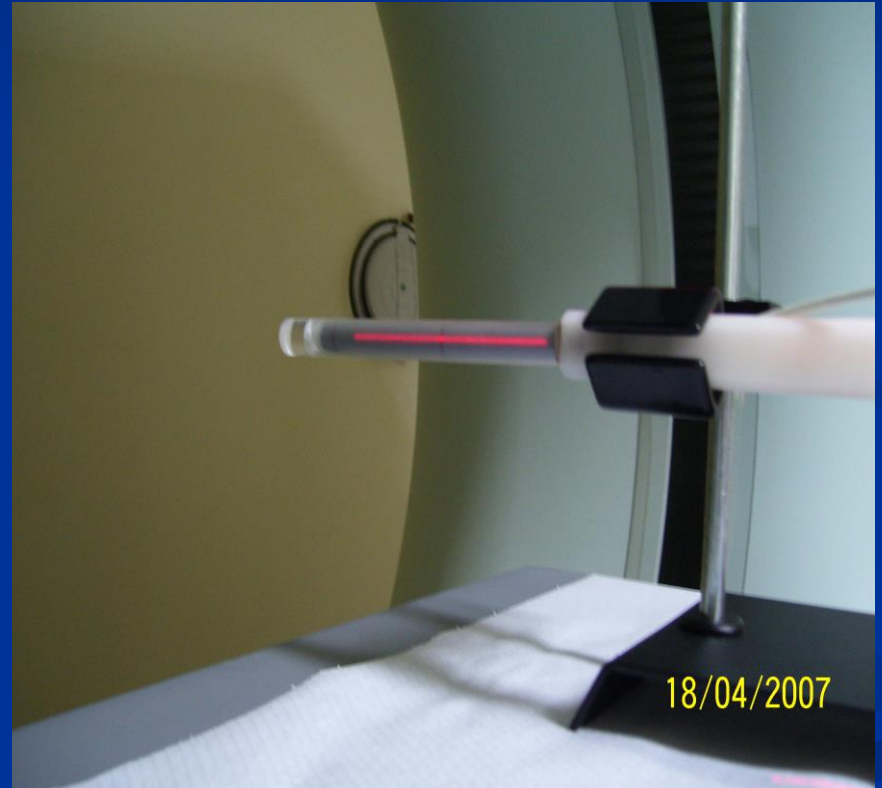
❖ *Doz Uzunluk Ürünü*

$$DLP = CTDI_{Vol} \times Taranan Alan$$

Üretici tarafından önerilen ve bölümde rutin olarak kullanılan tüm kafa ve vücut protokolleri için hesaplanmıştır

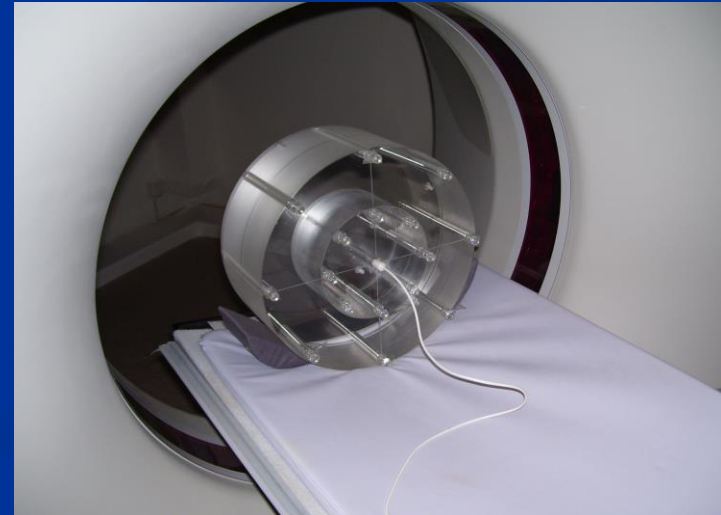
1) Havadaki CTDI

- ❖ Tüp çıkışı, demet kolimasyonu, odak boyutu ve demet filtrasyonu hakkında bilgi sahibi olmak ve referans bir değer
- ❖ Kalem tipi iyon odası ve destek
- ❖ İyon odası izomerkeze yerleştirilir
- ❖ Üretici tarafından önerilen ve bölümde kullanılan rutin kafa ve vücut protokolleri için 4 ölçüm yapılmıştır.



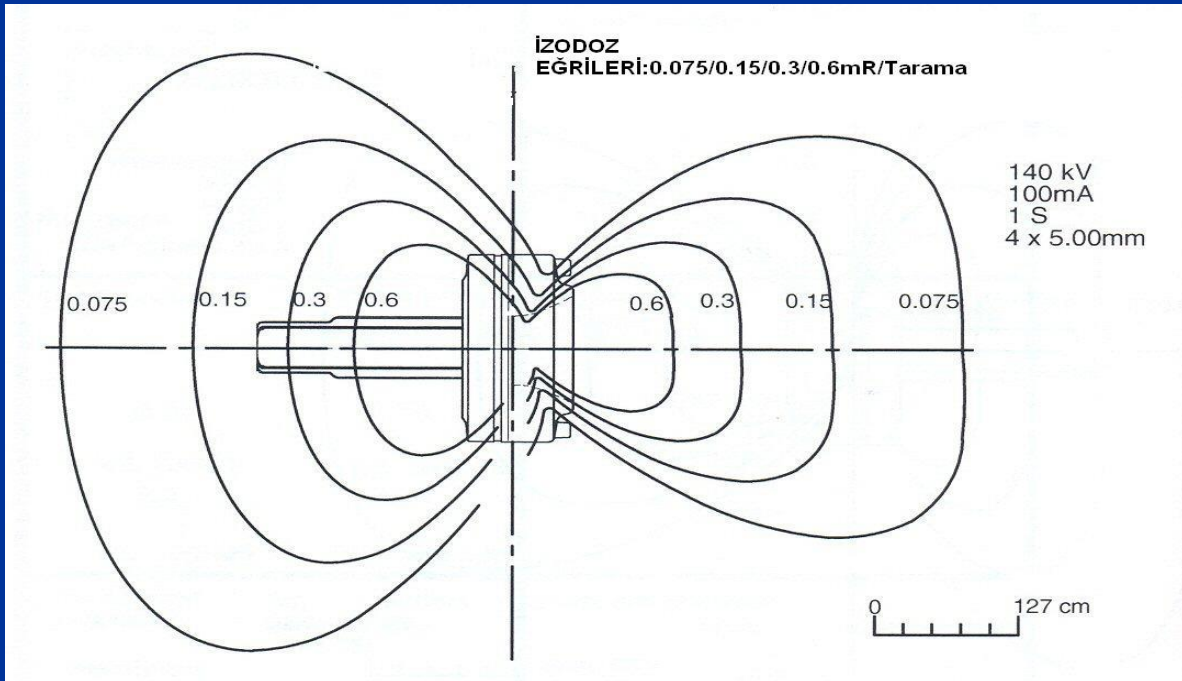
2) PMMA Fantomunda CTDI

- ❖ 16 ve 32 cm çaplı PMMA fantomları ve kalem tipi iyon odası
- ❖ Üretici tarafından önerilen ve bölümün kullandığı rutin kafa ve vücut protokollerinde ölçüm yapılır
- ❖ Fantomun merkezi gantrinin izomerkezi ile çakıştırılır
- ❖ Üretici tarafından verilen referans değerlerden $\pm$ % 20'lik sapma kabul sınırıdır
- ❖ EU DRL kafa 60 mGy, abdomen 35 mGy



3) Saçılan Radyasyon Doz Eğrisi

- ❖ Tomografi sistemi ile çalışan personelin(hemşire, teknisyen ve hekim) alabileceği muhtemel dozların hesaplanması
- ❖ Tüm üretici firmalar tomografi sistemlerinin, kafa ve vücut fantomları ile yapılmış saçılmış radyasyon doz eğrilerini tarama başına olacak şekilde çeşitli uzaklıklarda verirler



