

# BİR GAMA KAMERANIN KURULUMU AŞAMASINDA TESPİT EDİLEN KRİSTAL VE FOTOÇOĞALTICI TÜP DEFİKTİNİN BİRLİKTELİĞİ

Serdar Sedat IŞIK<sup>1,2</sup>, Pelin ÖZCAN KARA<sup>2</sup>, Gonca KARA GEDİK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Fiziği Programı, Bilkent, Ankara-Türkiye

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp AD, Yenişehir, Mersin-Türkiye

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp AD, Selçuklu, Konya-Türkiye

## ÖZET

Gama kameraların kullanılabilir hale gelebilmeleri için kurulum aşamasında kabul kalite kontrol testlerinin yapılması gerekir. Kameranın özellikleri ve performansı kalite kontrol çalışmaları ile belirlenir. Gama kameralarda planar görüntü kalitesinin belirlenmesinde en önemli unsur günlük kalite kontrol çalışmalarıdır. Gama kamera sistemlerinin görüntü kalitesinin bozulmasına neden olan sistemin yapısından ve dışarıdan kaynaklanan birçok etken vardır. Ayrıca kameranın ana parçası olan talyum ile ihtiva edilmiş sodyum iyodür kristalleri mekanik ve termal darbelere karşı dayanıksız olup kolayca kırılabilir. Bir saat içindeki 3-5°C'lik sıcaklık değişikliklerinde çatlayabilir. Bu olgu sunumunda, kurulumu aşamasında gecikmeler olan bir hastanenin Nükleer Tıp bölümünde kristal ve fotoçoğaltıcı tüp defekti tespit edilen çift başlı gama kamera sisteminin kabul kalite kontrol testlerindeki bulguları takdim edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Nükleer Tıp, gama kamera, kalite kontrol, kristal defekti, homojenite

## SUMMARY

In order to make gama camera available, acceptance quality control tests should be made during installation. The characteristics and performance of the camera is determined by the quality control tests. The most important factor in determining the planar gama camera image quality is daily quality control studies. There are many factors including the structure of the system and arising from the outside that cause degradation of image quality. In addition, the main part of the gama camera contained with thallium activated sodium iodide crystals are susceptible to mechanical and thermal shock and fragile easily. Changes in temperature 3-5°C in one hour can crack it. In this case report, the findings of crystal and photomultiplier tube defects detected during the acceptance quality control tests of dual-head gama camera system in a hospital's Nuclear Medicine Department because of delays during the installation were presented.

**Key words:** Nuclear Medicine, gama camera, quality control, crystal defect, homogeneity

## GİRİŞ

Gama kameralar insan vücuduna verilen radyofarmasötiklerin dağılımını görüntülemeye yarayan araçlardır. Hastalıkların tanısına yönelik olarak doğru klinik bilgilerin elde edilmesi için görüntüleme sisteminin performansındaki değişimlerin hasta görüntülemesinden önce ortaya çıkartılması ve gerekli düzenlemelerin yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu işlemlerin tamamı kalite kontrol çalışmaları ile gerçekleştirilmektedir (1).

Nükleer Tıp uygulamalarında cihaz performansları ile ilgili kalite standartlarının sağlanması son derece önemlidir. Nükleer Tıp alanında görüntülemenin temel araçlarından birisi olan gama kameralarının düzenli olarak kalite kontrol testleri ile değerlendirilmesi doğru inceleme sonuçları elde

