

MEDİKAL GÖRÜNTÜLEMEDE DİAGNOSTİK REFERANS SEVİYELERİ

Prof. Dr. Turan OLGAR

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Fizik Mühendisliği Bölümü

DIAGNOSTİK REFERANS SEVİYELERİ

- Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP) ilk olarak 1996 yılında Yayın 73'te 'Diagnostik Referans Seviyesi' (DRL) terimini kullanmıştır.
- Diagnostik Referans Seviyesi konsepti 2001'de daha da geliştirilerek pratik rehberlik sağlanmıştır.

Neden Referans Seviyeleri Kullanıyoruz?

- ICRP 73 Yayını (1996)
 - Diagnostik Referans Seviyeleri (Diagnostic Reference Level, DRL) tanımını vermiştir.
 - DRL'lerin profesyonel sağlık kuruluşları tarafından seçilmesi gerektiğini belirtmiştir.
 - DRL'lerin izlenme periyodu, gözlenen doz dağılımındaki uzun vadeli değişiklikler ile istikrar arasında bir denge oluşturmalıdır.
 - DRL ülkeye yada bölgeye özgü olabilir.

Neden Referans Seviyeleri Kullanıyoruz?

- ICRP 103 Yayını (2007) – Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi 2007 Tavsiyeleri
 - ICRP 73'teki DRL tanımınının pekiştirilmesini sağlamıştır.
 - DRL terimini hem teşhis amaçlı hem de girişimsel tıbbi prosedürler için kullanmaktadır
 - DRL yaklaşımının ana amacının, hasta dozunda sınırlamaya gitmeden hasta korunumunun optimizasyonu olarak ifade eder.

Neden Referans Seviyeleri Kullanıyoruz?

- ICRP 103 Yayını (2007) – Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi 2007 Tavsiyeleri
 - DRL, spesifik bir görüntüleme prosedürü için rutin koşullarda hasta dozunun olağandışı yüksek yada düşük olduğunu ifade etmekte kullanılır.
 - Bu durumda yerel kontrol gereklidir - Düzeltme Gerekli mi?
 - DRL'ler, hasta dozu ile ilgili kolayca ölçülebilen nicelikler cinsinden ifade edilmelidir.

Neden Referans Seviyeleri Kullanıyoruz?

- EC Medikal Işınlama Direktifi 97/43/Euratom (1997)
 - Tüm üye ülkelerin DRL'leri belirlemesini ve kullanmasını teşvik etmiştir.
 - DRL, tipik incelemeler ve standart boyutlu hasta grubu yada standart fantomlar için doz seviyeleri olarak ifade edilir.
 - İngiltere'de DRL'lerin kullanımını ile ilgili EC direktif tavsiyelerinin çoğu, İyonize Radyasyon (Medikal Işınlama) Yönetmeliği IR(ME)R 2000'de yerine getirilmiştir.

Hasta Dozu Verisi Toplama

- Diagnostik Referans Seviyelerini belirlemek için hasta dozu verisi toplanmalıdır.
 - İlk aşama standart incelemeler ve hassas hastalar (pediatrik hastalar) üzerinde gerçekleştirilen incelemeler için doz verisi toplamaktır.
 - İngiltere’de ilk DRL’ler yada referans dozlar, Ulusal Radyolojik Korunma Kurulu’nun (National Radiological Protection Board, NRPB) hasta dozu anketinden türetilmiştir.

DRL Etkinliği

İngiltere'de, verilerin yaklaşık 5 yılda bir toplandığı 1980'lerin ortalarından beri, 2005 anketi sonuçlarından belirlenen DRL değerleri, 2000 anketine karşılık gelen değerlerden % 16 daha düşük ve 1980'lerin ortasında yapılan bir ankete karşılık gelen değerlerden yaklaşık % 50 daha düşüktür.

Tipik İncelemeler

- Radyografi (Chest PA, Abdomen, Lumbar Spine vb)
- Mamografi
- Diş Röntgeni
- Bilgisayarlı Tomografi (BT)
- Kolon Grafisi (Tek yada Çift Kontrastlı)
- Diğer Floroskopik İncelemeler (PTC, ERCP vb)
- Pediatrik Radyografi
- Girişimsel Radyoloji (Karmaşık İncelemeler)

Hasta Dozu ile İlgili Nicelikler

- Giriş Yüzey Dozu (Entrance Surface Dose, ESD)
 - Doz ölçerler (İyon odası, katı hal dedektörü) ile ölçülebilir yada ışınlama parametreleri ve geometrisi kullanılarak hesaplanabilir
 - Termoluminesans Dozimetre (Thermoluminescent dose meter (TLD))
- Doz Alan Çarpımı (Dose-Area Product, DAP)
 - DAP metre ile ölçülebilir.
- Ağırlıklı Bilgisayarlı Tomografi Doz İndeksi (CTDI_w) yada Doz-Uzunluk Çarpımı (Dose-Length Product, DLP)

