

Radyolojide Kullanılan X Işını Cihazlarının Kalite Testleri ve Kalibrasyonu

Levent SONGUR¹

ÖZET

Kalibrasyon, bir ölçü aletinin belirttiği değerler ile referans sistemlerden elde edilen sonuçlar arasındaki ilişki, ya da kısaca doğru ölçümden sapma miktarını belirleme işlemi olarak tanımlanır. Kalibrasyonu doğru yapılmış cihazların ürettiği sonuçlardaki hatalar kabul edilebilir sınırlar arasında olmalıdır. Tetkikler ya da tedavi uygulamaları, sağlık kurumlarında kullanılan tıbbi cihazların ürettiği sonuçlara göre yapılmaktadır. Bu bağlamda, tıbbi cihazların ürettiği sonuçların doğruluğu çok önemlidir. Radyoloji birimlerinde tanı amacıyla kullanılan X ışını cihazlarının kalibrasyonu çok daha önemlidir. Çünkü bu cihazların kalibrasyon ve kalite testlerinin doğru yapılmadığı durumlarda cihazlar yanlış sonuçlar verebileceği gibi hastanın ve çalışanın maruz kaldığı radyasyon doz miktarını da artırabilir. Ülkemizde hastanelerdeki tıbbi cihazların ve X ışını cihazlarının kalibrasyonu periyodik olarak yapılmakta ve sertifikalandırılmaktadır. Ancak, yapılan bu kalibrasyonların standartlara uygunluğu çok belirgin olmamakla birlikte, bazı durumlarda sadece etiketleme işlemi yapılmaktadır. Bu derlemede, X ışını cihazlarının kalite testlerinin ve kalibrasyonlarının uluslararası standartlara uygun yapılması konusunda bir farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır. Bu amaçla, X ışını cihazlarının kalibrasyonu ve kalite testlerinin nasıl yapılması gerektiği üzerinde bir araştırma yapılarak kalibrasyon ve kalite testlerinin doğru yapılması hakkında yöntemler sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kalibrasyon, X Işını Cihazları, Radyoloji, Kalite Testi

1 Van Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi -Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, lsongur@gmail.com

Quality and Calibration of X-Ray Devices Used in Radiology

ABSTRACT

Calibration is defined as the relationship between the results obtained from the reference systems and the measurement devices, or briefly as the process of determining the magnitude of deviation from the correct values. The errors in the results produced by the measurement systems, which has been calibrated correctly, must be within the specified limits. Medical diagnosis and therapies are conducted by taking into account the results obtained from medical devices. So, the accuracy of the results produced by medical devices is very important. Calibration of X-ray devices used for diagnostic purposes in radiology departments is much more important. Because, if the calibration and quality tests of these devices are not done properly, they may not only give wrong results but also increase the amount of the radiation that the technician is subject to. In our country, the calibration of the medical devices and X-ray devices are controlled periodically and certificated. However, the compliance with the standards of this calibration is not very clear and in some cases, only a labeling process is performed. In this study, to create the awareness on the importance of the calibration and quality testing of X-ray devices, has been aimed, in consistent with the international standards. For this purpose, an investigation was done about, how the calibration and quality testing of X-ray devices should be done, and some methods regarding more accurate calibration and quality testing of X-ray devices were presented.

Key Words: Calibration, X-Ray Devices, Radiology, Quality Testing.