edebilmenin ve hatalı sonuçlardan kaçınabilmenin öncelikli koşuludur. Gama kameraların kalite kontrol işlemleri cihazların kurulumu aşamasında başlar. Bir gama kameranın kurulumunda yapılan ilk kontrol testleri 'kabul testleri' olarak adlandırılmaktadır. Kabul testleri, uluslararası standartlar ile belirlenen değerler içerisinde kalmak kaydıyla imalatçı firmalar tarafından bildirilir. Hangi kalite kontrol işlemlerinin ne kadar sıklıklarla uygulanması gerektiği çeşitli yönergelerde ele alınmış olsa da, her bir gama kameraya uygulanması gereken kalite kontrol işlemleri, kameranın teknik özelliklerine, kullanım biçimine ve kullanıldığı ortama göre değişkenlik gösterir. Tüm bu değişkenleri dikkate alarak her bir gama kamera için özel bir kalite kontrol programı oluşturulması gerekir. Cihazın kabulünden sonra elde edilen kontrol değerleri ilk standartlar ile karşılaştırılır. Elde edilen her bir kalite kontrol değerleri bir önceki değerler ile karşılaştırılır. Ayrıca tüm kalite kontrol testi sonuçlarının kaydedilmesi, kamera performansında meydana gelebilecek değişikliklerin saptanması ve sorunların giderilmesi bakımından önem taşır (2).

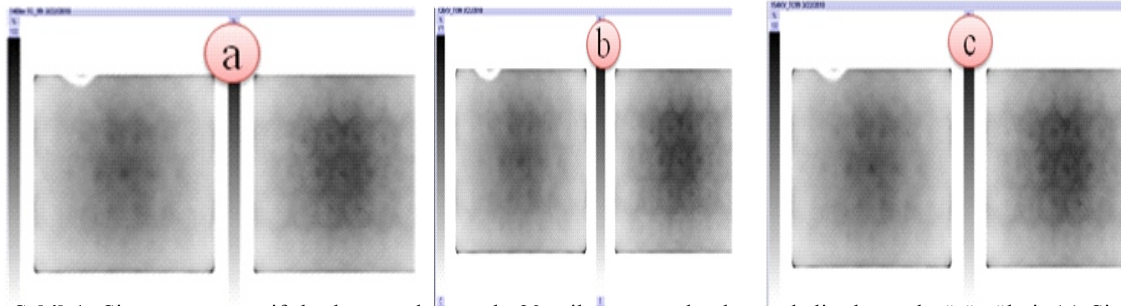
Bu olgu sunumunda yeni kurulan bir hastanenin Nükleer Tıp bölümünde faaliyete geçen ve kurulum aşamasında hem kristal hem de fotoçoğaltıcı tüp defekti tespit edilen çift başlı gama kamera sisteminin kabul kalite kontrol testlerindeki ilginç bulguları takdim edilmiştir.

### OLGUSUNUMU

Yeni kurulan bir hastanenin Nükleer Tıp bölümünün kurulması için yapılan ihale sonucu alınan çift başlı gama kamera sistemi hastane deposuna teslim edilmiştir. Ancak hastanenin kurulmasındaki gecikmeler nedeni ile gama kamera sistemi yıllar sonra kurulabilmiştir. İhale ve kameranın kurulması arasındaki uzun sürede cihaz hastane deposunda çok uygun olmayan şartlarda (ısı-sıcaklık, nem vb.) bekletilmiştir. Uygun olmayan ortamda uzun süre kurulmayı bekleyen

gama kamera sisteminin kristallerinde ve fotoçoğaltıcı tüplerinde telafisi mümkün olmayan sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Nükleer tıp bölümünde kurulması planlanan çift başlı gama kamera sisteminin kabul kalite kontrol testleri yapılırken intrinsek homojenite testlerinde kristal defekti tespit edilmiştir. Gama kamera sisteminin ilk kabul kalite kontrol testi 22.03.2010 tarihinde yapılmıştır. Bu tarihte çift başlı gama kamerada 30 milyon sayım ile simetrik pencerede, % 20 sola kaydırılmış asimetrik pencere ile ve % 20 sağa kaydırılmış asimetrik pencere ile alınmış homojenite görüntüleri görsel ve kantitatif olarak değerlendirilmiştir. Burada hem simetrik pencerede hem de asimetrik pencerede elde edilmiş olan intrinsek homojenite görüntülerinin görsel olarak homojen olmadığı görülmüştür (Şekil 1. a, b ve c).