Giriş Yüzey Dozu (ESD)

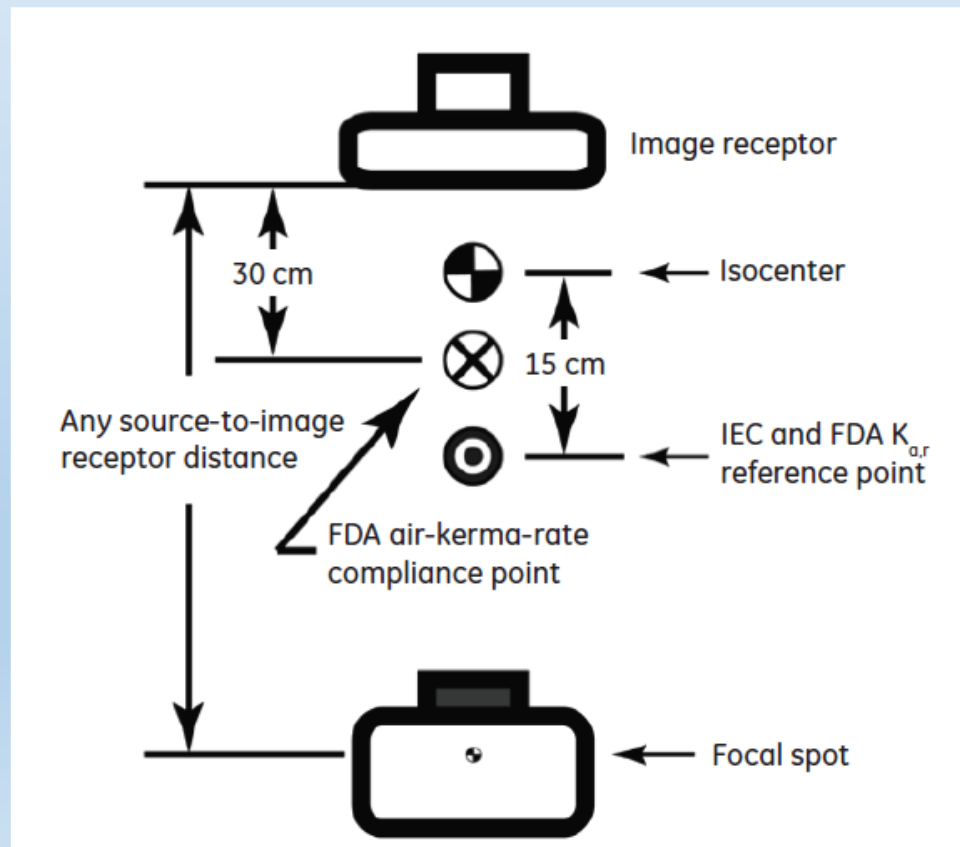
- TLD
- Küçük ve göze çarpmaz
- Geri saçılmayı tamamen içerir
- TLD materyalinin atom numarası yumuşak dokununkine eşdeğer ve bu nedenle görüntüde gözükmez
- Küçük olduğundan kolay kaybolabilir
- Kalibrasyon gereklidir
- Doğal fon radyasyonu düzeltmesi yapılmalıdır.
- Karmaşık girişimsel radyoloji incelemelerinde ışınlama alanının dışında kalma olasılığı vardır.

Doz-Alan arpımı (DAP)-DAP Metre

- Büyük alanlı iyon odasıdır.
- DAP, ışınlanan bölgeye aktarılan enerjiyle dolayısıyla riskle orantılıdır.
- X-ışını demeti, her zaman büyük alanlı iyon odasının içinde kalır. Hastaların farklı açılardan ışınladığı karmaşık incelemeler için, DAP ölçüm yöntemi mükemmel sonuç verir.
- DAP, kaynak hasta mesafesinden bağımsızdır.
- Cilt giriş dozunu vermez.
- Yerinde kalibrasyon gereklidir.

Hastanın Girişinde Referans Noktada Hava Kerma Değeri ($K_{a,r}$)

- The International Electrotechnical Commission (IEC, 2010) refers to this quantity as ‘reference air kerma’.



CTDI_{vol} ve DLP

- CTDI_{vol}(mGy), farklı BT tarama protokollerinin, ışınlama parametreleri ayarlarının (kVp, mAs vb) karşılaştırılmasında kullanılabilir.
- DLP, inceleme için ışınlanan bölge hacmi ve toplam radyasyon dozu hakkında bilgi verir.
- CTDI_{vol}, 100 mm uzunluğunda kalem tipi iyon odası ve perspektif fantom dizisi kullanılarak ölçülebilir.