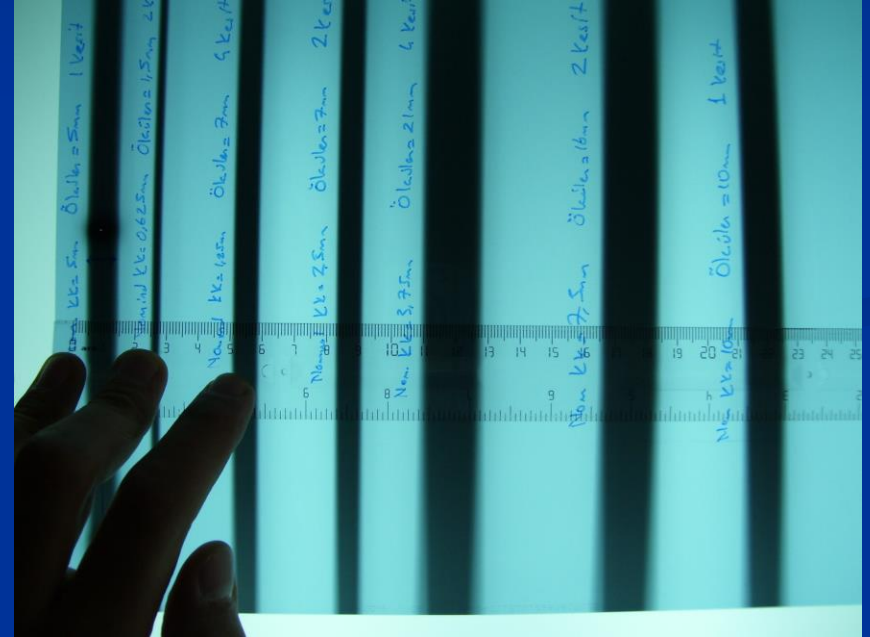
Saçılan Radyasyon Doz Eğrisi

- ❖ *180 cc hacimli iyon odası, 32 cm çaplı PMMA fantomu, metre ve destek*
- ❖ *İyon odası hassas bölgesi fantoma bakacak şekilde, masadan en az 10 cm yukarıya*
- ❖ *İzomerkez-İyon odası 50 cm*
- ❖ *Teknik referans kitabı*



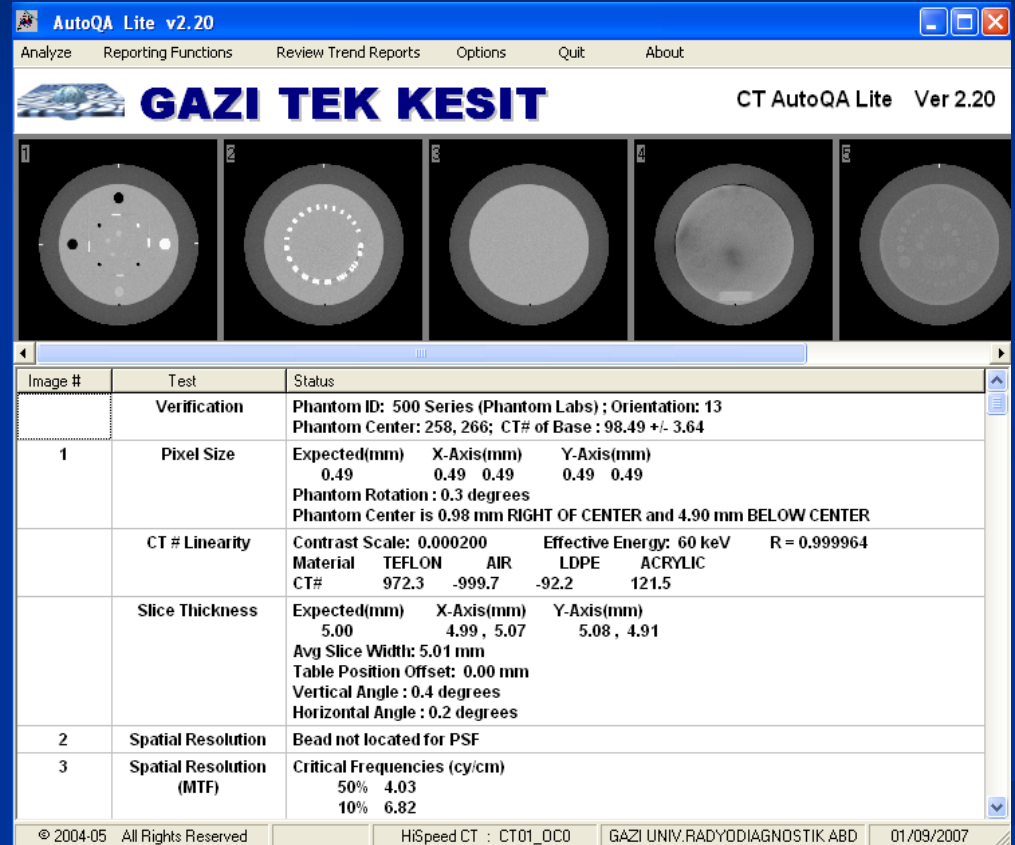
4) Kesit Hassasiyeti Doz Profili

- ❖ Kolimasyonun uygunluğunu test etmek için
- ❖ Işınlanmış kesit kalınlığı olarak da adlandırılır
- ❖ Radyoterapi filmi ve düz plaka
- ❖ Masa izomerkeze yükseltilir
- ❖ Tüm nominal kesit kalınlıklarında tek kesitlik taramalar yapılır
- ❖ Cetvel, mikrodensitometre veya film dijitizer
- ❖ Elde edilen kesit kalınlığı ile nominal değer karşılaştırılır
- ❖ Kabul sınır ± 1 mm'dir.



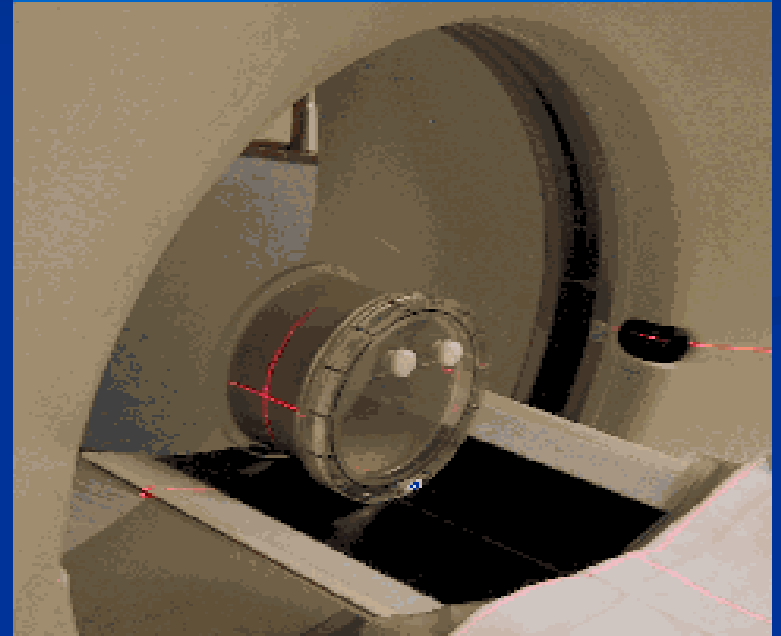
GÖRÜNTÜ KALİTE TESTLERİ

- ❖ Görüntü kalite testleri elde edilen kesit görüntüleri üzerine yapılır
- ❖ Sonuçların değerlendirilmesinde Iris Corp. AutoLiteQA v2.2 tomografi görüntü kalite değerlendirme yazılımı kullanılmıştır