1. GİRİŞ

Kalibrasyon, bir ölçü aletinin belirttiği değerler ile referans sistemlerden elde edilen sonuçlar arasındaki ilişki, ya da kısaca doğru ölçümden sapma miktarını belirleme işlemi olarak tanımlanır ve kalibrasyon işleminin doğru yapılması çok önemlidir. Kalibrasyonu doğru yapılmış cihazların ürettiği sonuçlardaki hatalar kabul edilebilir sınırlar arasında olmalıdır. Kalibrasyon işlemi ölçüm yapan, sonuç veren birçok sanayi, ticari ve tıbbi cihazda yapılmaktadır. Sanayide kullanılan ve ticari amaçlı cihazların kalibrasyonlarının doğru yapılması, maddi kayıplara yol açabilmektedir. Ancak tıbbi cihazların kalibrasyonları doğru yapılmazsa maddi kayıplarla kıyaslanamayacak insan sağlığı ile ilgili istenmeyen sonuçlara sebep olabilmektedir. Tıpta tanı belirlemedeki en önemli parametrelerden birisi de tıbbi cihazlardan alınan sonuçlardır. Örneğin bir tansiyon aletinin ya da EKG cihazının göstereceği değer yanlış ise, uygulanacak tedavi de yanlış olacaktır ki, sağlık uygulamalarındaki temel hedef doğru tedavidir. Bu sebepten tıbbi cihazların kalibrasyonu çok önemlidir. Sağlıkta Kalite Standartları (SKS) gereği tıbbi cihazların düzenli olarak kalibrasyonlarının yaptırılması gerekmektedir. Ancak yapılan kalibrasyonların standartlara uygunluğu ve kalibrasyon periyotları tam olarak belirgin değildir. Bu belirsizlikten kaynaklanan problem ise, kalibrasyonların standartlara uygun yapılmayıdır. Kalibrasyonlar standartlara uygun yapılmayınca da, SKS'nin "tıbbi cihazların kalibrasyonları yapılmalıdır" maddesi amacına ulaşmamaktadır.

Hastane hizmetlerinde kullanılan tıbbi cihazlardan elde edilen ölçüm sonuçları doğru ve güvenilir olmalıdır. Bir diğer açıdan bakıldığında zaman ise, bu cihazların hastaya zarar verebilecek her türlü etkisine karşı önlem alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Hastaya zarar vermeden doğru ve güvenilir sonuçlar bu cihazların belirli aralıklarla kalibrasyonlarının yapılması ile mümkündür (Güleç vd., 2009:152). Yapılan araştırmalarda hasta güvenliğini tehdit eden tıbbi hataların büyük kısmının kişilere değil, sisteme bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda sistem kurgusundaki hatalardan biri tıbbi cihazlardaki kalibrasyon hatalarıdır (Şen, Er ve Sevil, 2009:24).

Hastanelerin radyoloji birimlerinde kullanılan X-ışını cihazları tanısız ve tedavi amaçlı kullanılmaktadır ve iyonize radyasyonun en eski uygulamaların-

dan birisi sağlıktaki tanısal uygulamalardır (Dewerd, L. A, 1999). Medikal iyonlaştırıcı radyasyon kaynakları arasında tanısal X-ışınlarının toplum dozuna katkısı yaklaşık %90 oranındadır (Yaşar, 2011). X-ışınları elektromanyetik dalga şeklinde yayılan bir radyasyon türüdür ve iyonlaştırıcı özelliğinden dolayı canlılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu bilinmektedir. X-ışını cihazlarının kalibrasyon ve kalite testlerinin doğru yapılması biyomedikal cihazlara göre çok daha önemlidir. Çünkü biyomedikal cihazların kalibrasyonu doğru yapılmaz ise yanlış sonuç gösterir fakat X-ışını cihazları doğru kalibre edilmezse üretilen sonucun yanlış olabileceği gibi hasta ve çalışanın maruz kalacağı radyasyon dozu da olması gerekenden daha fazla olabilir.

Tanısal radyolojide radyasyondan korunma için kalite testleri çok önemlidir. Radyoloji görüntüleme cihazlarının kullanım amacı, radyasyon maruziyetini artırmadan hekimin istediği görüntüyü en iyi kalitede elde etmektir. Kalite kontrol işlemleri, görüntüleme cihazlarının performanslarındaki varyasyonları azaltarak, standartlara uygun kalitede görüntü elde etmeye katkı sağlar. Yapılan bazı araştırmalara göre birçok radyoloji merkezinin kalitesiz görüntü ürettiği ve gereksiz radyasyon maruziyeti oluşturduğu bilinmektedir.(IAEA, Radiation Protection In Dr Part 23). Radyoloji cihazlarının güvenilir performansta kullanılabilmesi için periyodik olarak kalite kontrol testlerinin yapılması gerekmektedir. Kalite kontrolü yapılmış cihazlarda iyi kalitede görüntü elde edilerek, radyasyon maruziyetinde anlamlı bir azalma görülür. Kalite kontrolü süreç olarak ele alınırsa etkenler şöyle sıralanabilir (AAPM Report No.74:2002);

