



MODULO II

INTERPRETACIONES RADIOGRÁFICAS

TECNICATURA EN PODOLOGÍA

INDICE

Concepto de densidad	3
mAs	4
DFF	5
Efecto anódico	5
Contraste	5
Escala de contraste	6
Escala corta	6
Escala larga	6
Penetración de los rayos X y absorción	7
Radiación primaria	7
Absorción	8
Kilovoltaje	8
Latitud de exposición	8
Contraste por película radiográfica	9
Nitidez de la imagen radiográfica	9
Borrosidad geométrica	10
Borrosidad cinética	10
Borrosidad por material	11
Película radiográfica	11
Pantallas reforzadoras	11
Contacto entre pantallas reforzadoras y películas	12
Borrosidad total	12
Ampliación	12
Distorsión	12

MODULO II

Densidad, contraste y nitidez de la imagen radiográfica

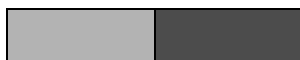
Concepto de densidad

Se conoce como densidad radiográfica al grado de ennegrecimiento de una película radiográfica como resultado de su exposición a los rayos X.

Toda película radiográfica que ha sido sometida a la acción de los rayos X y luego revelada, presenta depósitos de plata metálica. Son los granos de bromuro de plata que han sido reducidos por los agentes reveladores a plata metálica. Cuando estas partículas de plata metálica están distribuidas finamente dan la impresión de ser negras.

Cuanto mayor es la cantidad de rayos X que llegan al film, tanto mayor será el grado de ennegrecimiento. En cambio, las zonas que reciben una cantidad reducida de radiación sufren solo una escasa acción subsiguiente por las sustancias reveladoras, de tal manera que estas zonas poco expuestas aparecen transparentes en la radiografía, una vez reveladas.

La densidad o grado de ennegrecimiento de una película radiográfica será por lo tanto una medida de cantidad de radiación absorbida. Durante su pasaje a través de una parte del cuerpo, los rayos X primarios son absorbidos selectivamente por los distintos componentes de los tejidos. Esta absorción difiere según espesor y densidad del cuerpo atravesado y da lugar a la formación de un cierto número de diferentes depósitos de plata en la radiografía. Cuanto mayor la concentración de las sales de plata, menor cantidad de luz dejara de pasar y, por lo tanto, mayor su densidad.



La densidad fotográfica se puede calcular por fotometría. Se calcula de acuerdo a la relación existente entre la cantidad de luz incidente y la cantidad de luz transmitida a través de una película.

La densidad es el logaritmo decimal de la relación entre intensidad de la luz incidente y luz transmitida.

Una radiografía está integrada por densidades variadas. Las densidades útiles desde el punto de vista radiográfico diagnóstico varían entre 0,25 en áreas más claras hasta 2.50 en áreas negras.

Para medir la densidad fotográfica existen gran variedad de densitómetros. Todos se basan en el siguiente principio: la medición con células fotoeléctricas u otro indicador fotosensible de la cantidad de luz incidente y transmitida, indica la densidad.

Factores de densidad

Una gran cantidad de factores influyen sobre la densidad radiográfica. Algunos son de orden primario y otros, de orden secundarios.

Orden primario:

- mAs
- Kv
- DFF
- Espesor y estructura de la parte a radiografiar
- Tipo de película
- Efecto anódico

Orden secundario:

- Pantallas reforzadoras
- Rejillas antidifusoras
- Conos y diafragmas

Entre todos estos factores, el que más influye sobre la densidad es el factor mAs. Regulando este factor puede controlarse la densidad ya que el factor mAs define la cantidad de rayos X.

Con todo, también el Kv influye sobre la densidad aunque en forma más variable y menos constante que el factor mAs.

De todos modos, la mayoría de las factores que controlan o definen la densidad influyen también sobre el contraste.

mAs

Es el factor que influye directamente sobre la densidad manteniendo constantes todos los demás factores.

Según la ley de reciprocidad de Bunsen y Roscoe “la reacción de una emulsión fotográfica a la luz es igual al producto de la intensidad de la luz y de la duración de la exposición.” Esta ley se cumple en la exposición radiográfica solamente si se usan pantallas reforzadoras porque la exposición de la película con pantallas reforzadoras es causada, principalmente por la luz de fosforescencia emitida por las mismas y en una proporción muy escasa, directamente por los rayos X.

