

RADYASYON FİZİĞİ 3

Prof. Dr. Kıvanç Kamburođlu

- X ışın cihazında bulunan güç kaynağının görevleri
 - 1- Filamentin ısınması için düşük voltaj sağlamak
 - 2- Anot ve katot arasında yüksek potansiyel farkı yaratmak
- X ışını tübü ve 2 adet transformator, tüb başı adı verilen elektriksiz olarak topraklanmış metal bir çerçeve içerisinde bulunur
- Elektrigi yalıtan bir materyal olan yağ, tübü ve transformatorü çevreler

Tüp Akımı

- Tüp akımı elektronların tüp içinde katot filamentinden anoda ve tekrar katota geri yönlü olan akımını ifade eder
- *Filament transformatörü* gelen alternatif akımı filament devresi için 10 Volta düşürür
- Filament akımı mA (miliamper) ile ayarlanır ve filamentin sıcaklığı ile salınan elektronların sayısını belirler (sıcaklık ve e sayısı doğru orantılıdır)

- mA(miliamper) tüp akımını ifade eder ve tipik olarak 10 mA civarındadır
- Tüp akımı aynı zamanda tüp voltajına da bağlıdır (katot anot arası voltaj artarsa akım da artar)
- Isınan filamentten elektronlar salınır ve filament etrafında negatif şarjlı bir bölge oluşur (negatif şarj arttıkça daha çok elektron salınır)
- Anodun pozitif yükünün çekimiyle de elektronlar filamentten çekilir (Artan voltaj bu çekimi artırır)

Tüp Voltajı

- Elektronlara X ışını oluşturmaları için yeterli enerjiyi kazandırmak ancak katot ve anot arasında yüksek voltaj oluşturmak ile olasıdır
- X ışınında kullanılan asıl voltaj *ototransformatör* ile ayarlanır
- Kilovolt peak (kVp) selektörü kullanılarak ototransformatör aracılığıyla, primer voltaj, istenen sekonder voltaja dönüştürülür

- Böylece, elektronların pik enerjisi 60-100 keV'ye fırlayarak x ışını oluşumu için yeterli enerji sağlanmış olur
- kVp seçimi anot ve katot arasındaki pik voltajı belirler
- Seçilen sekonder voltaj, yüksek voltaj transformatorüne uygulanarak gelen akımın 220V olan pik voltajını 60000-100000 V (60-100 kV)'ye yükseltir

- Hat akımı saniyede 60 döngü (cycle) yapar (anot-target pozitif ve katot-filament negatif)
- X ışın cihazının çalışma voltajı kVp ile ifade edilir ve devamlı değişir
- Tüp voltajı arttıkça anoda hareket eden elektronların hızı da artar
- Voltaj yüksek olursa targette x ışını oluşumu daha etkin olur
- Her bir döngünün (cycle) ortasında x ışın intensitesi pik yapar

- Her bir döngünün devam eden yarısında (negatif yarısında) filament pozitif ve target negatif olur
- Bu dönemlerde elektron akımı olmaz ve x ışını oluşmaz
- Döngünün bu yarısına ters voltaj (inverse voltage) veya (reverse bias) adı verilir
- Alternatif akımda (AA) 60 cycle (döngü) ile 1/120 saniyelik evrede x ışını oluşur

- AA döngüsünün yarısında x ışın oluşumu dental x ışın cihazlarının özelliğidir ve buna *self rektifiye veya yarım dalga rektifiye* denir
- Bazı üreticiler, 60 döngülük AA yarım rektifiye konvansiyonel cihazlara alternatif olarak tam rektifiye sabit potansiyelli cihazlar üretmektedir
- Bu cihazlarda, ortalama x ışın demeti enerjisi daha yüksektir, görüntüler uzun kontrast skalasına sahiptir ve daha düşük ışınlama dozu kullanılır

Timer

- Timer, yüksek voltaj devresine ışınlama süresini kontrol etmek için yerleştirilmiştir
- Elektronik timer, tübe yüksek voltaj uygulanan süreyi belirleyerek tüp akımı ve x ışını oluşumu süresini ayarlar
- Yüksek voltaj uygulanmadan önce filamentin uygun sıcaklığa getirilerek yeterli elektron emisyonu sağlaması gerekir
- Filamentin sürekli olarak ısıtılması, onun ömrünü kısaltır