- I. Cihaz seçiminin doğru yapılması
- II. Kabul testlerinin yapılması
- III. Kalite kontrol testlerinin periyodik olarak yapılması
- IV. Kalite kontrol kayıtlarının takip edilmesi
- V. Çalışan personel faktörü

Kalite kontrol testleri zamanında yapılarak, cihazın test edilen değerlerinin kabul sınırları içinde kalması sağlanır. Ülkemizdeki özel ve tüzel radyoloji kliniklerinin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu merkezlerin önemli bir kısmı, yüksek radyolojik standartlarda hizmet vermektedir. Bununla birlikte,

yetersiz kalitede radyolojik hizmet ülkemizde azımsanmayacak boyutlardadır. Tanısal kalitenin altındaki radyolojik tetkiklerle, günlük çalışmalarımızda sıklıkla karşılaşmaktayız. Bu durum tetkiklerin tekrarına, dolayısı ile hastanın aldığı radyasyon dozunun artmasına, iş gücü kaybına ve maliyet artışına neden olmaktadır (Özsunar vd., 2006:136).

Ülkemizde tıbbi cihazların kalibrasyonları ile birlikte radyolojide kullanılan X-ışınları cihazlarının da kalibrasyonları yapılmaktadır. Ancak yapılan kalibrasyonların bazıları sadece etiketleme işleminden ibaret olmaktadır. Kalibrasyon firmalarının akreditasyonu yetkili kurum ya da kuruluşlar tarafından yapılmaktadır ve bu akreditasyon hizmetlerinde, akredite edilen hizmetler için düzenlenecek belge, rapor vb., uygunluk değerlendirme hizmetleri sonuç dokümanlarında kullanılmak üzere akreditasyon markası vermektedir (Turkak.org.tr: 2012).

X-ışını cihazlarının kalibrasyonu ve kalite testleri, Institute of Physics and Engineering in Medicine (IPEM), European Commission Radiation Protection, The American Association of Physicists in Medicine (AAPM), gibi uluslararası kuruluşların yayınları tarafından belirlenmektedir.

Bu çalışmada, radyolojide kullanılan röntgen ve tomografi cihazlarının kalibrasyonlarının ve kalite testlerinin doğru yapılmasının önemini vurgulamak ve bu cihazların kalibrasyon ve kalite testlerinin uluslararası standartlara uygun yapılma yöntemlerini sunmak hedeflenmiştir. Bu konuda bir farkındalık oluşturarak, radyoloji merkezlerinin kaliteli görüntüyü minimum radyasyon dozu ile elde etmelerine katkı sağlamak çalışmanın temel amacıdır.

2. RADYOLOJİDE KULLANILAN X-IŞINI CİHAZLARININ KALİTE TESTLERİ VE KALİBRASYONLARI

Radyolojide kullanılan X-ışını cihazlarının kalibrasyon ve kalite testleri araştırılarak uluslararası standartlara göre yapılması gereken testler analiz edilmiştir. Yapılan araştırmalar neticesinde radyolojide kullanılan röntgen ve tomografi cihazlarının uluslararası standartlara göre kalite testleri derlenmiştir. Tanısal radyoloji cihazlarından röntgen cihazının temel olması sebebiyle kalite testleri açıklamalı bir şekilde verilmektedir. Tomografi cihazının kalite testleri ise tablo halinde verilmektedir.

2.1. Röntgen Cihazının Kalite Testleri

Röntgen cihazı tanısal radyolojinin temel ve en yaygın kullanılan cihazıdır. Bu sebepten röntgen cihazının kalite testleri amaç ve kabul sınırlarını da kapsayacak şekilde detaylarıyla tablolar halinde verilmektedir.