El mAs es el producto del mA y la duración del tiempo de exposición en segundos.

El factor mAs es una derivación directa de la ley de Bunsen y Roscoe. Así, por ejemplo, si se practica una exposición con 100 mA y 0,1 de segundos, tendríamos 10 mAs. Se pueden modificar los términos del factor mAs, manteniendo igual el producto o mAs, por ejemplo, así:

$$\begin{aligned} 50 \text{ mA con } 0,20 \text{ seg} &= 10 \text{ mAs} \\ 100 \text{ mA con } 0,10 \text{ seg} &= 10 \text{ mAs} \\ 200 \text{ mA con } 0,05 \text{ seg} &= 10 \text{ mAs} \end{aligned}$$

Esto significa que cuando se modifica uno de los términos del factor mAs, debe compensarse con la modificación del otro factor para mantener igual el mAs.

Esto permite, por ejemplo, reducir el tiempo de exposición aumentando correlativamente el mAs, cuando se trata de practicar una radiografía de órganos en movimiento, evitando así la falta de nitidez por borrosidad cinética.

Con todo, cada espesor exige el empleo de un Kv mínimo que no puede ser corregido adecuadamente por un aumento o disminución del mAs porque este factor sólo determina la cantidad de radiación y no el poder de penetración de los rayos X que depende, exclusivamente, del factor Kv.

DFF

Influye fundamentalmente sobre la densidad. Los rayos X divergen en línea recta desde su foco de emisión y, a medida que se alejan de su punto de origen, divergen y van cubriendo una zona cada vez más amplia disminuyendo, al mismo tiempo, de intensidad. Es que, a medida que se alejan de su fuente de origen, la misma cantidad de radiación se distribuye sobre un área cada vez mas grande.

Así, cuando la DFF se duplica, la intensidad de la radiación se hace 4 veces menor o, dicho de otro modo, la intensidad de la radiación disminuye en razón inversa al cuadrado de la distancia.

Así, una radiografía practicada a una DFF de 2 m exige un tiempo de exposición 4 veces mayor del correspondiente a una DFF de 1 m de acuerdo a la ley del cuadrado de la distancia.

Efecto anódico

En las zonas extremas de las placas radiográficas expuestas a las radiaciones hay diferencias de densidad motivadas por un fenómeno que se conoce como efecto anódico.

El haz de rayos generados a nivel del foco anódico tiene forma de cono. A lo largo del eje longitudinal del tubo, la intensidad de los rayos X difiere en ambos extremos del mismo y, por lo tanto, del cono de proyección de los rayos X.

Estas variaciones de intensidad de los rayos X se deben al hecho de que la superficie anódica forma un determinado ángulo con respecto al eje longitudinal del tubo.

Hacia el cátodo, la intensidad de los rayos X aumenta mientras que hacia el ánodo va disminuyendo.

Las variaciones de intensidad de los rayos X dependen del ángulo de emisión de los rayos X desde el foco anódico.

Sintetizando, puede decirse, por lo tanto, que el efecto anódico es la variación de intensidad de los rayos X a lo largo del cono de distribución del haz de rayos X y que este fenómeno es motivado por el ángulo de inclinación del foco anódico.

Contraste

Al mirar una radiografía por transparencia en un negatoscopio, se comprobará que está integrada por áreas oscuras y claras de distintas tonalidades, es decir, por zonas de distintos grados de ennegrecimiento o densidades.

Contraste es la diferencia visible entre densidades de zonas vecinas. Si en una radiografía hubiere una sola opacidad, sólo habría una densidad, por lo tanto no habrá contraste. En consecuencia, para que haya contraste, debe haber zonas de diferentes densidades, distintos grados de ennegrecimiento.

La nítida visualización de detalles anatómicos en la radiografía depende del contraste. Si las densidades difieren suficientemente entre sí, es decir, hay buen contraste, los detalles

se destacaran adecuadamente. Tanto un contraste excesivo como demasiado bajo, empeora la nitidez del detalle.