- Bu durumu önlemek amacıyla, timing devresi aracılığıyla, önce filamentte yarım saniyelik bir akım gönderilerek onu uygun sıcaklığa getirdikten sonra yüksek voltaj devresine güç uygulanır
- Bazı devre dizaynlarında, filamentten sürekli bir düşük düzey akımı geçirilerek filamentin güvenli düşük ısıda tutulması sağlanır ve filamentin öncü ısıtması işlemi nedeniyle kaybedilen zaman kazanılır (bu tür cihazlar, çalışma saatlerinde açık olarak tutulabilir)

İmpuls ve saniye

- Bazı timerlar, *saniye birimi* bazıları ise ışınlamadaki *impuls sayıları* kullanılarak kalibre edilirler
- İmpuls sayısının 60'a (güç kaynağının frekansı) bölünmesi ile ışınlama (ekspoz) süresinin saniye cinsinden ifadesi bulunur
- İmpuls sayısının 30 olduğu bir düzenekte ışınlama süresi $30 / 60 = \frac{1}{2} = 0.5$ (yarım saniye) olarak hesaplanır

- Anotun target bölgesinde oluşan sıcaklık, *ısı birimi (heat units, HU)* ile belirtilir
- $HU = kVp \times mA \times \text{saniye}$
- Dental radyolojide kullanılan tüplerde kullanılan anodun ısı depolayabilme kapasitesi yaklaşık 20 kHU olarak hesaplanmıştır
- Isı, targetden bakıra, sonrasında ise yağ tabakası ve tüp koruması aracılığı ile atmosfere salınır

- *Tube rating chart (Tüp rating çizelgesi)*, x ışını cihazında target materyaline aşırı ısınmadan dolayı zarar verilmeden belli bir kVp ve mA aralığında en uzun süreli ışınlama aralığı olasılığını belirtir (özellikle ekstraoral amaçlı olarak kullanılan dental x ışını cihazlarında dikkate almakta yarar vardır)
- *Duty cycle (Çalışma döngüsü)*, başarılı ışınlamaların yapılabilmesi için gereken frekansı ifade eder (bu zaman aralığı ısı iletimine olanak vermelidir)

X Işını Oluşumu

- Filamentten taržete doğru hareketlenen yüksek hızlı elektronların çoęu target elektronları ile etkileşime girer ve enerjilerini ısı olarak açığa çıkarırlar
- Nadiren, elektronlar kinetik enerjilerini *bremsstrahlung* ve *karakteristik radyasyon* oluşumu ile x ışını fotonlarına dönüştürürler

Bremsstrahlung Radyasyonu (Frenleme Radyasyonu)

- Yüksel hızlı elektronların, targetteki tungsten çekirdeği tarafından ani olarak durdurulması ya da yavaşlatılması bremsstrahlung fotonlarını üretir
- Almanca'da bremsstrahlung "frenleme radyasyonu" anlamına gelir
- Nadiren, filament elektronları direkt olarak target atomunun çekirdeğine çarparlar (böyle bir durumda elektronun kinetik enerjisi tek x ışını fotonuna dönüşür)

- Daha sıklıkla, yüksek hızlı elektronlar atom çekirdeğinin yakınından geçerken etkileşime girerler
- Elektron, pozitif yüklü çekirdek tarafından çekilir, yönü çekirdeğe doğru değişirken hızının bir kısmını kaybeder
- Bu yavaşlama, elektronun kinetik enerji kaybına neden olur ve bu kayıp birçok yeni foton olarak açığa çıkar

- Yüksek hızlı elektronlar çekirdeğe yakınlaştıkça çekirdek ve elektron arasındaki elektrostatik çekim ile birlikte frenleme etkisi ve fotonların frenleme enerjisi de artar
- Dental x ışını cihazları 70 kVp pik voltaj ile çalışırlar (voltaj maksimum 70 kVp olacak şekilde, foton enerjileri de maksimum 70 keV olacak şekilde dalgalanmalar gösterirler)

- Target ve filament arasında değişen voltaj nedeniyle targete çarpan elektronlar değişen oranda kinetik enerjiye sahiptirler
- Hızlanan elektronlar tungsten çekirdeğinin yakınından değişik uzaklıklardan geçerlerken farklı oranda yön değiştirirler ve farklı frenleme enerjileri oluşur