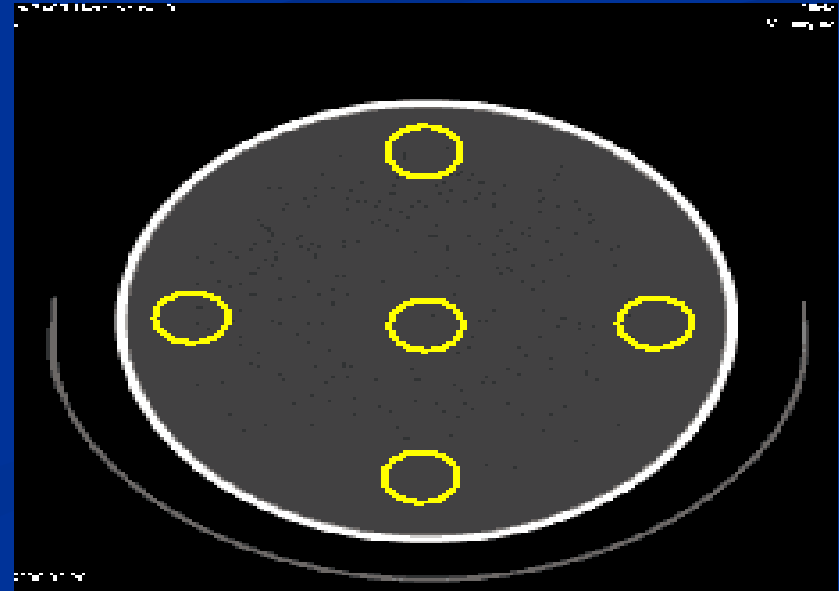
1) CT Numarası Tutarlılığı ve Gürültü

- ❖ *Homojen su fantomu*
- ❖ *Fantomun merkezi gantrinin izomerkezi ile çakıştırılır*
- ❖ *Üretici firmanın önerdiği ıslanlama parametreleri ile*
- ❖ *Değerlendirme en az 10 görüntü, merkeze en az 100 piksel ROI*
- ❖ *Tolerans sınırları,*
 - *Her görüntüde CT numaraları ± 10 HU*
 - *Birbirini takip eden görüntülerde fark ± 1 HU*
 - *Gürültü üretici firmanın verdiği değer ile karşılaştırılır*



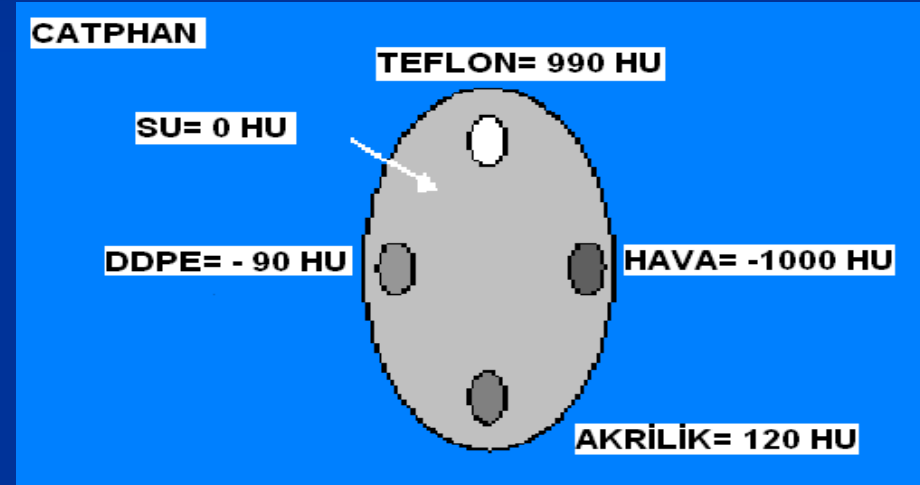
2) CT Numarası Doğruluğu

- ❖ *CT numarası tutarlılığı testinde kullanılan aynı görüntüler kullanılır*
- ❖ *Kenarlarda en az 4 yere ROI çizilerek*
- ❖ *Merkez ile kenarlar arasındaki CT numarası farkı araştırılır*
- ❖ *Tolerans sınırı ± 5 HU'dir*



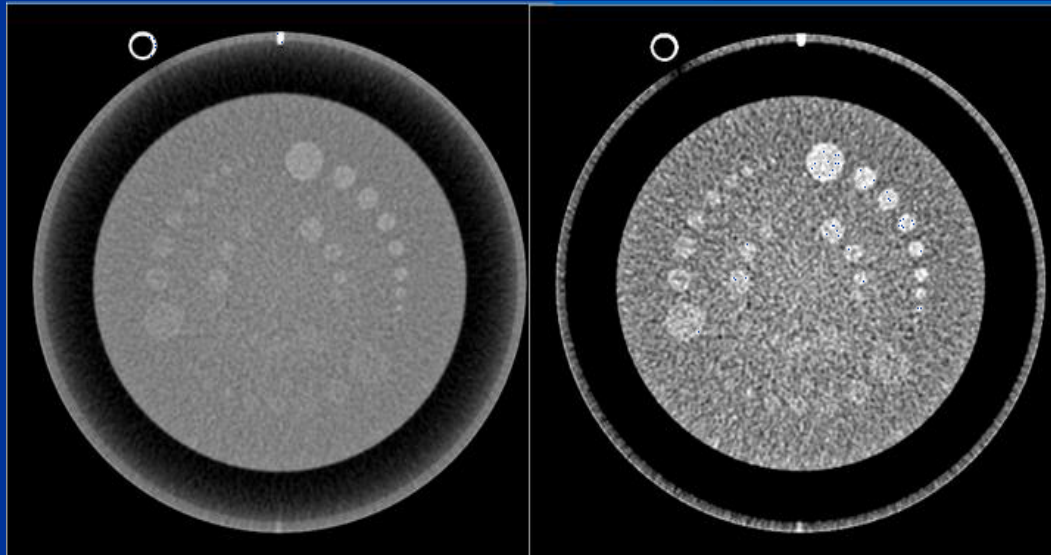
3) CT Numarası Doğrusallığı

- ❖ CT numarası bilinen bir materyalin, beklenen CT numarası ile elde edilen CT numarası uyum içerisinde olmalıdır
- ❖ Catphan 500, CTP 401 modülü hava, akrilik, düşük densite polietilen ve teflon yapılar içerir
- ❖ Üretici firmanın önerdiği ışınlama parametreleri
- ❖ ROI, değerlendirme
- ❖ Tolerans Sınırı: Bilinen CT numarasının $\pm$ % 5'dir



4) Düşük Kontrast Ayırma Gücü

- ❖ Testin amacı sistemin ayırma gücü sınırının üzerindeki ancak ayırt edilebilen düşük kontrasttaki objelerin ayırma gücünün belirlenmesidir
- ❖ Catphan 500, CTP 515 düşük kontrast modülü
% 1, % 0.5, % 0.3 obje kontrastında 15-3 mm boyutlarında objeler içerir
- ❖ Üretici firmanın önerdiği ışınlama parametreleri ile fantom taranır



Düşük Kontrast Ayırma Gücü

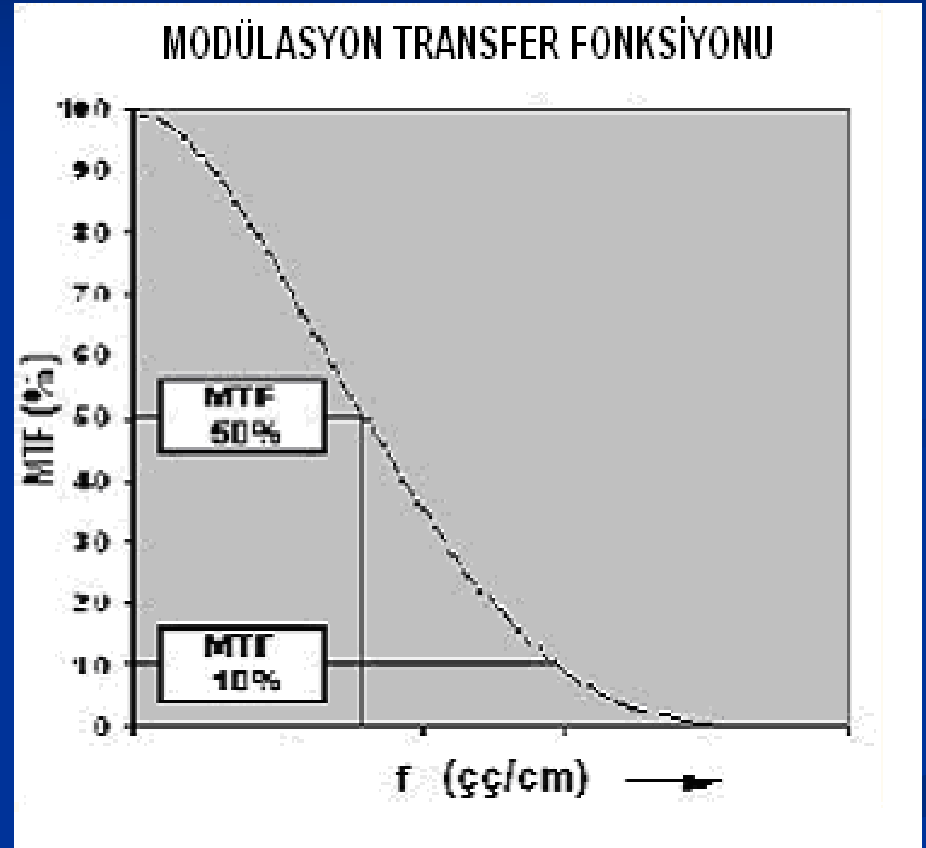
- ❖ *Görsel olarak değerlendirilebileceği gibi, AutoLite yazılımı ile obje çapı başına % kontrast olarak da hesaplanabilir*
- ❖ *Üretici firmanın verdiği referans değer ile karşılaştırma yapılır*
- ❖ *Manual hesaplanması için önce gürültü hesaplanmalı daha sonra her objenin üstüne dairesel ROI'ler çizerek, % fark hesabından hesaplanmalıdır*