CTDI_{vol} ve DLP

Bilgisayarlı Tomografi Doz İndeksi (CTDI)

CTDI₁₀₀ aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$CTDI_{100} = \frac{1}{nT} \int_{L=-50mm}^{+50mm} D(z) dz$$

z- yönündeki merkezi kesitteki ağırlıklı CTDI,

$$CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_{100,center} + \frac{2}{3} CTDI_{100,periphery}$$

Spiral BT'de doz, pitch faktörü ile ters orantılıdır

$$Dose \propto \frac{1}{Pitch}$$

CTDI_{vol} ve DLP

Bilgisayarlı Tomografi Doz İndeksi (CTDI)

Spiral BT'deki doz-pitch faktörü arasındaki ilişkiden dolayı, ağırlıklı (CTDI_w) yerine hacimsel (CTDI_{vol}) tanımlanır.

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{Pitch}$$

CTDI_{vol} ile z yönündeki tarama uzunluğunun çarpımı, Doz-uzunluk çarpımı (Dose Length Product, DLP) olarak adlandırılır.

$$DLP = CTDI_{vol} \times L$$

DRL İçin Hasta Seçimi

- Yetişkin hasta için ağırlık aralığı ortalama 70 kg olmak üzere, 50-90 kg aralığıdır.
- İngiltere'de ortalama ağırlık 70 ± 5 kg seçilmiştir. Birçok lke için ortalama ağırlığın 70 ± 10 kg olarak seçilmesi uygundur.
- DRL'i belirlemek için 50 hasta verisinden daha az veri kullanılıyorsa ortalama ağırlık olarak 70 ± 5 kg ve ağırlık aralığı 60-80 kg olarak alınmalıdır.
- Diagnostik Referans Seviyelerini belirlemek için herhangi bir görüntüleme merkezindeki diagnostik radyoloji incelemeleri için en az 20 hasta, diagnostik floroskopi ve BT için tercihen 30 hasta ve mamografi için ise en az 50 hasta verisi toplanmalıdır.

Pediatric İncelemelerde DRL'in Belirlenmesi İçin Hasta Seçimi

Pediatric incelemelerde DRL'ler belirlenirken farklı ağırlık aralıkları kullanılmaktadır.

< 5kg , 5 - < 15kg , 15 - < 30kg , 30 - < 50 kg , 50 - < 80 kg

Eğer çocuk hastalar için sadece yaş bilgisi mevcutsa yaş aralığına göre sınıflandırma yapılmalıdır. 0, 1, 5, 10 ve 15 yaşları etrafına yaş aralıkları kullanılır.

Diagnostik Referans Seviyeleri İçin Temel Özellikler

- ✓ DRL işlemi, yerel bir sağlık kuruluşunda medikal görüntüleme prosedürü için tanımlanmış klinik görev için uygulanan iyonize radyasyon miktarının, temsili bir hasta grubu (tek bir hasta için değil) ve rutin koşullar için çok yüksek yada çok düşük olup olmadığını değerlendirmek için kullanılmalıdır.
- ✓ DRL'ler yetkili kurumlar tarafından belirlenebilir. Sayısal DRL değerleri tavsiye niteliğindedir. Bununla birlikte, yetkili bir kuruluş DRL kavramının uygulanmasını gerektirebilir.
- ✓ DRL değerleri doz limiti olarak kullanılmamalıdır. Doz limitleri hastaların medikal ışınlamalarına uygulanamaz DRL değerleri, ayrıca bireysel hastalar veya bireysel incelemeler için tetikleyici (uyarı veya alarm) seviye olarak kullanılmamalıdır .

Diagnostik Referans Seviyeleri İçin Temel Özellikler

- ✓ DRL değeri, anketlerden yada diğer yollardan elde edilen DRL niceliğinin medyan dağılımının üçüncü çeyreği (%75) olarak alınır.
- ✓ DRL değerleri statik değildir. Medikal incelemelerin optimizasyonu devam ettikçe veya donanım ve yazılım geliştirildiğinde, DRL değerleri düzenli olarak güncellenmelidir. Yeni görüntüleme teknikleri kullanılmaya başlandığında, DRL değerinin belirlenmesi için uygun DRL niceliği en kısa sürede ölçülmelidir.
- ✓ Ulusal ve bölgesel DRL'ler 3-5 yıl gibi düzenli aralıklarla gözden geçirilmelidir. Teknolojide önemli değişiklikler yapıldığında, yeni görüntüleme protokollerinde veya iyileştirilmiş görüntü işleme durumlarında daha sık aralıklarla güncellenmelidir.
- ✓ Girişimsel prosedürler için prosedürün karmaşıklığı DRL değeri belirlenirken göz önünde bulundurulmalıdır. DRL değeri için bir çarpım faktörü olabilir. Bir prosedürün daha karmaşık durumlarında DRL değeri için bir çarpım faktörü uygun olabilir.