2.1.1. kVp Testi

Tanısal radyolojide X-ışın tüpü potansiyeli (kVp), kontrastı direkt olarak etkilediği için çok önemlidir. Bu nedenle sistemin kVp kalibrasyonu çok iyi olmalıdır ve periyodik olarak kontrol edilmelidir (AAPM Report No.74:2002). Bu testin amaç ve kabul sınırları tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. kVp testi kabul sınırları

Amaç	Kabul sınırları
X-ışını cihazında kurulan kVp değeri ölçülerek, doğruluğunu test etmektir.	Ölçülen kVp değerinin, ayarlanan kVp değerinden maksimum sapma miktarı $\pm\%10'$ dan az olmalıdır. (European Commission Radiation Protection) Ölçülen kVp değerinin ayarlanan kVp değerinden sapma miktarı $\pm\%10'$ dan az olmalıdır. (IPEMB Report No.32 Part I) Ölçülen kVp'nin ayarlanan kVp'den maksimum sapma miktarı, $\pm\% 5'$ ten az olmalıdır. (AAPM Report No.74)

2.1.2. Işınlama Zamanının Ölçülmesi

Radyasyondan korunma prensiplerine göre alınan radyasyon dozu maruz kalınma süresi ile doğru orantılı olduğundan cihazın süre doğruluğu hastanın maruz kalacağı radyasyonu ilgilendirdiği için önemlidir. Testin amacı ve kabul sınırları tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Işınlama zamanının ölçülmesi testi kabul sınırları

Amaç	Kabul sınırları
X-ışını cihazında seçilen ışınlama zamanı ile ölçülen ışınlama zamanının uygunluğunun test edilmesidir.	100 milisaniyeden büyük ışınlama zamanları için ölçülen ışınlama zamanı ayarlanan değer $\pm \%10'$ undan düşük olmalıdır. (European Commission Radiation Protection.91) $t > 0,1sn$ için $< \pm\%5$ iyi; $> \pm\%15$ kabul edilemez. (IPEM Reprt No.32 Part I) 10 milisaniyeden büyük ışınlama zamanları için ölçülen ışınlama zamanları ayarlanan ışınlama zamanlarının $\pm\%5$, 1 milisaniyeden küçük ışınlama zamanları için ise $\pm\%10'$ dan az olmalıdır. (AAPMB Report No.74)

2.1.3. Işınlamanın Tekrarlanabilme ve Doğrusallığı Testi

Cihazın istikrarlı çalışmasının muayenesidir ve kabul sınırları tablo 3’deki gibidir.

Tablo 3. Doğrusallık testi kabul sınırları

Amaç	Kabul sınırları
Aynı kVp, mA ve ışınlama süreleri kullanılarak, birbirini izleyen ışınlamalarda sonuçların tekrarlanma doğruluğunun ölçülmesidir.	Tekrarlanabilirlik $\pm\%5$, doğrusallık $\pm\%10$ sınırları içine olmalıdır. (European Commission Radiation Protection.91 ve IPEMB Report No.32 Part I)

2.1.4. Tüp Çıkışı ve Kararlılığı Testi

Tüp çıkışında bir X-ışını tüpü ve jeneratör performansını değerlendirmek için kullanılacak en önemli parametrelerden birisidir. X-ışını tüpü çıkış büyüklüğü, radyografik muayenelerde hasta giriş dozu tahmini için faydalıdır (AAPM Report No.74:2002). Testin kabul sınırları tablo 4’de verilmektedir.

Tablo 4. Kararlılık testi kabul sınırları

Amaç	Kabul sınırları
Tüp çıkışının kararlılığı ve ışınlama koşulları ile değişimini belirlemek.	Varyasyon katsayısı $\pm\%10$ sınırları içinde olmalıdır. (AAPM Report No.74 ve IPEMB Report No.32 Part I)

2.1.5. Filtrasyon ve Yarı Değer (HVL) Kalınlığı Testi

Yarı değer kalınlığı (HVL), sabit bir kVp ve mAs değerinde, ışınlamanın ilk değerini yarı değerine kadar azaltmak için gerekli olan alüminyum kalınlığıdır ve mmAl olarak ifade edilir. (MEGEP:2008). Kabul sınırları tablo 5’de verilmektedir.