5) Yüksek Kontrast Ayırma Gücü

- ❖ Testin amacı, sistemin yüksek obje kontrastına sahip objeleri ayırt edebilme gücünün belirlenmesidir
- ❖ Yüksek kontrast ayırma gücü görsel ve nümerik olarak değerlendirilir
- ❖ Tomografide yüksek kontrast ayırma gücü çç/cm olarak ifade edilir
- ❖ Görsel değerlendirme gözün ancak ayırt edebildiği çç/cm deseninin belirlenmesi, nümerik olarak MTF (Modülasyon Transfer Fonksiyonu)'nun hesaplanması ile değerlendirilir

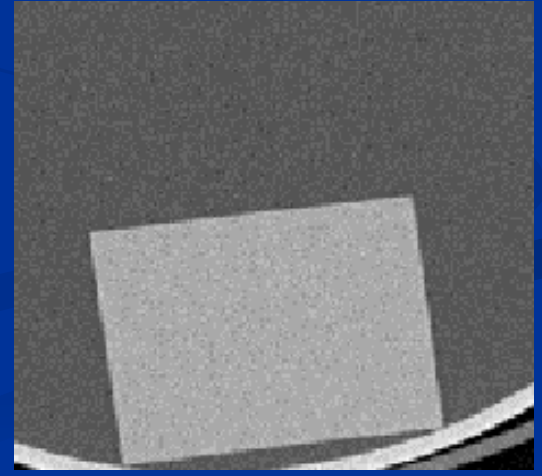
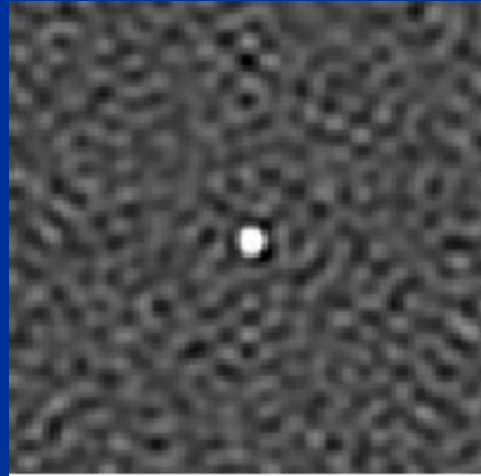
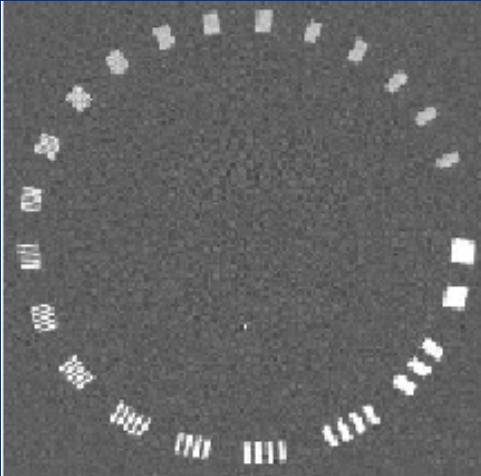
Yüksek Kontrast Ayırma Gücü

- ❖ *MTF kabaca tüm uzaysal frekans aralığında kayıt edilen bilginin, toplam bilgiye oranıdır*
- ❖ *Hesaplanan MTF'nun % 50, % 10 ve % 2 değerleri not edilir*
- ❖ *Görsel değerlendirmede elde edilen çç/cm değeri ile MTF'nun % 2'sinden elde edilen çç/cm değeri tutarlı olmalıdır*



Yüksek Kontrast Ayırma Gücü

- ❖ *Catphan 500, CTP 528 modülü*
- ❖ *Üretici firmanın önerdiği ışınlama parametreleri ile fantom taranır*
- ❖ *Çizgi çifti deseninden görsel değerlendirme*
- ❖ *Nokta veya kenar objelerin MTF hesabı yapılır*
- ❖ *Üretici firmanın verdiği referans değer ile karşılaştırma yapılır*

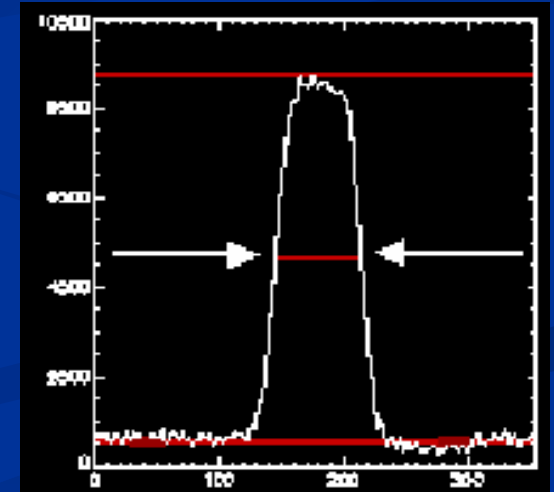
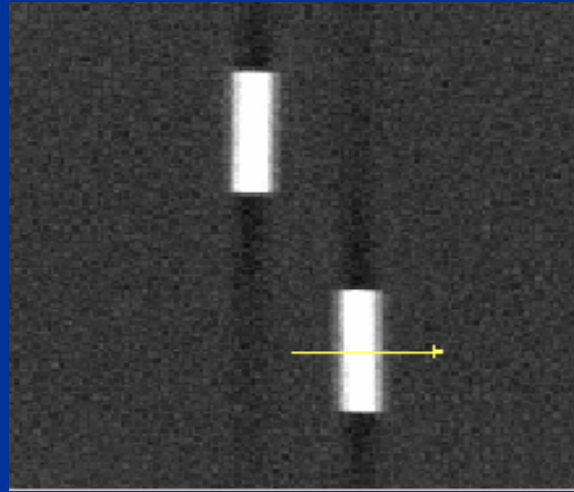
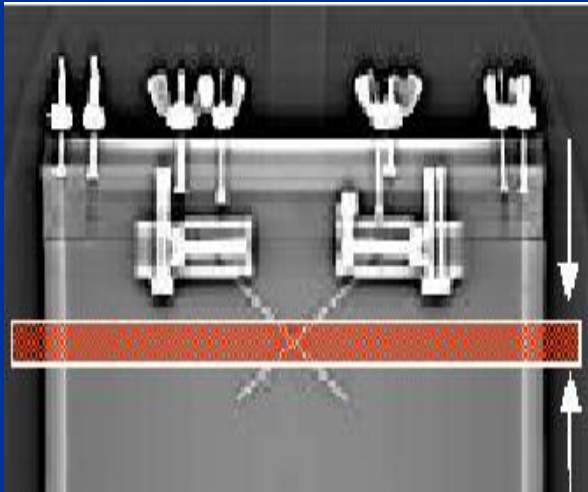