Diversos factores influyen sobre el contraste "Kilovoltaje", radiación secundaria, espesor y densidad del objeto, características de la película radiográfica y de las pantallas reforzadoras y, en última instancia, también la técnica del procesamiento de la película. Tener presente que de todos los factores, el Kv es el que más influye sobre el contraste.

Escala de contraste

La escala de contraste de una imagen radiográfica es determinada por el número de las distintas densidades.

Una buena radiografía es la que presenta un correcto equilibrio de densidades, una gama suficiente de distintas densidades.

Un buen contraste permite una adecuada diferenciación de los detalles anatómicos de interés diagnóstico. Cuanto mayor el número de distintas densidades, mayor el número de detalles que se diferenciarán.

La escala de densidades o escala de contraste depende directamente de los siguientes factores:

- 1- De la longitud de onda de la radiación.
- 2- Del espesor del objetivo.
- 3- De la densidad o peso atómico del objeto.

Escala corta

Con los rayos X de larga longitud de onda, es decir de bajo kilovoltaje o sea poco penetrante se produce, como consecuencia de una mayor absorción a nivel del cuerpo atravesado, una menor cantidad de radiación remanente que llega a la película y, en consecuencia, un menor número de densidades de tonalidad diferente.

Las densidades se diferencian poco entre sí, son de tonalidad semejante; el número de densidades es pequeño y la transición entre las distintas densidades es gradual.

Todo esto se expresa, en el penetrometro, por una menor diferenciación de los distintos espesores que integran los peldaños del mismo.

Como consecuencia de la escasa penetración de la radiación hay deficiente diferenciación de los detalles estructurales sobre todo en las zonas anatómicas de mayor espesor.

En consecuencia, el contraste de escala corta es de cuestionable valor diagnóstico porque solo ofrece densidades poco diferenciadas como consecuencia de su escasa capacidad de penetración.

Escala larga

En cambio, con rayos X de corta longitud de onda, es decir de alto Kv o sea muy penetrantes se produce, como consecuencia de una menor absorción a nivel del cuerpo atravesado, una mayor cantidad de radiación remanente que llega a la película y, en consecuencia, un mayor número de densidades de tonalidad diferente.

Las densidades se diferencian, bien entre sí; su tonalidad difiere; el número de densidades diferentes es amplio y la transición entre las distintas densidades es neta.

Estas características también se expresan en el penetrometro por una mayor diferenciación de los distintos espesores que integran los peldaños del mismo. Como consecuencia de una mayor penetrabilidad de la radiación hay una suficiente diferenciación de los distintos detalles estructurales, sobre todo en las zonas de mayor espesor.

En consecuencia, el contraste de escala larga es de mayor valor diagnostico por expresar densidades bien diferenciadas como consecuencia de una suficiente capacidad de penetración.

Tener en cuenta

El contraste difiere por lo tanto según la longitud de onda o capacidad de penetración de los rayos X.

Cuando se emplean rayos X penetrantes, es decir de corta longitud de onda, el contraste es bajo, hay muchas tonalidades grises y si bien es cierto que las zonas de mayor espesor se identifican mejor, por otra parte, las de escaso espesor son excesivamente penetradas resultando más difícil la identificación de sus elementos estructurales.

Penetración de los rayos X y absorción

La penetración de los rayos X depende fundamentalmente, de su longitud de onda (LO). Cuanto mas corta la LO, tanto más penetrantes. Pero, además, el resultado de una exposición radiográfica de un sector del cuerpo, no solo depende de la capacidad de penetración de los rayos X o de su LO sino también del espesor de cuerpo atravesado y de la composición, densidad o peso atómico de sus elementos constituyentes.

Además, debe recordarse que solo una mínima proporción de la radiación primaria es efectivamente utilizada en una exposición radiográfica ya que la mayor parte de la radiación es absorbida o convertida en radiación secundaria.

Radiación primaria

Un haz de rayos X esta compuesto por diferentes LO. En esta haz predominan las LO correspondientes al Kv aplicado al tubo. Si éste es alto, predominaran, en el haz de rayos X, los rayos de corta LO, es decir, los rayos penetrantes y viceversa.

Cuando un haz de radiaciones primarias atraviesa los tejidos, un cierto porcentaje de radiaciones son absorbidas por los mismos. Esta absorción es selectiva ya que está en directa relación con el espesor y la composición o peso atómico de los elementos atravesados.