**Şekil 1:** Siemens e-cam çift başlı gama kamerada 30 milyon sayımla alınmış kalite kontrol görüntüleri. (a) Simetrik pencerede uygun şartlarda alınmış intrinsek homojenite görüntüsü. (b) % 20 sola kaydırılmış asimetrik pencere ile alınmış intrinsek homojenite görüntüsü ve (c) % 20 sağa kaydırılmış asimetrik pencere ile alınmış intrinsek homojenite görüntüsü.

Yapılan testlerde 30 milyon sayım ile simetrik pencerede, % 20 sola kaydırılmış asimetrik pencere ile ve % 20 sağa kaydırılmış asimetrik pencere ile alınmış homojenite kalite kontrol görüntüleri ve sonuçları aşağıda görülmektedir. Bu kalite kontrol

çalışmalarının her birinde elde edilen görüntülerin görsel olarak homojen olmadığı ve kantitatif homojenite değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 2. a, b ve c).

		Central FOV	Useful FOV
Detektör 1	Integral	% 69.95	% 99.84
	Differential	% 48.52	% 98.38
Detektör 2	Integral	% 37.82	% 48.76
	Differential	% 21.87	% 21.87

		Central FOV	Useful FOV
Detektör 1	Integral	% 69.78	% 99.82
	Differential	% 48.69	% 98.42
Detektör 2	Integral	% 38.30	% 49.33
	Differential	% 21.76	% 21.76

		Central FOV	Useful FOV
Detektör 1	Integral	% 69.46	% 99.84
	Differential	% 48.33	% 98.27
Detektör 2	Integral	% 37.68	% 49.00
	Differential	% 21.57	% 21.57

**Şekil 2:** Siemens e-cam çift başlı gama kamerada 30 milyon sayım ile alınmış kalite kontrol görüntüleri ve homojenite değerleri. (a) Uygun şartlarda simetrik pencerede. (b) % 20 sola kaydırılmış asimetrik pencerede ve (c) % 20 sağa kaydırılmış asimetrik pencerede alınmış intrinsek homojenite görüntüsü ve kantitatif homojenite değerleri.

İntrensek homojenite testinde görüntülerin değerlendirilmesi gözle ya da bilgisayardaki paket program ile kantitatif olarak yapılır. Kantitatif analizde faydalı görüş alanı (UFOV) ya da bu alanın %75'ine karşılık olan merkezi görüş alanı (CFOV) içindeki homojenite hatalarının % 5, NEMA standartlarında %2,5-3,5'ten küçük olması şartı aranır. Ayrıca homojenite görüntülerinin değerlendirilmesinde % 6-10 arasındaki bozuklukların gözle ayırt edilebildiği belirtilmektedir (3,4). Bizim olgumuzda gama kamerada elde edilen bu kabul kalite kontrol görüntülerinde ve kantitatif homojenite değerlerinde her iki detektörün kristallerinde defekt olduğu anlaşılmalı birlikte 1 numaralı detektörün kenarında hiç sayım alınmayan hipoaktif görünümde küçük bir alan görülmüştür. Bu durum 1 numaralı detektörde kristal defekti ile birlikte fotoçoğaltıcı tüp defektinin de olduğunu ortaya çıkarmıştır. Tekrarlanarak yapılan testlerde görsel ve kantitatif