6) Görüntülenmiş Kesit Kalınlığı

- ❖ Amaç Z eksenı boyunca ayırma gücünün dolayısıyla kesit kalınlığının ölçülmesidir*
- ❖ Tipik olarak Z eksenı boyunca kesit profilinin FWHM(Yarı Yükseklik Tam Genişliği) ile ifade edilir*
- ❖ Z eksenı ile bilinen bir açı yapan eğimli metal plakalardan elde edilen görüntülerden hesaplanır*

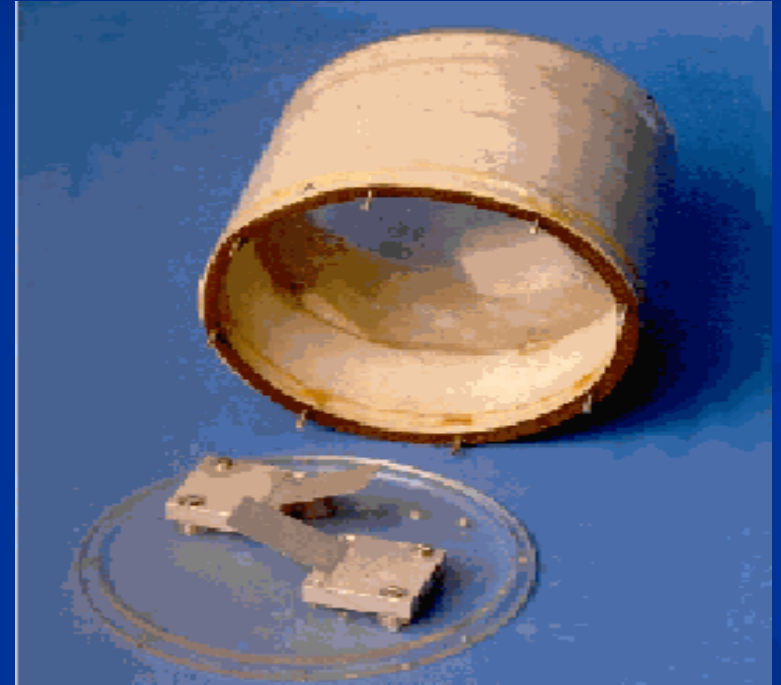
Görüntülenmiş Kesit Kalınlığı

- ❖ Basit bir trigonometrik hesaptır
- ❖ Z ekseni ile açı yapan metaller görüntülerinin üzerine çizilen ROI'lerden elde edilen FWHM'un eğim açısının tanjantı ile çarpılması ile hesaplanır



Görüntülenmiş Kesit Kalınlığı

- ❖ Catphan 500, CTP 401 modülünde 4 adet eğimli metal plaka mevcuttur
- ❖ Fantom tüm kesit kalınlıkları için üretici firma tarafından önerilen 151nlama parametreleri ile taranır
- ❖ Ölçülen kesit kalınlıkları, nominal değerleri ile karşılaştırılır
- ❖ Kabul sınırı ± 1 mm'dir



KAYNAK ARAŞTIRMASI

YAYIN	İNCELENEN KONU
<i>Kalendar, W.A. 2000</i>	<i>Sistemin genel yapısı</i>
<i>Beutel, J. 2000</i>	<i>Sistemin genel yapısı</i>
<i>McCollough, C.H. 2000</i>	<i>Tüm kalite kontrol testleri</i>
<i>McCollough, C.H. 1994</i>	<i>Kesit hassasiyeti doz profili</i>
<i>Gupta, A.K. 2003</i>	<i>Düşük kontrast ayırma gücü</i>
<i>Clarke, J. 2000</i>	<i>EC referans doz değerleri</i>
<i>Koller, C.J. 2003</i>	<i>Havadaki CTDI, Ağırlıklı CTDI</i>
<i>Hatzioannou, K. 2003</i>	<i>Normalize CTDI, DLP</i>
<i>Anonymous 1997 IPEM Report No.77</i>	<i>Yöntem, Kabul Sınırları, Sıklık</i>
<i>Anonymous 2002 AAPM Report No.74</i>	<i>Yöntem, Kabul Sınırları, Sıklık</i>
<i>Anonymous 1994 IEC Report No.1223-2-6</i>	<i>Kabul Sınırları, Sıklık</i>
<i>Anonymous 1989 NCRPM Report No.99</i>	<i>Yöntem, Kabul Sınırları, Sıklık</i>
<i>Anonymous 2000 UNSCEAR Annex D</i>	<i>Toplumsal Işınlama %'leri Kollektif Doz</i>
<i>www.impactscan.org</i>	<i>Yöntem</i>

BULGULAR ve ANALİZ

	Marka-Model Kurulum Tarihi	Detektör Tipi	kV	mA	Nominal Kesit Kalınlıkla rı
S1	GE HiSpeed 1998	Sintilasyon Tek Kesitli	80-140	40-400	1,3,5,7,10
S2	Toshiba Asteion 2006	Xenon Gaz Tek Kesitli	80-140	80-400	1,3,5,7,10
S3	Siemens Somatom Emotion Duo 2006	Sintilasyon İki Kesitli	80-130	30-180	1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 8, 10
S4	Siemens Somatom Emotion Duo 2005	Sintilasyon İki Kesitli	80-130	30-180	1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 8, 10
S5	GE LightSpeed 2000	Sintilasyon Sekiz Kesitli	80-140	10-440	0,625, 1, 1.75, 2, 3, 5, 7, 10
S6	GE LightSpeed 2006	Sintilasyon Sekiz Kesitli	80-140	10-440	0,625, 1, 1.75, 2, 3, 5, 7, 10
S7	Toshiba Asteion4 2007	Sintilasyon Dört Kesitli	80-135	10-440	0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10

Mekanik Test Sonuçları

	İ.T.P.I.T.D.U.T. ¹	K.S.H.I.U.T. ²	A.H.T. ³	H.H.T. ⁴
S1	İğne delikleri ile tarama düzlemi tam kesişmektedir.	Alt-Üst= 6,7 mm Sağ-Sol= 0,6 mm (76 görüntüde)	5 kesitlik taramada 3 mm'lik eşit aralıklar	Kabul sınırları içinde
S2	İğne delikleri ile tarama düzlemi tam kesişmektedir.	Tam merkezde (60 görüntüde)	5 kesitlik taramada 3 mm'lik eşit aralıklar	Kabul sınırları içinde
S3	Maksimum Sapma + 1mm	Tam merkezde (20 görüntüde)	5 kesitlik taramada 3 mm'lik eşit aralıklar	Kabul sınırları içinde
S4	İğne delikleri ile tarama düzlemi tam kesişmektedir	Tam merkezde (20 görüntüde)	5 kesitlik taramada 3 mm'lik eşit aralıklar	Kabul sınırları içinde
S5	İğne delikleri ile tarama düzlemi tam kesişmektedir	Tam merkezde (20 görüntüde)	3 kesitlik taramada 4 mm'lik eşit aralıklar	Kabul sınırları içinde
S6	İğne delikleri ile tarama düzlemi tam kesişmektedir	Tam merkezde (20 görüntüde)	4 kesitlik taramada 10 mm'lik eşit aralıklar	Kabul sınırları içinde
S7	İğne delikleri ile tarama düzlemi tam kesişmektedir.	Tam merkezde (40 görüntüde)	5 kesitlik taramada 8 mm'lik eşit aralıklar	Kabul sınırları içinde