Diagnostik Referans Seviyeleri İçin Temel Özellikler

- ✓ Hastane ve radyoloji bilgi sistemi (Hospital and radiology information systems (HIS and RIS, respectively) çok sayıda hasta için veri sağlayabilir, ancak hastanın kilosunu içermeyebilir. Tüm DRL anketlerinde olduğu gibi, sonuçların doğruluğu veri girişinin doğruluğuna bağlıdır.
- ✓ Fantomlar, mamografi, radyografi ve floroskopi cihazlarının performansını değerlendirmek için uygun bir ilk adım sağlayabilir. Ancak fantomların kullanımı, gerçek hasta çalışmalarının yerini almamalıdır. Hasta klinik incelemelerinden elde edilen veriler ancak DRL niceliklerinin belirlenmesini sağlar.

Nükleer Tıp İncelemelerinde DRL

Nükleer tıp için ideal DRL miktarı, belirli bir klinik amaç için belirli bir radyonüklidin vücut ağırlığına göre uygulanan aktivitesidir (MBqkg^{-1}).

Komisyon, bu ağırlık temelli aktivite uygulamasını çocuklar, gençler ve düşük ağırlıklı hastalar ve diğer gruplar için önermiştir. Sabit maksimum aktivite uygulaması obez hastalar için uygulanabilir.

Ağırlığa dayalı aktivite uygulaması radyofarmasötikin ağırlıklı olarak tek bir organda yoğunlaştığı (örneğin, tiroid taramaları, akciğer perfüzyon taramaları) incelemeler için uygun olmayabilir.

Hibrit görüntüleme sistemleri için (SPECT-CT, PET-CT), DRL her bir modalite için birbirinden bağımsız olarak ayarlanıp verilmelidir.

Nükleer Tıp İncelemelerinde DRL

ABD'de PET incelemelerinde yetişkin hasta için uygulanan aktivite 370-740 MBq

Avrupalı Nükleer Tıp Derneği, yetişkin bir hasta için (70 ± 5 kg) iki boyutlu görüntüleme modu için uygulanacak aktivite miktarını 380 MBq ve üç boyutlu görüntüleme modu için 190 MBq olarak önermiştir.

TOF tekniği kullanan PET sistemlerinde uygulanan aktivite % 20 daha azdır (4.3 ten 3.5 MBq kg^{-1}).

Fransa'da 2011-2012 yılları arasında tüm nükleer tıp bölümlerinde gerçekleştirilen hasta araştırmasında tüm vücut PET-CT için uygulanan ortalama ^{18}F FDG aktivite miktarı 4.3 MBq kg^{-1} .

Nükleer Tıp İncelemelerinde DRL

PET-CT sistemlerinde, CT taraması anatomik lokalizasyon ve foton azalımı düzeltmesi için kullanılıyorsa, vücut diagnostik CT için yürürlükteki DRL değerleri çok yüksektir. PET-CT sistemleri arasındaki geniş farklılıklara rağmen ($CTDI_{vol}$ değerlerinde 4 kata kadar farklar mevcuttur), tüm vücut PET-CT için $CTDI_{vol}$ olarak 8 mGy ve DLP olarak 750 mGy önerilmiştir.

Mamografide DRL

2006 Avrupa yönergeleri (EC, 2006), farklı kalınlıklı PMMA (Polimetil metakrilat) tabakalarının ışınlanmasına karşılık gelen ortalama glandüler dozunun hesaplanmasını önermektedir. İngiltere'de bu amaç için kullanılan fantom 160 mm çapında ve 45 mm kalınlığında PMMA fantomudur. Bu fantom 53 mm kalınlıklı standart gerçek memeye eşdeğer kabul edilmektedir.

İngiltere Meme Tarama Programı, bu standart memeye karşılık gelen DRL'i 2.5 mGy olarak önermiştir.

Amerika'da ise bu amaç için mamografi cihazlarının akreditasyonunda kullanılan 4.2 cm kalınlıklı standart fantom kullanılmaktadır. ABD Federal yönetmelikleri, fantomun bir ışınlaması başına ortalama glandüler dozu 3 mGy ile sınırlandırmıştır.

Mamografide DRL

Mamografide genel yaklaşımla, 5.0 ± 0.5 cm sıkıştırılmış meme kalınlıkları için DRL değerlerini belirlemektir.

Farklı meme kalınlıkları için DRL değerlerini belirlemek çok daha karmaşıktır, ancak mamografide DRL yaklaşımını geliştirmek için iyi bir yaklaşım olabilir.