

RADYASYON FİZİĞİ 4

Prof. Dr. Kıvanç Kamburođlu

Filtrasyon

- X ışın demeti içerisinde farklı enerjili fotonlar bulunur (farklı dalga boylu ışınlar heterojen ışın demetini ifade eder)
- Sadece, anatomik yapılardan geçerek (penetre olarak) imaj reseptörüne (film ya da sensör) ulaşabilecek yeterli enerjili fotonlar diagnostik radyolojide yararlıdır
- Düşük enerjili fotonlar ise imaj reseptörüne ulaşamazlar; hastanın fazla ışın almasına neden olurlar ve herhangi bir faydaları yoktur

- Hasta dozunu azaltmak için düşük enerjili fotonlar ışın demetinden uzaklaştırılmalıdır
- Düşük enerjili fotonların uzaklaştırılması, kısmen, ışın demetinin önüne *alüminyum filtre* yerleştirilerek başarılabilir
- Alüminyum filtre tercihen düşük enerjili fotonların birçoğunu uzaklaştırırken yüksek enerjili fotonları daha az etkiler (yüksek enerjili fotonlar imaj oluşumunda belirleyicidirler)

- Doğal filtrasyon, x ışını fotonlarının fokal spot'dan tübün dışına yolculuğu sırasında karşılaştığı materyallerdir
 - 1- X ışın tübünün cam çerçevesi
 - 2- Dental tübü çevreleyen yalıtıcı yağ
 - 3- Yağın dışarı sızmasını önleyen bariyer
- Çoğu X ışın cihazında doğal filtrasyon 0.5mm ile 2 mm arasında alüminyum eşdeğeridir

- Total filtrasyon, doğal filtrasyon ve ilave harici filtrasyonun toplamı olarak ifade edilir
- İlave filtrasyon, x ışın tübü başının çıkışına yerleştirilen alüminyum disk yardımıyla sağlanır
- Total filtrasyon, 70 kVp'ye kadar olan cihazlar için 1.5 mm Al eşdeğeri, daha yüksek voltajlı cihazlar için ise 2.5 mm Al eşdeğeridir

Kolimasyon

- Kolimatör, ortasında delik bulunan metal bir bariyerdir
- X ışın demetinin ebadını daraltarak ışınlanan doku hacmini küçültür
- Diş hekimliğinde, sıklıkla yuvarlak ve dikdörtgen kolimatörler kullanılır
- Dental X ışınları genellikle hasta yüzünde 7 cm çapında dairesel bir bölgeye kolime edilir

- Yuvarlak kolimatör genellikle kurşundan yapılmış kalın radyoopak materyaldir
- X ışını cihazının içerisinde x ışınının çıkış bölgesinin üzerinde ortası sirküler bir delik şeklindedir
- Açık sonlu pozisyonlandırma silindirlerinin içinde bulunur
- Dikdörtgen kolimatör ise dedektörden biraz daha büyük bir alanın ışınlanmasını ve böylece hastanın daha az ışın almasını sağlar

- Kolimasyon yapılması imaj kalitesini de arttırır
- X ışını hastaya geldiğinde, sert ve yumuşak dokular fotonların %90'ını absorbe ederken ancak %10'u hastayı geçerek dedektöre ulaşır
- Absorbe edilen fotonların birçoğu saçılmaya uğrayarak her yöne dağılırlar
- Saçılan fotonların bazıları sensöre ya da filme ulaşarak imaj kalitesini düşürür
- X ışınının daraltılması, ışınlama alanını da daraltarak sensöre ya da filme ulaşan saçılan foton sayısını azaltır

- Konun uzunluğu (FFD) değiştiği zaman 7 cm. apı aşmamak için kollimatrn ortasındaki deliğin çapı değiştirilmelidir
- Bunu hesap etmek için Tales bağıntısından yararlanılır

Örn: FS - Film Mesafesi $a = 40 \text{ cm}$

FS - Kollimatör $b = 2 \text{ cm}$

Kollimatör çapı $x = ?$

$$X / 2 = 7 / 40$$

$$X = 14 / 40$$

$$X = 0.35 \text{ cm}$$

Ters Kare Kanunu (Inverse Square Law)

- X ışın demetinin intensitesi (şiddeti) (birim ışınlama zamanında, belli bir alandaki foton sayısı) ölçüm cihazının fokal spota olan mesafesine bağlıdır
- *Belli bir ışın demeti için, ışının şiddeti, ışın kaynağından olan mesafenin karesiyle ters orantılıdır*