En consecuencia lo que queda del haz de radiaciones primarias una vez atravesados los tejidos y haber sufrido las consecuencias de la absorción, constituye la radiación remanente.

Cuanto mayor el la LO del haz primario, es decir cuanto menos penetrantes son, cuanto mayor es la absorción a nivel de los tejidos, tanto menor será la cantidad de radiación remanente que puede impresionar la película radiográfica.

Existe por lo tanto una relación indirecta entre penetración y absorción. Cuanto mayor la penetración del haz primario, menor la absorción y mayor la radiación remanente.

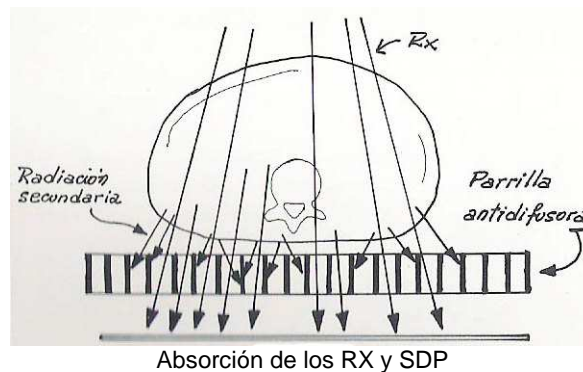
Absorción

Cuando un haz de rayos X atraviesa un cuerpo su intensidad se reduce como consecuencia de la absorción que sufre el haz primario a nivel de la parte atravesada.

Esta absorción es:

- 1- Directamente proporcional al espesor y al peso atómico del cuerpo atravesado.
- 2- Inversamente proporcional a la LO o capacidad de penetración de la radiación primaria.

Los tejidos inorgánicos causan, generalmente, una elevada absorción; ocurre lo contrario con los tejidos orgánicos. Una elevada densidad o peso atómico del tejido se asocia generalmente a un espesor elevado, circunstancia en la cual debe recurrirse a métodos radiológicos especiales.



Kilovoltaje (Kv)

De todos los factores que influyen sobre el contraste, el Kv es el más importante. Según su LO, influye directamente sobre la cantidad de radiación remanente que llega hasta la película radiográfica, es decir, sobre la calidad de la radiación. La calidad de la radiación o sea el kilovoltaje, a su vez, determina el grado de contraste de una exposición radiográfica. El contraste, por su parte, depende de la diferencia de densidad.

La densidad radiográfica varía en relación directa con el Kv empleado pero como la densidad depende, sobre todo, del factor mAs empleado.

- Una falta de Kv no es compensado con mayor mAs
- Un exceso de Kv sí puede ser compensado con menor mAs

En síntesis:

1. el Kv es el factor contraste;
2. el Kv controla la escala de densidades con la cual se hacen visibles mayores detalles;
3. a medida que aumentamos el Kv o penetración, la gama de contraste es mayor;
4. por encima de determinado Kv la escala de contraste se hace demasiado larga; por debajo, demasiado corta;
5. a medida que aumentamos el Kv debe adaptarse el mAs.

Latitud de exposición

La variación o desviación posible de los factores de exposición sin perjudicar el valor diagnóstico de una radiografía, constituye la latitud de exposición.

Cuanto mayor la variación posible de estos factores de exposición, cuanto más amplio el error de exposición tolerable, tanto mayor la latitud de exposición de una técnica radiográfica.

La latitud o amplitud de exposición depende fundamentalmente del Kv empleado porque esta latitud varía según la escala de contraste producida por el Kv empleado.

Contraste por película radiográfica

Película regular: Es la película que se emplea con pantallas reforzadoras; es la más comúnmente empleada en la tarea radiográfica. En una película que es particularmente sensible a la luminiscencia azul-violeta emitida por las pantallas reforzadoras. Es menos sensible a la acción directa de los rayos X.

Se puede emplear también sin pantalla reforzadora, caso en el cual necesita un apreciable aumento de los factores de exposición. Como este tipo de película tiene una sensibilidad muy reducida frente a la acción directa de los rayos X solo se emplea sin pantallas reforzadoras en radiografía de partes de pequeño espesor como, por ejemplo, la mano.