Tablo 5. HVL testi kabul sınırları

Amaç	Kabul sınırları
Filtrasyonu belirlemek için, belirli bir kVp’ de yarı değer kalınlığını ölçmek.	100 cm odak-dedektör mesafesinde ve 80 kVp HVL ölçümünde toplam filtrasyon değeri 2,5 mmAl’dan büyük olmalıdır. (European Commission Radiation Protection.91) 100 cm odak-dedektör mesafesinde ve 80 kVp HVL ölçümünde toplam filtrasyon değeri 2,5-3,5 mmAl aralığında olmalıdır. (IPEMB Report No.32 Part I)

2.1.6. X-Işını Alanı ile Işık Alanı Uygunluk (Kolimasyon) ve Diklik Testi

Kolimasyon ayarı ile ışık alanı sınırları içine ışınlama yapılarak hastanın fazladan radyasyona maruz kalması önlenir. Bu sebepten ışık alanı ile X-ışını aynı alana düşmelidir. Işık alanı testi kabul sınırları tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. Işık alanı testi kabul sınırları

Amaç	Kabul sınırları
X-ışını alanı ile ışık alanının birbiri ile uygunluğunu belirlemek ve X-ışını alanının merkezlenme ayarlarının ölçülmesi.	Herhangi bir X-ışını alanının ışık alanından sapması, odak film mesafesinin %3'ünden az olmalıdır. Karşılıklı kenarlardaki sapmanın toplamı ise, odak film mesafesinin %4'ünden az olmalıdır. Demet dikliği için maksimum sapma miktarı 1,5 derece olmalıdır. (European Commission Radiation Protection.91) Bir kenardaki X-ışını alanının ışık alanından sapma miktarı odak film mesafesinin $\pm\%1$ 'inden az olmalıdır. (IPEMB Report No.32 Part I)

2.1.7. Odak Nokta Boyutu ve Ayırma Gücü Muayenesi

Radyolojik görüntünün çözünürlüğünün tanıyı belirlemedeki önemi yadsınmaz. Radyasyon kaynağının boyutu, görüntü çözünürlüğü üzerinde önemli etkiye sahiptir (AAPM Report No.74:2002). Odak nokta boyutunun uzunluk ve genişlik kabul edilebilir değerleri tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7. Odak nokta boyutu testi kabul sınırları

Amaç	Kabul sınırları		
Odak nokta boyutunun ve ayırma gücünün kabul sınırlarına uygunluğunu belirlemektir.	Odak Nokta Boyutu (mm)	Uzunluk-Kabul Edilebilir Değer	Genişlik-Kabul Edilebilir Değer
	$F < 0,3$	$F \dots 1,5F$	$F \dots 1,5F$
	$0,3 < F < 0,8$	$F \dots 1,5F$	$1,5F \dots 1,5F/0,7$
	$0,8 < F < 1,5$	$F \dots 1,4F$	$1,4F \dots 1,4F/0,7$
	$1,5 < F < 3,0$	$F \dots 1,3F$	$1,3F \dots 1,3F/0,7$

(IPEMB Report No.32 Part I)

2.1.8. Otomatik Işınlama Kontrolü Testi

Sistemin farklı kalınlıktaki hastalar için seçilen kV ve mA değerleri ne olursa olsun, optimum görüntü kalitesini verecek şekilde ışınlama parametrelerini ayarlayıp ayarlamadığının test edilmesidir. Bu testte otomatik ışınlama

kontrolü detektörlerinin çalışma doğrulukları, dedektörler arasındaki uyum ve kararlılık incelenir. Sabit hastada farklı değerler uygulanarak yapılan ölçümün cevabı ve sabit değerde farklı hasta kalınlığında yapılan ölçümlere cevaplar aranır. AAPM ve IPEMB raporlarına göre tavsiye edilen tolerans; her kalınlık için ölçülen optik yoğunluk değeri, ortalama değerinden ± 2 den az olmalıdır.

2.1.9. Grid Ayar Ölçümü

Grid sekonder ışınların filme ulaşmasını engelleyen önemli bir parçadır. Basit ve fonksiyonel bir yapıda olan grid, yansıyan ışınların büyük bir kısmını engelleyerek film kalitesini artırmak amacıyla kullanılır. Grid ayar ölçümünün test edilmesindeki amaç, cihazın X-ışınının merkezi ile ayar uygunluğunu tespit etmektir. European Commission Radiation Protection 91'e göre kabul sınırları; test aletinin orta noktasındaki deliğin film üzerindeki optik yoğunluğu maksimum olmalıdır ve iki taraftaki diğer deliklerin optik yoğunlukları giderek azalmalıdır. Ayrıca gridin 50 kVp'de alınmış görüntüsünde herhangi bir görsel kusur bulunmamalıdır.