- Işın şiddeti mesafenin karesiyle ters orantılıdır yani x ışını kaynağından uzaklaştıkça ışının şiddeti azalır çünkü; x ışını demeti kaynaktan çıktıktan sonra konik bir şekil gösterir (kaynaktan açılarak yol alır)

Örnek:

- Eğer 2 m uzaklıkta 1 Gy doz ölçülmüşse
1m uzaklıkta 4Gy
4m uzaklıkta ise 0.25Gy doz ölçülür

- X ışın tübü ve hasta arasındaki mesafenin değişmesi cilde gelen ışın şiddetini etkiler
- Bu nedenle kVp ve mA ayarlarının değiştirilmesi ile filme ya da sensöre gelen ışınlamanın sabit kalmasına çalışılır

Işın şiddetini etkileyen faktörler:

- kVp
- mA
- Ekspoz süresi
- Mesafe

Işın Şiddeti

Ters Kare Kanunu:

$$\frac{(\text{Orjinal intensite})}{(\text{Yeni intensite})} = \frac{(\text{Yeni mesafe})^2}{(\text{Orjinal mesafe})^2}$$

Ters Kare Kanunu

Işın Şiddeti

$$\frac{1}{x} = \frac{40^2}{20^2}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1600}{400}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{4}{1}$$

$$x = 1/4$$

Örnek:

Eğer kon uzunluğu 20cm'den 40cm'ye çıkarılırsa ışın şiddeti bu artıştan nasıl etkilenir?

Ters Kare Kanunu

Işınlama Zamanı

$$\frac{1s}{x} = \frac{20^2}{40^2}$$
$$\frac{1s}{x} = \frac{400}{1600}$$
$$\frac{1s}{x} = \frac{1}{4}$$

$$x = 4 \text{ saniye}$$

Örnek:

Eğer 20 cm'lik kon ile
ekspoz süresi 1 saniye
ise 40 cm'lik kon ile
ekspoz süresi kaç
saniyedir?

X Işınlmasının Madde ile Etkileşimi

- Dental ışınlama esnasında x ışınları hastanın yüzünden girererek sert ve yumuşak dokularla etkileştikten sonra dijital sensöre veya filme çarparlar
- Çıkan x ışını demeti farklı enerjili fotonlardan oluştuğu için heterojendir

- X ışını fotonları hastadan geçişleri sırasında atenuasyona uğrarlar
- Atenuasyon, ışının zayıflaması ve yoğunluğunun azalmasıdır
- Atenuasyonun nedeni ışın demeti içerisindeki fotonların madde atomları ile olan etkileşimidir
- Fotonlar geçişleri sırasında ya absorbe edilirler ya da saçılırlar

- Absorbsiyon etkileşimleri meydana gelirse, fotonlar, absorbe edici madde atomlarını iyonize ederler ve enerjilerini fırlatılan elektronun kinetik enerjisine çevirerek yok olurlar
- Saçılma etkileşimi olayında ise fotonlar absorbe edici madde atomları ile etkileşime girdikten sonra farklı yönde hareketlerine devam ederler

- Dental amaçlı kullanılan bir x ışını demetinde atenuasyon üç şekilde oluşur

1 – Koherent Saçılma (Coherent Scattering)

2 – Fotoelektrik Absorbsiyon (Photoelectric Absorption)

3 – Kompton Saçılma (Compton Scattering)

Bunların dışında, primer fotonların % 9'unun hastadan geçişi sırasında herhangi bir etkileşim gözlenmez

Koherent Saçılma (Coherent Scattering)

- Koherent Saçılma aynı zamanda klasik, elastik veya Thompson Saçılma olarak da bilinir
- Düşük enerjili bir fotonun ($< 10\text{keV}$) atomun dış yörüngesindeki bir elektronun yakınından geçmesi sırasında oluşur
- Gelen foton, elektronla etkileşime girerek elektronun kendisiyle aynı frekansla uyarılmasına ve titreşmesine neden olur

- Gelen foton kaybolurken, uyarılan elektron ise eski haline döner ve gelen demet ile aynı frekansta (enerjide) başka bir x ışını fotonu oluşturur
- Genellikle, sekonder foton, gelen fotonla belli bir açı ile emisyon (yayımla) gösterir ve gelen fotonun doğrultusu değişir
- Dental ışınlamada görülen toplam etkileşimlerde, koherent saçılmanın payı yaklaşık %7'dir