Película sin pantalla reforzadora: Se la conoce también como película "nom screen". Es de 7 a 8 veces más sensible a la acción directa de los rayos X que la película regular. La emulsión es de capa más gruesa, contiene mayor cantidad de plata. Exige unos 7 minutos de revelación a 20° C y como la emulsión es mas gruesa necesita también más tiempo para aclararse en el fijador.

Nitidez de la imagen radiográfica

Toda imagen radiográfica es la proyección en un solo plano, la placa radiográfica, de la superposición de estructuras anatómicas de distinta densidad y dispuestas en distintos planos. Por esta razón se producen distorsiones y deformaciones de estos elementos anatómicos.

La técnica radiográfica consiste en tratar que estos elementos se traduzcan con la máxima fidelidad posible tanto en lo que respecta a su tamaño y forma como también a su nitidez.

Nitidez o definición radiológica significa la clara percepción del contorno de un elemento anatómico proyectado. Cuando hay nitidez, el contorno presenta neta diferencia entre las densidades adyacentes es decir hay buen contraste.

La falta de nitidez constituye la borrosidad. Esta puede ser motivada por distintos factores:

1. Borrosidad geométrica.
2. Borrosidad cinética.
3. Borrosidad por el material empleado.
4. Borrosidad total.
5. Borrosidad por ampliación.
6. Borrosidad por distorsión.

1. Borrosidad geométrica

Se debe a los siguientes factores:

1. Tamaño del foco: provocada por el hecho que éste no es un punto sino una superficie de la cual parten numerosas radiaciones. La superficie del ánodo que hace de foco tiene forma rectangular. Sus dimensiones varían de 0,3 a 5 mm.

2.

El haz de rayos que se origina a nivel de este foco es divergente y como tal determina, en el contorno del objeto radiografiado, una zona de semisombra, zona de transición gradual entre una opacidad completa y la parte iluminada. Esta zona se conoce bajo la denominación de penumbra. El ancho de la penumbra depende del tamaño del foco. Cuanto más pequeño éste, menor la penumbra y, por lo tanto, mayor la nitidez del borde.

Distancia Foco-Film: Cuanto mayor es la distancia entre el foco y el film, tanto menor la borrosidad geométrica y mejor la nitidez. Esto significa que la nitidez es directamente proporcional a la distancia foco-film.

Pero, este aumento de la DFF necesita una mayor cantidad de rayos X ya que la intensidad de los mismos disminuye con el cuadrado de la distancia.

Distancia objeto-film: La borrosidad geométrica es directamente proporcional a la distancia entre objeto y film o DOF. Cuanto más cerca del film se encuentre el objeto, menor borrosidad, razón por la cual el objeto a radiografiar debe estar lo más cerca del film.

Una regla general es por lo tanto acercar al máximo posible el elemento anatómico que se desea proyectar a la película radiográfica.

Posición del tubo: el tamaño del foco proyectado o foco eficaz, varía a lo largo del eje longitudinal del tubo, según el ángulo con el cual es proyectado desde el ánodo.

El tamaño del foco y sus variaciones no influyen sobre la densidad y el contraste de la película, pero sí sobre la nitidez de la imagen radiológica; ésta será mayor del lado del ánodo porque allí se proyecta un foco eficaz de tamaño más reducido.

2. Borrosidad cinética

Se habla de borrosidad cinética cuando el objeto que se radiografía se mueve durante la exposición. Aunque excepcionalmente, también por el desplazamiento del tubo o de la película durante la exposición. Los movimientos pueden ser involuntarios o no.

Movimientos involuntarios

Se clasifican en *fisiológicos* y *patológicos*.

Fisiológicos: son movimientos inherentes al funcionamiento de cada órgano. Los movimientos del corazón y de los grandes vasos representan un importante factor de borrosidad cinética en las radiografías de tórax. La pulsación cardíaca, por ejemplo, se transmite a los elementos anatómicos vecinos. Estas pulsaciones son de 5 mm por segundo. Cuando el tiempo de exposición es, por ejemplo, de 0,25 de segundo, la borrosidad se mantiene dentro de los límites aceptables de 0,2 mm.