¹ İ.T.I.T.D.U.T. İç tarama pozisyonlama ışığı ve tarama düzlemi uyum testi

² K.S.H.I.U.T. Koronal ve sagittal hizalam ışıkları uyum testi

³ A.H.T. Aksiyel hareket testi

⁴ H.H.T. Helikal hareket testi

Mekanik Test Sonuçları

Masa Uzaklık Gösterici Doğruluğu Testi

	Gösterge(cm)	Ölçülen(cm)	ÖlçülenFark(cm)	Kabul Sınırı(cm)
S1	İçtenDışa=169,9	İçtenDışa=171,3	+ 1,4	$\pm 1,71$
	Dıştanİçe=136,5	Dıştanİçe=137,5	+ 1,15	$\pm 1,37$
S2	İçtenDışa=100,4	İçtenDışa=100	+ 0,4	± 1
	Dıştanİçe=100,4	Dıştanİçe=100,2	+ 0,2	± 1
S3	İçtenDışa=111,5	İçtenDışa=111,5	0	$\pm 1,1$
	Dıştanİçe=111,5	Dıştanİçe=111,5	0	$\pm 1,1$
S4	İçtenDışa=117,95	İçtenDışa=118	+ 0,05	$\pm 1,18$
	Dıştanİçe=117,95	Dıştanİçe=118	+ 0,05	$\pm 1,18$
S5	İçtenDışa=111,5	İçtenDışa=111,5	0	$\pm 1,1$
	Dıştanİçe=111,5	Dıştanİçe=111,5	0	$\pm 1,1$
S6	İçtenDışa=130	İçtenDışa=130	0	$\pm 1,3$
	Dıştanİçe=130	Dıştanİçe=130	0	$\pm 1,3$
S7	İçtenDışa=144,45	İçtenDışa=144,5	+ 0,05	$\pm 1,44$
	Dıştanİçe=144,45	Dıştanİçe=144,5	+ 0,05	$\pm 1,44$

Mekanik Test Sonuçları

Gantri Eimi Testi

	Gantriye Verilen Aç		Ölçülen Aç		Kabul Sınırı
	İçe Doğru	Dışa Doğru	İçe Doğru	Dışa Doğru	
S1	18,5 ⁰	22 ⁰	18 ⁰	22 ⁰	± 3 ⁰
S2	30 ⁰	30 ⁰	30 ⁰	30 ⁰	± 3 ⁰
S3	30 ⁰	30 ⁰	30 ⁰	31,5 ⁰	± 3 ⁰
S4	30 ⁰	30 ⁰	29 ⁰	30 ⁰	± 3 ⁰
S5	18,5 ⁰	22 ⁰	18,5 ⁰	21 ⁰	± 3 ⁰
S6	-	-	-	-	± 3 ⁰
S7	30 ⁰	30 ⁰	30 ⁰	30 ⁰	± 3 ⁰

Dozimetri

Kafa Protokolleri I ınlama Parametreleri

	Protokol	kVp	mA	Rot.Sür. ¹	Kes.Kal. ²	Pitch
S1	Önerilen	120	340	1 sn	10 mm	1
	Bölümde Kullanılan	140	180	2 sn	5 mm	1
S2	Önerilen	-	-	-	-	-
	Bölümde Kullanılan	120	100	1 sn	5 mm	1
S3	Önerilen	130	140*	1.5 sn	8 mm	0,85
	Bölümde Kullanılan	130	120*	1.5 sn	3 mm	1
S4	Önerilen	-	-	-	-	-
	Bölümde Kullanılan	130	225	-	3 mm	1
S5	Önerilen	120	260	1 sn	5 mm	1
	Bölümde Kullanılan	140	220	2 sn	3.75 mm	1
S6	Önerilen	120	260	1 sn	5 mm	1
	Bölümde Kullanılan	140	135	0.8 sn	3.75 mm	1.675
S7	Önerilen	120	100	1 sn	5 mm	1
	Bölümde Kullanılan	120	200	1.5 sn	4 mm	1

¹ Rotasyon Süresi

² Kesit Kalınlı ı

* Hasta kalınlı ına göre otomatik de i en mAs, Efektif mAs

Dozimetri

Vücut Protokolleri I ınlama Parametreleri

	Protokol	kVp	mA	Rot.Sür. ¹	Kes.Kal. ²	Pitch
S1	Önerilen	120	340	1 sn	10 mm	1
	Bölümde Kullanılan	120	210	1 sn	10 mm	1
S2	Önerilen	-	-	-	-	-
	Bölümde Kullanılan	120	100	1 sn	10 mm	1
S3	Önerilen	130	100	1 sn	8 mm	2
	Bölümde Kullanılan	110	90*	1 sn	8 mm	2
S4	Önerilen	-	-	-	-	-
	Bölümde Kullanılan	110	77*	0.8 sn	8 mm	0,875
S5	Önerilen	120	260	1 sn	5 mm	1
	Bölümde Kullanılan	120	350	0.5 sn	7.5 mm	0,875
S6	Önerilen	120	260	1 sn	5 mm	1
	Bölümde Kullanılan	140	75	0.8 sn	5 mm	1.675
S7	Önerilen	120	100	1 sn	5 mm	1
	Bölümde Kullanılan	120	250	0.75 sn	3 mm	1.25

¹ Rotasyon Süresi

² Kesit Kalınlı 1

* Hasta kalınlı ına göre otomatik de i en mAs, Efektif mAs

Dozimetri Sonuçları

Havadaki CTDI

	Önerilen Protokol		Bölümde Kullanılan Protokol	
	Kafa(mGy)	Vücut(mGy)	Kafa(mGy)	Vücut(mGy)
S1	49,21	48,46	74,78	29,71
S2	-	-	-	-
S3	30,83	4,383	26,58	3,219
S4	-	-	19	33,8
S5	59,22	50,18	125,6	41,01
S6	47,6	49,87	20,32	11,22
S7	32,83	25,03	93,26	50,86

Dozimetri Sonuçları

16 cm PMMA fantomunda Kafa çalı ması için üretici firma tarafından önerilen protokol ölçümleri ile referans değerlerin karşılaştırılması

	Referans Değerler CTDI ₁₀₀ (mGy)					Ölçülen Değerler CTDI ₁₀₀ (mGy)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
S1	40	40	40	40	40	24,1*	26,6*	24,4*	22,9*	24,9*
S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	10,49- 19,47	12,88 - 23,92	12,88- 23,92	12,88- 23,92	12,88 - 23,92	21,63*	23,72	23,15	-	23,55
S4	10,49- 19,47	12,88 - 23,92	12,88- 23,92	12,88- 23,92	12,88 - 23,92	-	-	-	-	-
S5	36,51	39,84	39,84	39,84	39,84	37,49	36,6	38,0	39,3	37,9
S6	36,51	39,84	39,84	39,84	39,84	37,66	43,15	42,83	41,0	42,83
S7	20,18	23,87	22,42	21,31	23,04	19,18	20,71	19,91	19,92	20,04

Dozimetri Sonuçları

32 cm PMMA fantomunda Vücut çalı ması için üretici firma tarafından önerilen protokol ölçümleri ile referans de erlerin kar ıla tırılması

	Referans Değerler CTDI ₁₀₀ (mGy)					Ölçülen Değerler CTDI ₁₀₀ (mGy)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
S1	11	20	20	20	20	9,2*	20,5	19,6	16,6	19,7
S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	2,94- 5,46	7,15- 13,27	7,15- 13,27	7,15- 13,27	7,15- 13,27	4,97	10,02	9,61	8,48	9,6
S4	2,94- 5,46	7,15- 13,27	7,15- 13,27	7,15- 13,27	7,15- 13,27	-	-	-	-	-
S5	10,42	24,5	24,5	24,5	24,5	11,34	22,8	23,06	19,56*	22,18
S6	10,42	24,5	24,5	24,5	24,5	8,3*	15,46*	14,96*	12,85*	15,57*
S7	5,99	13,59	13,36	11,92	13,55	5,3	10,53*	10,81*	9,26*	10,42*

Dozimetri Sonuçları

16 cm PMMA fantomunda Kafa çalı ması için a ırlıklıl CTDI, a ırlıklı normalize CTDI, hacimsel CTDI ve DLP hesaplamaları

	Önerilen Protokol				Bölümde Kullanılan Protokol			
	CTDI _w (mGy)	_n CTDI _w (mGy/mAs)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)	CTDI _w (mGy)	_n CTDI _w (mGy/mAs)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)
S1	24,4	0,0717	24,4	366	45,29	0,1258	45,29	498.2
S2	-	-	-	-	22,46	0,224	22,46	224.6
S3	22,86	0,108	26,89	268.9	19,65	0,164	19,65	196.5
S4	-	-	-	-	50,66	0,200	50,66	532
S5	37,79	0,581	37,79	377.9	91,55*	0,832	91,55	961.3
S6	40,85	0,628	40,85	612.8	9,48	0,175	5,66	85.1
S7	19,18	0,767	19,18	191.8	58,96	0,786	58,96	556