2.1.10. Sızıntı Radyasyon Ölçümü Testi

X-ışını cihazlarına her ne kadar zırlama yapılsa da bir miktar sızıntı radyasyon oluşmaktadır ancak önemli olan, sızıntı radyasyonun kabul edilebilir değerler aralığında olmasıdır. Bu testin amacı ışınlama şartlarında kolimatör levhalarının tamamen kapalı olduğu durumda etrafında sızıntı radyasyonun varlığını tespit etmek ve şiddetini ölçmektir. European Commission Radiation Protection 91'e göre kabul sınırı; odak noktasından 1 metre mesafedeki sızıntı radyasyonun doz hızı, 1 miligrey/saat (mGy/h) değerinin altında olmalıdır.

2.2. Tomografi Cihazının Kalite Testleri

Tomografi cihazları röntgen cihazlarına göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir ve tomografi tetkiklerinde maruz kalınan radyasyon miktarı röntgen tetkiklerine göre çok daha fazladır. Tablo 8'de tek kesitli ve çok kesitli tomografi cihazlarının kalite testleri verilmektedir.

Tablo 8. Tomografi cihazının kalite testleri

Cihaz Adı	Yapılacak Olan Kalite Testleri
Bilgisayarlı Tomografi [IPEM Report No.91 (1997), IEC 61223-2-6 (1994), NCRPM Report No.99 (1998), IPEM Report No 32 (2003), EC EUR 16262 (1999), AAPM Report No.39 (1993)]	<ul style="list-style-type: none"> • kVP • Yarı Değer Kalınlığı • İç Tarama Pozisyonlama Işığışı ve Tarama Düzlemi Uyumu • Dış ve iç Tarama Pozisyonlama Işıklarının Birbiriyle Uyumu • Koronal ve Sagital Hizalama Işıkları Uyumu • Gantri Eğimi • Masa Aksiyel Hareketinin Doğruluğu • Masa Helikal Hareketinin Doğruluğu • Masa Uzaklık Gösterici Doğruluğu • Doz Ölçümü (CTDI) • Tüp Çıkışı (CTDI Air) ve Doğrusallığı • Işınlanan Kesit Kalınlığı (Kesit Hassasiyeti Doz Profili) • Görüntülenen Kesit Kalınlığı • CT Numarası Doğrusallığı • Yüksek Kontrast Ayırma Gücü • Düşük Kontrast Ayırma Gücü • Gürültü Ölçümü ve CT Numarası Tutarlılığı • CT Numarası Homojenitesi

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanlar yapay iyonize radyasyona en fazla tıbbi uygulamalardan dolayı maruz kalmaktadır. Tıbbi uygulamalarda maruz kalınan radyasyon miktarını artıran etkenlerden biri de cihazın kullanıma uygunluğudur. Cihazın kullanımına uygunluğunu belirlemek için kalite testleri zamanında yapılmalıdır. Tanısal radyolojide kullanılan X-ışını cihazlarının kalite testleri ile ilgili yapılan literatür araştırmaları sonucunda uluslararası kabul gören standartlar incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda oluşturulan bu derlemenin, tanısal radyolojide kullanılan röntgen ve tomografi cihazlarının kalite testlerinin doğru yapılmasına yönelik rehberlik edebileceği düşünülmektedir. Hasta ve çalışanların radyasyon güvenliği de düşünüldüğünde aşağıda belirtilen önerilere özen göstermekte fayda vardır.

- X-ışını cihazlarının kalibrasyonları ve kalite testleri zamanında yapılmalıdır.
- Radyolojik X-ışını cihazlarının kalite testleri için periyot belirlerken cihazın kullanım sıklığı göz önünde bulundurulmalıdır.