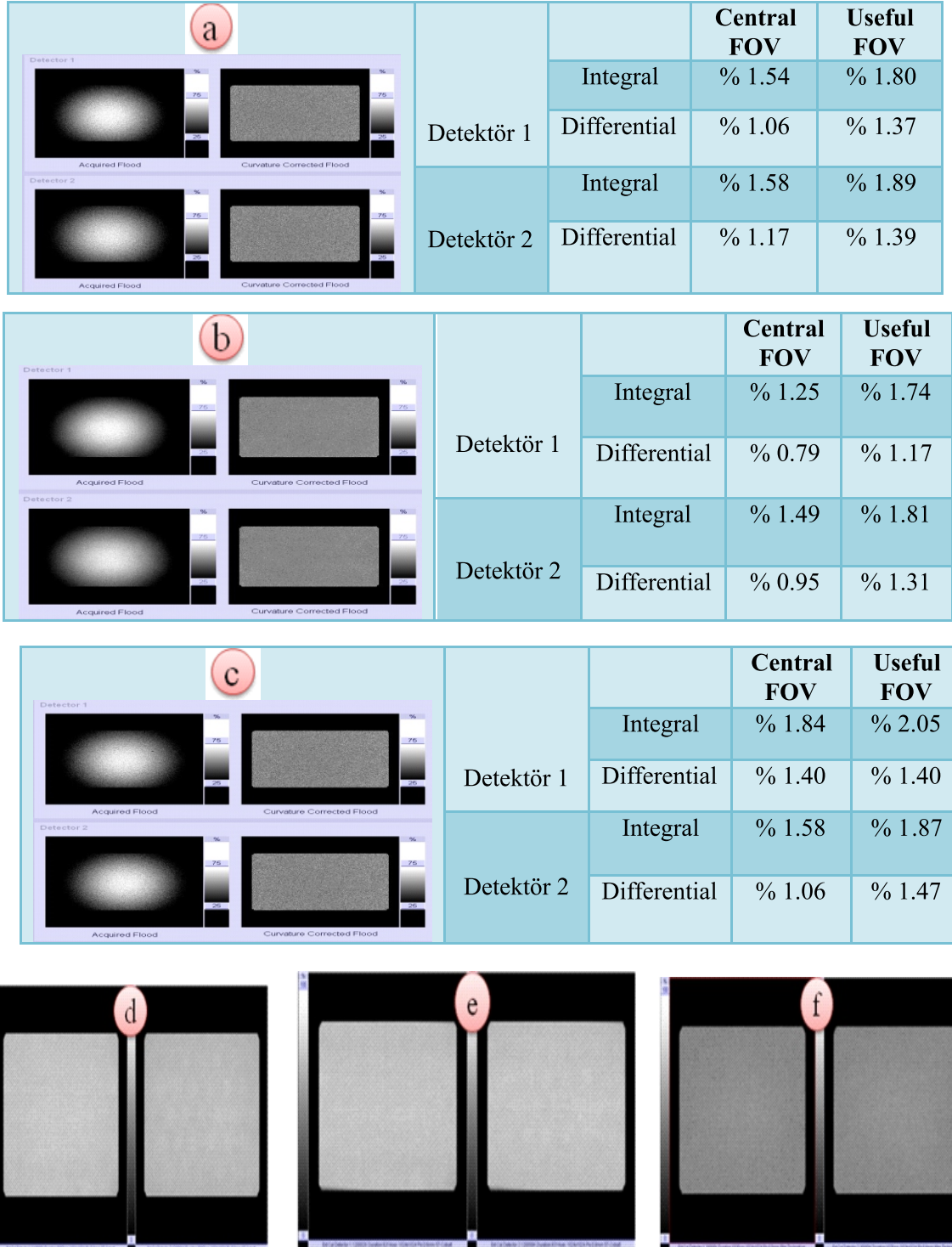
homojenite sonuçlarının değişmediği gözlemlenmiştir. Çift başlı gama kamera sisteminin kabul kalite kontrol testleri sırasında intrinsek homojenite testlerinde her iki detektörün kristallerinde ve 1 numaralı detektöre ait fotoçoğaltıcı tüpte defekt tespit edilmiş olup yapılan kalite kontrol testleri sonucunda her iki detektör için UFOV ve CFOV homojenite değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

Gama kameranın kurulum aşamasında detektör kristallerinde ve 1 numaralı detektörün alt kadranında gözlemlenen fotoçoğaltıcı tüpte defektlerin gözlemlenmesi sonucunda her iki detektörün kristalleri ve tüm fotoçoğaltıcı tüpler değiştirilerek yenilenmiş ve tüm kabul kalite kontrol çalışmaları tekrar yapılmıştır. Yapılan kabul kalite kontrol çalışmasında elde edilen homojenite görüntüleri görsel olarak değerlendirildiğinde

görüntüler homojen olup elde edilen kantitatif değerler de görsel sonuçları destekler niteliktedir. Yapılan kabul kalite kontrol çalışmasında elde

edilen intrinsek ve ekstrinsek homojenite görüntüleri Şekil 3'te görülmektedir.