X IŞIN TÜPÜNDE PRİMER
RADYASYON KAYNAĞI
FRENLEME RADYASYONUDUR

Karakteristik Radyasyon

- X ışın demetindeki fotonların küçük bir kısmı karakteristik radyasyona neden olur
- Karakteristik radyasyon, gelen elektronun tungsten targetin iç yörüngesinden bir elektronu yerinden fırlatması ile oluşur
- Böyle bir durumda, dış yörüngedeki bir elektron iç yörüngedeki boşluğu doldurur
- Bu esnada, her iki yörünge arasındaki bağlanma enerjilerinin farkına eşit miktarda enerjiye sahip bir foton salınır

- Karakteristik fotonların enerjileri farklıdır çünkü; orbital seviyeler arasındaki enerji seviye farklarını temsil ederler
- Target atomlarının enerji düzeyleri ile karakterizedirler
- Farklı atomların farklı yörüngelerinde enerji düzeyleri değişkenlik gösterir
- Oluşan fotonların enerjileri target atomuna özgüdür bu yüzden *karakteristik radyasyon* adı verilir

X Işın Demetini Kontrol Eden Faktörler

X ışın demetinin modifikasyonu

- 1- Işınlama süresi (timer)
- 2- mA
- 3- Enerji (kVp ve filtrasyon)
- 4- Demetin şekli (kolimasyon)
- 5- Yoğunluk (target hasta mesafesi)

Ekspoz süresi

- Işınlama (Ekspoz) süresini değiştirmek oluşan fotonların sayısını artırır
- Işınlama süresi iki kat arttırıldığında, tüm enerji düzeylerindeki x ışın emisyonunda oluşan fotonların sayısı ikiye katlanır ancak foton enerji aralığı değişmez

Tüp Akımı (mA)

- Oluşan radyasyonun miktarı (hasta ve reseptöre ulaşan foton sayısı) tüp akımı (mA) ve süre ile doğru orantılıdır
- mA artarsa filamente daha çok güç gider ve ısı artışıyla birlikte daha çok elektron salınımına neden olur
- Oluşan radyasyon miktarı zaman ve tüp akımı ile ifade edilir

$$mA_1 \times s_1 = mA_2 \times s_2$$

mAs değişmez

- Bir x ışını cihazınının 10 mA ve 1 saniye (10 mA) ile çalışması ile oluşan radyasyon miktarı ile 20 mA ve 0.5 saniye (10 mA) ile çalışması ile oluşan radyasyon miktarı aynıdır
- Işın kantitesi (miktarı) veya ışın intensitesi (şiddeti-yoğunluğu) x ışınındaki foton sayısını ifade eder

Tüp Voltajı

- kVp artışı katot-anot arası potansiyel farkını arttırarak elektronların targete çarpma enerjisini de arttırır
- Böylece, elektron enerjisinin x ışını fotonlarına daha etkin dönüşümü sağlar
- Foton sayısı, fotonların ortalama enerjileri ve fotonların maksimum enerjileri de artar

- X ışın fotonlarının maddeye penetre olabilme yetenekleri enerjilerine bağlıdır
- Yüksek enerjili fotonlar maddeye daha iyi penetre olurken düşük enerjililer daha kolay absorbe edilir
- Yüksek kVp ve yüksek ortalama foton enerjisi maddeye penetrasyonu artırır
- X ışın demetinin penetrasyon kalitesini ifade etmenin faydalı bir yöntemi half value layer (yarım değer tabakası) olarak bilinir

- Yarım değer tabakası alüminyum gibi absorbe edici bir metalin içinden geçen fotonları yarıya indirebilmesi için gerekli olan metal kalınlığı olarak ifade edilir
- X ışınının ortalama enerjisi artarsa yarım değer tabakası da artar
- Işın kalitesi, x ışınının ortalama enerjisini ifade eder

X ışınının penetrasyon gücü
ışının deliciliğini ifade eder

Dalga boyu azalırsa, frekans ve delicilik artar



=



kVp



= delicilik



=



kVp



= delicilik

- X ışın cihazlarında ışınlama süresi, mA, ve kVp gibi 3 adet değişken bulunur
- Bazı cihazlarda akım ve/veya voltaj sabittir
- Eğer ayarlama olanağı varsa **en yüksek mA seçilerek ışınlama süresi düşürülmeli** ve her zaman o şekilde kullanılmalı
- Eğer kVp ayarlanıyorsa 70 kVp'ye ayarlanıp öyle kullanılmalı
- Böylece, sadece ışınlama süresi değiştirilerek hastaya ve anatomik lokasyona bağlı değişiklikler yapılabilir