Dozimetri Sonuçları

32 cm PMMA fantomunda Vücut çalı ması için a ırlıklı CTDI, a ırlıklıl normalize CTDI, hacimsel CTDI ve DLP hesaplamaları

	Önerilen Protokol				Bölümde Kullanılan Protokol			
	$CTDI_w$ (mGy)	${}_nCTDI_w$ (mGy/mAs)	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy.cm)	$CTDI_w$ (mGy)	${}_nCTDI_w$ (mGy/mAs)	$CTDI_{vol}$ (mGy)	DLP (mGy.cm)
S1	15,84	0,046	15,84	190.1	9,11	0,046	9,11	109.3
S2	-	-	-	-	69,75*	0,697	69,75	697.5
S3	7,94	0,079	3,97	79.4	4,69	0,052	2,345	23.45
S4	-	-	-	-	53,42*	0,693	61,05	555.6
S5	18,38	0,282	18,38	174.6	14,98	0,342	17,12	166.9
S6	12,57	0,193	12,57	119.4	1,91	0,636	1,14	17.113
S7	8,59	0,343	8,59	85.9	14,91	0,317	11,93	119.3

Dozimetri Sonuçları

Saçılan Radyasyon Doz E risi

	Referans Değer	Ölçülen Değer	Ölçüm Koşulları
S1	26,1 µGy/Tarama	56 µGy/Tarama	kVp: 140, mA:340 Rot.Süresi: 1sn Kesit Kalınlığı=10mm
S2	-	3,34 µGy/Tarama	kVp: 120, mA:200 Rot.Süresi: 1sn Kesit Kalınlığı=10mm
S3	150 µGy/Tarama	140 µGy/Tarama	kVp: 130, mA:129 Rot.Süresi: 1sn Kesit Kalınlığı=5mm
S4	-	-	-
S5	5,2 µGy/Tarama	7,6 µGy/Tarama	kVp: 140, mA:100 Rot.Süresi: 1sn Kesit Kalınlığı=5mm
S6	5,2 µGy/Tarama	5,8 µGy/Tarama	kVp: 140, mA:100 Rot.Süresi: 1sn Kesit Kalınlığı=5mm
S7	10 µGy/Tarama	16,64 µGy/Tarama	kVp: 120, mA:300 Rot.Süresi: 1sn Kesit Kalınlığı=8mm

Dozimetri Sonuçları

Kesit Hassasiyeti Doz Profili ve Görüntülenmi Kesit Kalınlı 1

			Ölçülen	
	Nom.Kes.Kal. ¹	Kabul Sınırı	Kes. Has. ²	Gör.Kes.Kal. ³
S1	1	0-2	2	-
	3	2-4	4	3,09
	5	4-6	5	5,01
	7	5-8	-	7
	10	9-11	10	9,87
S2	1	0-2	2	1,13
	2	1-3	3	2,15
	3	2-4	4	2,33
	5	4-6	5	4,36
	7	6-8	7	6,44
	10	8-11	10	9,7
S3	1	0-2	1	1,42
	1,25	0,25-2,25	2	1,63
	2	1-3	2	2,12
	3	2-4	4	3,1
	5	4-6	6	4,97
	8	7-9	8	7,74
	10	8-11	10	9,1

Dozimetri Sonuçları

Kesit Hassasiyeti Doz Profili ve Görüntülenmi Kesit Kalınlı 1

S4	1	0-2	1,5	1,39
	1,5	0,5-2,5	2	-
	2	1-3	3	-
	2,5	1,5-3,5	2,5	-
	3	2-4	3,5	2,94
	4	3-5	4	-
	5	4-6	5	4,93
	8	7-9	-	7,58
S5	0,625	0-1,625	0,75	0,98
	1,25	0,25-2,25	1,75	1,16
	2,5	1,5-3,5	3,5	2,42
	3,75	2,75-4,75	4,75	3,65
	5	4-6	5	4,91
	7,5	6,5-8,5	8	7,4
	10	9-11	10	9,58

Dozimetri Sonuçları

Kesit Hassasiyeti Doz Profili ve Görüntülenmi Kesit Kalınlı 1

S6	0,625	0-1,625	0,75	1,04
	1,25	0,25-2,25	3*	1,14
	2,5	1,5-3,5	3,5	2,41
	3,75	2,75-4,75	3,75	3,66
	5	4-6	5	4,88
	7,5	6,5-8,5	7,5	7,49
	10	9-11	10	9,84
S7	0,5	0-1,5	1	0,73
	1	0-2	1,25	1,03
	2	1-3	2,25	1,97
	3	2-4	4	2,89
	4	3-5	4	3,7
	5	4-6	5	4,7
	8	7-9	8	7,64
	10	9-11	10	9,69

Görüntü Kalite Testleri Sonuçları

CT Numarası Tutarlılı 1 Testi ve Gürültü

	Ref.Değ. (HU) ¹	CT Num. ²	Ref. Değ. B.T.E.G. CT.N.T.(HU) ³	B.T.E.G. CT.N.T ⁴	Gürültü Ref.Değ.(HU)	Gürültü Ölçülen
S1	± 10	11 – 12*	± 1	1	3,4 $\pm$ 0,4	3,078
S2	± 10	12 – 17*	± 1	5*	-	3,92
S3	± 10	14 – 15*	± 1	1	2,4	2,73
S4	± 10	2	± 1	0	2,4	1,41*
S5	± 10	3 - 4	± 1	1	3	2,4*
S6	± 10	2	± 1	0	3	3,21
S7	± 10	2 - 3	± 1	1	% 0.5 $\leq$	% 0,44

¹ Referans Değer.

² 10 görüntüde merkeze çizilen ilgi alanlarında elde edilen minimum ve maksimum CT numaraları.

³ Referans Değer Birbirini takip eden görüntülerde CT numarası tutarlılı 1.

⁴ Referans Değer Birbirini takip eden görüntülerde CT numarası tutarlılı 1.

Görüntü Kalite Testleri Sonuçları

CT Numarası Doğruluğu

	CT.Num.Doğ. Tol.(HU)	CT Num.Doğ. Ölçülen
S1	± 5	+1
S2	± 5	+0,8
S3	± 5	+1
S4	± 5	+1
S5	± 5	-3
S6	± 5	+1
S7	± 5	-2

Görüntü Kalite Testleri Sonuçları

CT Numarası Do rusallı 1

	Tolerans (HU)				Ölçülen (HU)			
	Hava	D.D.P.E.	Akrilik	Teflon	Hava	D.D.P.E.	Akrilik	Teflon
S1	-950/ -1050	-85/-125	114/126	940/1040	-999,7	-92,2	121,5	972,3
S2	-950/ -1050	-85/-125	114/126	940/1040	-1092,3*	-109,8	124	1047,4*
S3	-950/ -1050	-85/-125	114/126	940/1040	-1004	-92	122,6	1390*
S4	-950/ -1050	-85/-125	114/126	940/1040	-991	-84	128	959
S5	-950/ -1050	-85/-125	114/126	940/1040	-976,1	-91	118,6	940
S6	-950/ -1050	-85/-125	114/126	940/1040	-974,5	-89	122,1	954,3
S7	-950/ -1050	-85/-125	114/126	940/1040	-1007,3	-105,5	115,6	956,5