Yapılan kabul kalite kontrol intrinsek ve ekstrinsek



**Şekil 3:** Kristal ve fotoçoğaltıcı tüp defekti tespit edilen gama kamerada kristallerin ve fotoçoğaltıcı tüplerin yenilenmesi ile elde edilen uygun şartlarda simetrik pencerede; (a) 30 milyon sayımda elde edilen intrinsek homojenite görüntüsü ve kantitatif homojenite değerleri. (b) 200 milyon sayımda elde edilen intrinsek homojenite görüntüsü ve kantitatif homojenite değerleri. (c) 200 milyon sayım sonrasında 30 milyon sayımda elde edilen intrinsek homojenite görüntüsü ve kantitatif homojenite değerleri. (d) Düşük enerji Yüksek Rezolüsyon (Low Energy) kolimatörü için 120 milyon sayımda, (e) Orta enerji (Medium Energy) kolimatörü için 120 milyon sayımda, (f) Yüksek enerji (High Energy) kolimatörü için 30 milyon sayımda elde edilen ekstrinsek homojenite çalışmaları



homojenite çalışmaları değerlendirildiğinde; elde edilen kabul kalite kontrol çalışma sonuçların görsel olarak homojen olduğu ve kantitatif homojenite değerlerinin görsel sonuçlarla uyumlu olduğu, elde edilen kantitatif homojenite sonuçlarının ise önerilen referans değerleri arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3).

## TARTIŞMA

Gama kamera sisteminin görüntü kalitesinin bozulmasına neden olan birçok etken vardır. Temel olarak gama kamera sisteminin performansı sistemin yapısından ve dışarıdan kaynaklanan etkilerle azalır. Sistemin yapısından ve dışarıdan kaynaklanan bu etkiler: kolimatör hasarı, foton çoğaltıcı tüplerin zamana bağlı değişimleri, enerji pikinin kayması, elektronik gürültü, kristal ve ışık geçirgen tabakadaki kusurlar, kolimatör ve yüzeylerdeki bulaş ve manyetik alan şeklinde sıralanabilir. Görüntüleme sisteminin performansındaki değişimler ve dışarıdan kaynaklanan etkilerle görüntü istenilen kalitede elde edilmez. Gama kamera performansındaki bu değişimler klinik çalışmalar sırasında fark edilemeyebilir ve bu durum hastalara ait görüntülerin değerlendirilmesi sırasında önemli bir hata kaynağı olabilir. Bu nedenle görüntü yorumlamasını olumsuz etkileyecek durumların cihaz kabulü ve hasta görüntülemesinden önce kalite kontrol çalışmaları ile ortaya çıkarılması son derece önemlidir (1,5).

Kalite kontrol çalışmaları ise gama kameranın kurulumu ile başlar. Kamera kurulumu aşamasında cihazın kalite kontrolleri yapılırken elde edilen sonuçların National Electrical Manufacturerers Association (NEMA) standartlarına uyması gerekir. Kurulum aşamasında yapılan kalite kontrol testlerinin NEMA kriterlerine uyması durumunda cihazın kabulü yapılır (2,6).