Patológicos: los movimientos involuntarios patológicos ocurren en pacientes en estado de inconciencia, con temblores o convulsiones de origen neurógeno.

Movimientos voluntarios

Son los que pueden ser controlados por el paciente. Uno de los más importantes son los movimientos respiratorios. Cuando se practica una radiografía de tórax el paciente debe mantenerse en inspiración profunda y apnea temporal. De esta manera el movimiento de los diafragmas y del pulmón pueden ser reducidos a 4 o 6 mm por segundo.

Con los movimientos respiratorios se transmiten a otras partes del cuerpo, sobre todo al abdomen y cráneo, en todas las radiografías que no sean de extremidades el paciente se mantendrá en apnea durante la exposición.

Para disminuir al mínimo el factor de borrosidad cinética se recurrirá a los siguientes expedientes:

- 1- Inmovilización
- 2- Tiempos de exposición cortos
- 3- Cooperación por parte del paciente

Hay que asegurar la colaboración del paciente explicándole por que debe mantenerse quieto y sin respirar durante la exposición radiográfica. Hay que tener en cuenta que muchos pacientes no están familiarizados con el método radiológico, razón por la cual hay que explicarles como deben conducirse durante la exposición.

3. Borrosidad por material

Tiene en cuenta la causada por la película radiográfica, las pantallas reforzadoras y el contacto entre las mismas.

Película radiográfica

Actualmente la falta de nitidez causada por la película radiográfica es mínima ya que el grado de la misma es tan fino que difícilmente llega a afectar la definición de la imagen radiográfica. Con todo, existe cierta borrosidad causada por el espesor del soporte y por el hecho de estar cubierto por dos capas de emulsión.

Pantallas reforzadoras

El borramiento que causan las pantallas reforzadoras no solo depende del tamaño de los cristales fluorescentes sino también del espesor de la capa.

La pérdida de nitidez resultante del empleo de pantallas reforzadoras es menor que las ventajas que significa la posibilidad de disminuir, con su empleo, los tiempos de exposición prolongados.

Contacto entre pantallas reforzadoras y película

La falta de un perfecto contacto entre la película radiográfica y las dos pantallas reforzadoras causa borrosidad geométrica. Cuando hay distancia entre la superficie de la película radiográfica y la pantalla reforzadora, la luz fluorescente causada por los cristales de la pantalla reforzadora se difunde excesivamente y causa borrosidad geométrica.

4. Borrosidad total

La falta total de nitidez resulta de la suma de todos los factores enunciados, es decir del tamaño del foco, de la DFF y DOF, de la posición del tubo, del movimiento, del objeto, de la pantalla reforzadora y de su contacto con la película radiográfica.

Todos los factores podrían reducirse a tres fundamentales: borrosidad cinética, borrosidad geométrica y la causada por el material usado.

Cuando en una radiografía no se corrige el factor que causa la máxima falta de nitidez, éste asume máxima importancia aunque los demás factores sean perfectos.

Entre todos los factores el más importante es el tamaño del foco. La borrosidad por material es de menor importancia que la causada por los factores geométricos.

5. Ampliación

Toda imagen radiológica es una ampliación del objeto proyectado. No es posible eliminar totalmente el factor de ampliación de la imagen radiológica pero si controlar en cierta medida esta causa de borrosidad.

El grado de ampliación de una imagen radiológica depende de dos factores: DFF y DOF. Cuanto menor la DOF y cuanto mayor la DFF, menor la ampliación.

Si la DOF es grande, cualquiera sea la DFF, habrá ampliación. Pero, de todos modos, aumentando la DFF disminuye proporcionalmente la borrosidad causada por una DOF grande.

6. distorsión

Un último factor que empeora la nitidez de la imagen radiográfica está representado por la distorsión o deformación de la imagen radiológica causada por la dirección del haz de rayos X.

Se evita la deformación exagerada alineando adecuadamente el tubo con respecto al plano del objeto y de la película radiográfica. Si el eje mayor del cuerpo a proyectar es perpendicular al rayo central y paralelo al plano del film o de la película, la deformación será mínima.

Las deformaciones se producen también según la relación que guarda entre sí el centro geométrico del objeto proyectado con el rayo central, es decir conforme a la incidencia del rayo central.