Görüntü Kalite Testleri Sonuçları

Düşük Kontrast ve Yüksek Kontrast Ayırma Gücü

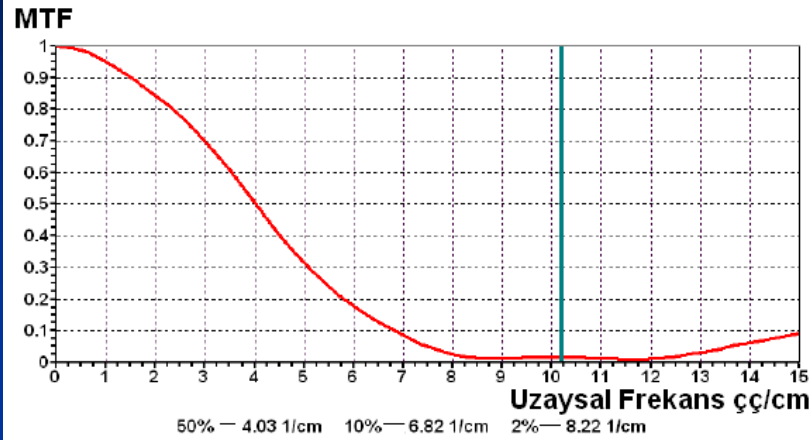
	Referans Değer		Tolerans		Ölçülen Değer	
	Düş.Kon. (3mmçap %)	Yük.Kon (çç/cm)	Düş.Kon. (3mmçap%)	Yük.Kon (çç/cm)	Düş.Kon. (3mmçap %)	Yük.Kon (çç/cm)
S1	-	8	-	$\pm 10\%$ Ref.Değ.	0,37	8,22
S2	$\leq 62,5$	11	$\leq 62,5$	$\pm 10\%$ Ref.Değ	%49,30	11 ¹
S3	0,3	12,6	0,3	$\pm 10\%$ Ref.Değ	0,32	11,6
S4	0,3	14	0,3	$\pm 10\%$ Ref.Değ	0,67*	15 ²
S5	0,3	8	0,3	$\pm 10\%$ Ref.Değ	0,33	7,95
S6	0,3	8	0,3	$\pm 10\%$ Ref.Değ	0,37	8,21
S7	0,55	14,5	0,55	$\pm 10\%$ Ref.Değ	0,55	13 ³

¹ Ölçüm görsel yapılmı tır.

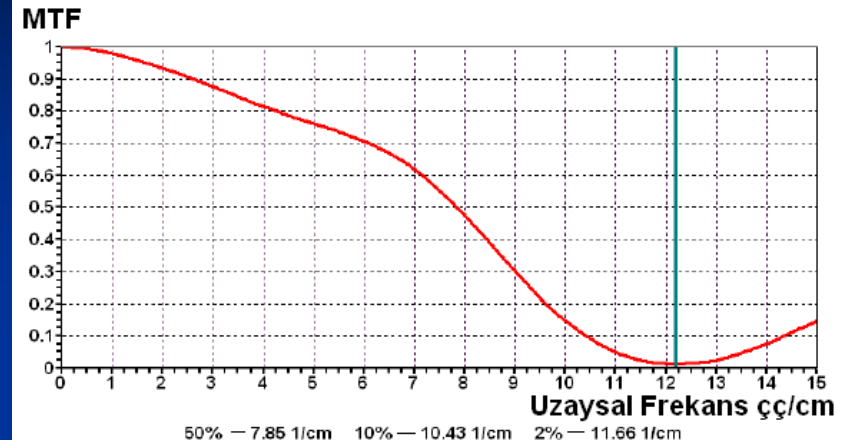
² Ölçüm görsel yapılmı tır.

³ Ölçüm görsel yapılmı tır.

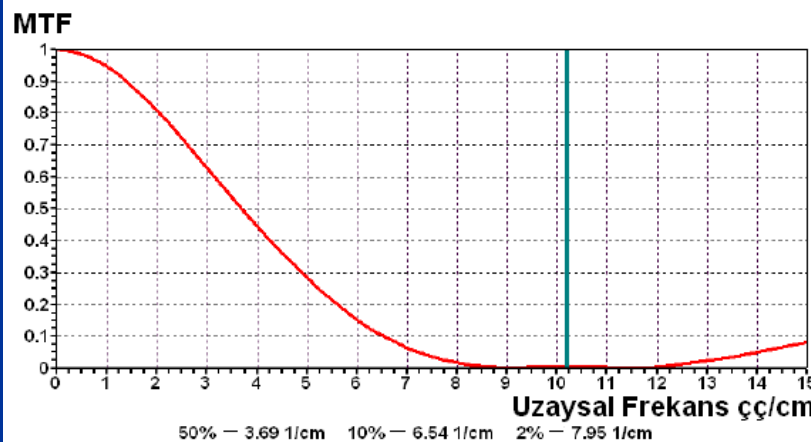
Görüntü Kalite Testleri Sonuçları



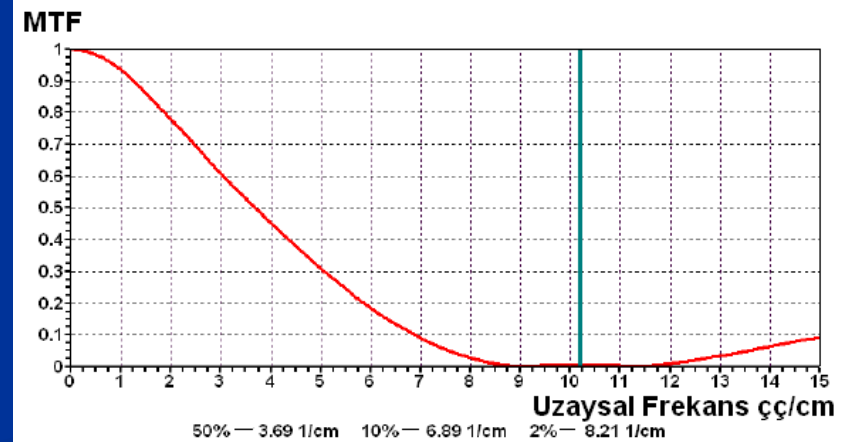
S1'e ait MTF



S3'e ait MTF



S5'e ait MTF



S6'ya ait MTF

Testlerin Tekrarlanma Sıklığı

Test	Tekrarlanma Sıklığı	Referans
İç Tarama Pozisyonlama Işığı ve Tarama Düzlemi Uyum Testi	Bir veya Üç Ayda bir	IPEM Report No77
Koronal ve Sagital Hizalama Işıkları Uyum Testi	Bir veya Üç Ayda bir	IPEM Report No77
Aksiyel Hareket Testi	Bir veya Üç Ayda bir	IPEM Report No77
Helikal Hareket Testi	Bir veya Üç Ayda bir	IPEM Report No77
Masa Uzaklık Gösterici Doğruluğu Testi	Bir veya Üç Ayda bir	IPEM Report No77
Gantri Eğimi Doğruluğu Testi	Altı Ayda veya Yılda bir	IEC-1223-2-6
Havadaki CTDI	3 Ayda veya Altı Ayda bir	AAPM Report74
PMMA fantomunda CTDI	3 Ayda veya Altı Ayda bir	AAPM Report74
Saçılan Radyasyon Doz Eğrisi	Altı Ayda veya Yılda bir	McCollough, 2000
Kesit Hassasiyeti Doz Profili	Bir veya Üç Ayda bir	AAPM Report74
CT Numarası Tutarlılığı ve Gürültü	Her gün	IPEM Report No77
CT Numarası Doğruluğu	Bir veya Üç Ayda bir	IPEM Report No77
CT Numarası Doğrusallığı	Bir veya Üç Ayda bir	IPEM Report No77
Düşük Kontrast Ayırma Gücü	3 Ayda veya Altı Ayda bir	AAPM Report74
Yüksek Kontrast Ayırma Gücü	Bir veya Üç Ayda bir	IPEM Report No77
Görüntülenmiş Kesit Kalınlığı	Bir veya Üç Ayda bir	IPEM Report No77

SONUÇ ve YORUM

- ❖ *Ülkemizde bir ilk olan bu sonuçlar doğrultusunda*
- ❖ *Kabul testleri, zaman içerisinde ki problemler, bakım ve tamir sonrası sistemin durumu hakkında bilgi verir*
- ❖ *Hasta dozunun yüksekliği nedeniyle doz optimizasyonu şart*
- ❖ *Testlerin ve sistemin komplike yapısı nedeniyle, eğitilmiş uzman medikal fizikçi gereksinimi*
- ❖ *Ülkemizde bir ilk olan bu sonuçlar doğrultusunda*



TEŞEKKÜR EDERİM