Nükleer tıpta en yaygın kullanılan sintilatör talyum ile aktive edilmiş sodyum iyodürdür [NaI(Tl)]. NaI(Tl) kristali oldukça pahalı, yoğunluğu  $3,67 \text{ g/cm}^3$  olup katkı maddesi olan iyotun atom ağırlığı  $Z=53$  olup gama ve X-ışınını çok iyi soğurur. Yaklaşık 30 eV enerji absorpsiyonunda bir görünür ışık fotonu salar. Kendi sintilasyonlarına karşı transparent olup sintilasyon kaybını en aza indirir. Ayrıca kristal içinde absorbe ettiği radyasyon enerjisiyle orantılı sintilasyon çıkarır. Bu nedenle NaI(Tl) kristali enerji seçimi çalışmalarında kullanılabilir. Ancak kristaller mekanik ve termal darbelere karşı dayanıksız olup kolayca kırılabilirler ve bir saat içindeki  $3-5^\circ\text{C}$  sıcaklık değişikliklerinde çatlayabilirler. Ayrıca NaI(Tl) kristali hidroskopik olup, nemli ve rutubetli ortamlarda kaldığı süre içinde kristal içinde sarı

lekeler oluşur ki bu da kristalin verimini azaltır (7). Tüm bu durumlar kristal defekti olarak adlandırılır. Meydana gelebilecek herhangi olumsuz bir durum kristallerde geri dönüşümü olmayan kalıcı hasarlara neden olabilir. Bizim olgumuzda da kurulumu aşamasında yaşanmış olan aksaklıklar ile Nükleer Tıp bölümünde yıllar sonra kurulmuş olan çift başlı gama kameranın ısı bakımından yüksek, sıcak ve nemli olan uygun olmayan şartlarda bekletilmiş olması neticesinde son derece hassas olan NaI(Tl) kristallerinde ve 1 numaralı detektöre ait olan fotoçoğaltıcı tüpte geri dönüşümü olmayan hasarlar meydana gelmiştir.

Bu olgu sunumunda çift başlı gama kamera sisteminin kabul kalite kontrol testleri sırasında intrensek homojenite testlerinde her iki detektörde kristal defekti saptanmış, aynı zamanda 1 numaralı detektörde ise fotoçoğaltıcı tüp defekti tespit edilmiştir. Gama kamera kristallerinde ve 1 numaralı detektörün fotoçoğaltıcı tüpünde meydana gelen defekt çeşitli homojenite çalışmalarıyla tespit edilmiştir. Olgumuzda elde edilen sonuçlar incelendiğinde her iki detektör için elde edilen homojenite görüntüleri nonhomojen görüntülerdir. Benzer şekilde elde edilen kantitatif homojenite değerleri incelendiğinde sonuçların oldukça yüksek olduğu ve bu değerlerin NEMA standardı olan üst sınır % 2,5-3,5 değerlerini aştığı görülür. Ayrıca 1 ve 2 numaralı detektöre ait olan faydalı görüş alanı (UFOV) ve bu alanın %75'ine karşılık gelen merkezi görüş alanı (CFOV) içerisindeki integral ve diferansiyel homojenite değerleri her iki detektör için kıyaslanarak değerlendirildiğinde 1 numaralı detektöre ait olan homojenite değerlerinin 2 numaralı detektörün homojenite değerlerine göre oldukça yüksek olduğu (yaklaşık 1,5-2 kat) görülmüştür. Bu durumun nedeni ise her iki detektörde NaI(Tl) kristal defekti olmasına karşın 1 numaralı detektörün alt kadranında belirgin olarak gözlemlenmiş olan fotoçoğaltıcı tüp defektinin katkısıdır. Çünkü her iki detektör kristallerinde defekt olmasına rağmen çok düşük verimde de olsa radyoaktif nokta kaynaktan sayım olarak görüntü oluşturabilmektedir ancak fotoçoğaltıcı tüp defektinde ise kristallerde sintilasyon meydana gelse dahi fotoçoğaltıcı tüplerde sayım toplanamamakta ve görüntü meydana gelmemektedir. Bundan dolayı görüntülerde 1 numaralı detektörün alt kadranında görünen yarım daire şeklindeki siyah alana karşılık gelen kısımdaki fotoçoğaltıcı tüpte hiç sayım alınmadığı için 1 numaralı detektörün kantitatif homojenite değerleri 2 numaralı detektörün kantitatif homojenite değerlerine göre daha yüksek çıkmıştır

(Şekil 3.a,b ve c).