- Koherent saçılmanın görüntüde bulanıklık (fog) oluşturmaya etkisi çok azdır çünkü; saçılan fotonların sayısı azdır ve enerjileri çok düşük olduğundan filme veya sensöre erişemezler

Fotoelektrik Absorbsiyon

- Fotoelektrik Absorbsiyon diagnostik görüntüleme de önemlidir
- Gelen fotonun, absorbe edici madde atomunun iç orbitalinden bir elektron ile etkileşmesi sonucu oluşur
- Foton, elektronu orbitalinden fırlatır ve onu fotoelektrona (recoil electron) dönüştürür
- Bu noktada gelen foton kaybolur

- Fotoelektronun kinetik enerjisi, gelen foton enerjisi ile elektronun bağlanma enerjisi farkına eşittir
- Çoğu fotoelektrik etkileşimler 1. orbitalde meydana gelir çünkü bu bölgede elektron bulutunun yoğunluğu en büyüktür ve etkileşim olasılığı daha fazladır
- Dental x ışını demeti ışınlamasında fotoelektrik absorpsiyon etkileşimi yaklaşık %23 oranında görülür

- Fotoelektrik etkileşimde, atom bir elektron kaybederek iyonize olur
- Genellikle bu elektron kaybı 1. orbitalde yer alır ve hemen 2s veya 2p orbital elektron tarafından doldurulurken karakteristik radyasyon salınır
- Yeri değişen elektronun orbitali ne olursa olsun oluşan karakteristik fotonlar düşük enerjilidirler ve bu nedenle hasta tarafından absorbe edilirler ve görüntüde bulanıklık oluşturmazlar

- Fotoelektrik absorpsiyon esnasında oluşan fotoelektronlar absorbe edici maddede kısa mesafe giderler ve sekonder iyonizasyonlarla enerjilerini verirler
- Fotoelektrik etkileşim sıklığı absorbe edici maddenin atom numarasınının 3. dereceden kuvveti ile ilişkilidir

Örnek

- Kompakt kemiğin efektif atom numarası ($Z=13.8$) yumuşak dokununkinden ($Z=7.4$) daha büyüktür
- Her iki dokunun eşit kalınlıkları için fotonun fotoelektrik etkileşim ile absorbe olma olasılığı kemik için yumuşak dokuya oranla yaklaşık olarak 6.5 kat daha fazladır

$$(13.8)^3 / (7.4)^3 = 6.5$$

Compton Saçılması

- Bir fotonun dış orbitaldeki bir elektron ile etkileşime geçmesi sonucu ortaya çıkar
- Dental amaçlı ışınlamada Compton saçılmanın oranı %49'dur
- Bu etkileşimde gelen foton dış orbitalden bir elektronla çarpışarak ona kinetik enerji verir ve fırlamasına neden olur (recoil electron oluşur)
- Gelen fotonun yönü değişir ve çarpma yönünden farklı yeni bir yönde saçılma oluşturur

- Saçılan fotonun enerjisi, gelen fotonun enerjisinden recoil elektronunun kazandığı kinetik enerji ile elektronun bağlanma enerjisinin toplamından çıkarılmasıyla bulunur
- Fotoelektrik absorpsiyonda olduğu gibi copmton saçılmada da elektron kaybı ve absorbe edici atomun iyonizasyonu söz konusudur
- Saçılan fotonlar yeni yollarına devam ederlerken başka iyonizasyonlara yol açarlar
- Recoil elektronlar da diğer atomları iyonize ederek enerjilerini salarlar

- Compton Saçılma etkileşiminin gerçekleşme olasılığı absorbe edici maddenin elektron densitesi ile doğrudan ilişkilidir
- Kemikteki elektron sayısı ($5.55 \times 10^{23} / \text{cc}$) yumuşak dokudakinden daha fazladır ($3.34 \times 10^{23} / \text{cc}$)
- Bu nedenle kemikte compton saçılma görülme olasılığı daha yüksektir
- Saçılan fotonlar her yönde hareket eder
- Saçılan bu fotonlar hiçbir yararlı bilgiyi içermezler, görüntüyü karartır ve görüntünün kalitesini düşürür