- Kalibrasyon işlemleri hizmet alımı yöntemiyle yapıldığı için, teknik şartnamede cihazlara yapılacak olan testler belirtilmelidir.
- Kalibrasyonu yapacak firmanın radyoloji/X-ışını cihazları için yetkili kurum ya da kuruluşlardan akreditasyonu olmalıdır.
- Kalibrasyonu yapacak firmada en az bir medikal mühendis, en az bir fizikçi bulundurma şartı olmalıdır. Çünkü X-ışını cihazlarının kalite testlerini bir fizikçinin yapması daha uygundur.
- Kalite testlerinden geçemeyen cihazlar muhakkak teknik servis tarafından kontrol edilerek gerekli ayarlama veya tamiratlar yapılmalıdır.
- Arızalı cihazların tamiraty yapıldıktan sonra muhakkak kalite testleri yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- **AAPM Report No.39 (1993)**, Specification and Acceptance Testing of Computed Tomography Scanners Report of Task Group 2, American Association of Physicists in Medicine by the American Institute of Physics, New York
- **AAPM Report No.74 (2002)**, Quality Control in Diagnostic Radiology, American Association of Physicists in Medicine, United States of America.
- **Dewerd, L. A., CIRMS Measurements for Diagnostic Radiology Applications (1999)**, 41st Annual Meeting of The American Association of Physicists, in Medicine, July 25-29, Nashville.
- **EC EUR 16262 (1999)**, European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Pediatrics, Report EC EUR 16262, European Guidelines on Quality Criteria For Computed Tomography, Luxembourg
- **European Commission Radiation Protection 91 (1997)**, Criteria for Acceptability of Radiological (Including Radiotherapy) and Nuclear Medicine Installations, European Commission Radiation Protection, Luxembourg.
- **Güleç, S., Toygar, E., Yeni, Ç., Aslan, K., Yazgan, M., (2009)**, Hastanelerde Kullanılan Tıbbi Cihazların Kalibrasyonu ve Hasta güvenliği, 1. Uluslararası Sağlıkta Performans ve Kalite Kongresi, Bildiriler Kitabı, Cilt 2, 19-21 Mart, Antalya.
- http://medikalfizik.org/list/list.asp?ktgr_id=410, (09.15.2012).
- <http://www.turkak.org.tr/TURKAKSITE/AkreditasyonAkreditasyonMarkasi-Sembolu.aspx>, (18.09.2012).

- IAEA Standard syllabus course on Radiation Protection in diagnostic and interventional radiology Radiation Protection In Dr Part 23: Organizing a QA in Diagnostic Radiology,
- **IEC 61223-2-6 (1994)**, Constancy Tests – X-Ray Equipment For Computed Tomography, Part 2-6, International Electro technical Commission, Evaluation and Routine Testing in Medical Imaging Departments, Geneva.
- **IPEMB Report No.32 Part. I (1995)**, Measurement of the Performance Characteristics of Diagnostic X-Ray Systems Used in Medicine, Institution of Physics and Engineering in Medicine and Biology, Dr K Cranley, York, England.
- **IPEM Report No 32 (2003)**, Measurement of the Performance Characteristics of Diagnostic X-ray Systems used in Medicine, Part III, Computed Tomography Scanners, 2nd Edition, Institution of Physics and Engineering in Medicine, York.
- **IPEM Report No.91 (1997)**, Recommended Standards for the Routine Performance Testing of Diagnostic X-Ray Imaging Systems, Institution of Physics and Engineering in Medicine, York.
- **MEGEP (2008)**, Biyomedikal Cihaz Teknolojileri Röntgen Fonksiyon Testi, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara
- **NCRPM Report No.99 (1998)**, Quality assurance for diagnostic imaging equipment Report No.99, MD: NCRPM, National Council on Radiation Protection and Measurements, National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda.
- **Özsunar, Y., Çetin, M., Taşkın, F., Yücel, A., Can S., Argın M., Arkun, R., (2006)**, The level of quality of radiology services in Turkey: a sampling analysis, Diagnostic and Interventional Radiology, Vol. 12, No. 4, December, pp.166-170.
- **Şen, S., Er, S., Sevil, Ü., (2009)**, Hasta Güvenliği ve Tıbbi Hatalar, 1. Uluslararası Sağlıkta Performans ve Kalite Kongresi, Bildiriler Kitabı, Cilt 2, 19-21 Mart, Antalya.
- **Yaşar, Doğan, IEC 61267 Standartlarına Uygun Olarak SSDL X Işını Sisteminde Diagnostik X Işını Radyasyon Kalitelerinin Oluşturulması, (2011)**, XIII. Ulusal Medikal Fizik Kongresi, 17-19 Kasım, Çeşme, İzmir.