Çeşitli firmalar düzeltilmiş homojenite değerlerinin % 5'e kadar kabul edilebileceğini bildirmelerine rağmen yukarıda da belirttiğimiz gibi NEMA standartlarına göre % 2,5'ten küçük olmalıdır. Gama kameranın ilk kabul kalite kontrol çalışmalarında elde edilen homojenite değerleri çok yüksek çıkmış ve tekrarlanan homojenite çalışmalarında da benzer değerler elde edilmiştir (Şekil 2 ve 3). Kabul edilebilir homojenite değerlerinin maksimum % 2,5 olması gerektiği bilindiğinden, kurulması planlanan gama kamerada uygun koşullarda olmayan bekleme nedeni ile detektörlerde kristal ve tüp defekti olduğu görülmüş ve her iki detektörün NaI(Tl) kristali ve fotoçoğaltıcı tüp materyalleri değiştirilerek yenilenmiştir. Yinelenen kabul kalite kontrol çalışmalarında görsel ve kantitatif olarak elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde her bir detektör için elde edilen görüntülerin homojen olduğu ve kantitatif integral ve diferansiyel homojenite değerlerinin ise % 0,79 ile % 2,05 değerleri arasında değiştiği; bu sonuçların NEMA standartları içerisinde olduğu ve belirlenen kabul şartlarına uyum sağladığı görülmüştür (Şekil 4.a,b,c,d,e ve f).

Kurulumu aşamasında kristal ve fotoçoğaltıcı tüp defekti tespit edilen, daha sonraki dönemde ise kristal ve fotoçoğaltıcı tüpleri değiştirilen gama kamerada yinelenerek yapılan tüm kalite kontrol testlerinin NEMA kriterlerine uyum sağladığı görülmüş ve cihazın kabulü yapılmıştır.

Sonuç olarak ısı/sıcaklık ve nem gibi NaI(Tl) kristalinin kolay bozunuma uğradığı uygun olmayan şartlarda uzun süre bekletilen gama kameraların kristallerinde ve fotoçoğaltıcı tüplerinde telafisi mümkün olmayan sonuçlar ortaya çıkabilmekte olup Nükleer Tıp merkezlerinde bu tür hataların tekrarlanmaması amacı ile bu vaka sunumunun akılda tutulmasını önermekteyiz.

#### KAYNAKLAR

1. Değer, M., Demir, M., İnce, M., Kıracı, S., Köseoğlu, K., Turan, E. ve Uysal, B., Kalite Kontrol, Enstrümantasyon ve Radyasyon Güvenliği Komitesi Yönergesi, Turkish Journal of Nuclear Medicine, 13: 86-101, 2004
2. Vanregemorter, J., The gamma camera quality control and quality assurance, European Nuclear Medicine Congress, the book of technologists sessions, 1995
3. Adams, R., Hine, G.R., Zimmerman, C.D., Dead time measurements in scintillation cameras under conditions simulating quantitative nuclear cardiology, Journal Nuclear Medicine, 19:538-539, 1978
4. Kereiakes, J.G., Van Tuinen, R.J., Quality control procedures for nuclear medicine instruments. In: Weggner, R.G., Kereiakes, J.G., Shalek, R.J. (eds), Handbook of medical physics, Boca Raton Fla, CRC press, pp: 426-490, 1984
5. Bor, D., Nükleer Tıp Sayısal Görüntüleme Yöntemleri, 1.baskı,

Bilim Yayıncılık, Ankara, 2009

6. Demir, M., Gama Kameralarda Kalite Kontrol Testleri, Turkish Journal of Nuclear Medicine, 10 (4), 217-227, 2001
7. Demir, M., Nükleer Tıp Fiziği ve Klinik Uygulamaları, 3.baskı, İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, 2011