

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIODIAGNÓSTICO

- HISTORIA DE LOS RAYOS X.
- INTRODUCCIÓN A LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
- COMUNICACIONES
- PONENCIAS

Autor: Josep Alfred Piera i Pelliçer

HISTORIA DE LOS RAYOS X

Los rayos X fueron descubiertos por el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen en diciembre de 1.895 y presentando a la Sociedad Científica en Enero de 1.896. Es justo, no solo recordar el descubrimiento y como fue, sino además adentrarnos en un resumen biográfico de un personaje científico que fue modélico por sus virtudes humanas y por su saber y hacer científico.

Descubridor de los rayos X, hace ciento cuatro años y que actualmente sigue el mismo principio físico, si bien se han modernizado la tecnología en los equipos de rayos X. Aportó a la humanidad un descubrimiento por casualidad; pero es de justicia decir que para poder obtener fruto de las casualidades, cuando ocurren, hay que estar en el lugar oportuno y con los conocimientos necesarios para interpretar estas casualidades, que pasarían desapercibidas a la mayoría de personas sin esta formación científica.



WILHELM
CONRAD
RÖENTGEN

El inicio de su descubrimiento fue cuando vio que las radiaciones eran capaces de atravesar unos gruesos libros, posteriormente puso su mano, sin poder registrar la imagen, quedando así inmortalizada la placa radiográfica de su mujer.

Biografía

Wilhelm Conrad Röntgen, descubridor de los rayos X, nació el 27 de marzo de 1845 en Lenner (Renania), en el seno de una familia acomodada. Hemos clasificado su vida en infancia, adolescencia Universitario e Investigador.

Infancia

Los tres primeros años de su vida estarán marcados por los sucesos revolucionarios de 1848, que partiendo de Francia, irán convirtiéndose en el contexto histórico predominante en la mayor parte del continente europeo. Las causas o detonantes de dichas secuencias poseen unas raíces económicas y sociales. La existencia de una situación prerevolucionaria en muchos países europeos, junto con la crisis agrícola e industrial de 1847, que provocó una recesión general y un enorme paro, producirán un malestar generalizado entre la población que, imitando de nuevo a Francia, al igual que en 1789, inaugurará en los diferentes países toda una serie de jornadas revolucionarias.

En esta fecha se fueron sucediendo una serie de acontecimientos históricos trascendentes que perfilaran el futuro geográfico de la zona centro-euro-

pea.

Este contexto de inestabilidad ponía incluso en peligro la integridad física de una familia acomodada, debido a la acción del pueblo embravecido, precisamente éste será el motivo por el que la familia Röntgen se verá obligada a refugiarse en Apeldoorn, Holanda, el país de la madre, donde Wilhelm pasará su juventud. Años más tarde se trasladará a Utrecht, cursando allí el bachillerato. El Estado prusiano adquirió Renania en el Congreso de Viena de 1815, ampliando así la parte occidental del Imperio, pero esta incorporación fue breve, sólo hasta 1866, debido al inicio del proyecto de unificación alemán, quedando todos los territorios integrados en un único Imperio centro-europeo, alcanzando su máxima extensión geográfica con Hitler como primer mandatario.

Este hecho precisamente será el que propicie uno de los dos grandes conflictos bélicos a nivel mundial, la segunda guerra mundial, conflicto que terminara definitivamente con el sueño del gran imperio alemán. Concluido el conflicto, Alemania quedará dividida en tres partes: Austria, la República democrática alemana y la República federal alemana, estando integrada Renania en esta última. En la actualidad se ha vuelto a reestructurar el mapa centro-europeo y las dos repúblicas nombradas anteriormente forman un sólo país: Alemania.

Adolescencia



Es cuando, atendiendo a las diferentes fuentes bibliográficas consultadas, surge una dualidad de opiniones respecto a la finalización o no de dicho nivel de estudios. Mayoritariamente se niega la conclusión de dicho ciclo debido a su falta de interés por las lenguas muertas, mientras que contrariamente se darían por concluidos dichos estudios, aunque le sería imposible poder continuar los grados superiores, al encubrir una travesura de un compañero de clase.

Terminara o no el bachillerato, continuó su trayectoria intelectual en la Escuela Cantonal de Zurich, en donde no precisaba éste título, una vez superado el examen de ingreso. En ésta institución se titulará como ingeniero mecánico en 1868, doctorándose en ciencias sólo un año después, en 1869, a los 24 años de edad.

Universitario

Tras la consecución de dichos títulos seguiría tra-

bajando en Zurich, bajo la dirección de August Kundt (1839-1894). Y, en 1870, a los 25 años de edad, se daría a conocer a través de una comunicación: Sobre la relación de los calores específicos del aire. Este trabajo marcará el inicio de sus publicaciones y la intensificación de sus investigaciones más especializadas.



El día 29 de Enero de 1872 contrajo matrimonio con Bertha Ludwin., convirtiéndose ésta en Frau Röntgen.

En 1874, con 29 años, se doctoró en Estrasburgo y permaneció en dicha ciudad hasta 1879 como profesor auxiliar, puesto que ocupaba desde 1876. Este nuevo traslado es el primero de una larga etapa caracterizada por los continuos cambios de residencia.

Desde 1879 hasta 1885 su destino será Giessen, donde permanecerá como profesor numerario en la Universidad y director del Instituto de física. Pasados estos seis años Würzburgo se convertirá en su próxima residencia. En dicha localidad trabajará como profesor numerario hasta que en 1888 sea nombrado profesor titular en la Universidad Julius Maximilian, obteniendo la cátedra de física y siendo nombrado rector seis años más tarde, en 1894.

En 1900 finalizará su etapa en Würzburgo, al obtener la cátedra de física de la Universidad de Ludwin Maximilian de Munich, donde también dirigió el nuevo Instituto de física hasta 1920, experimentando durante estos últimos años de su vida con gases enrarecidos.

Investigador

A lo largo de todos estos años fue centrando sus investigaciones en una serie de temas específicos que podrían englobarse en tres grandes apartados:

- El calor específico de los gases
- Los fenómenos de: elasticidad, compresibilidad, capilaridad y conductibilidad del calor de los cristales.
- La absorción de los rayos calóricos en los vapores y en los gases.

En sus primeras investigaciones descubrió la birrefringencia o doble refracción de los líquidos sometidos a un campo eléctrico. En 1885 demostró que un dieléctrico polarizado produce los mismos efectos

tos magnéticos que una corriente.

Todas sus investigaciones se verán culminadas en 1895, año del descubrimiento que le daría la inmortalidad, hecho que se produjo a sus 50 años de edad. Pero, su consecución no hay que concebirla como un fenómeno aislado y totalmente desligada de los estudios coetáneos, existirán una serie de antecedentes que irían configurando los medios y conocimientos que utilizará Röntgen en sus trabajos.

Este científico culminó magistralmente unas investigaciones que habían ido evolucionando de forma gradual y que, tras su descubrimiento, se convertirá en uno de los aspectos científicos más estudiados, con el fin de ir depurando y perfeccionando el conocimiento de su naturaleza y sus aplicaciones.

Antes de analizar minuciosamente la génesis del importante descubrimiento, así como su impacto, desarrollo y repercusión, hay que mencionar los antecedentes que sirvieron de base para los trabajos de Röntgen. Para ello es necesario recordar algunos nombres propios, que con sus investigaciones fueron vislumbrando los mecanismos que posteriormente serán de gran ayuda para el físico alemán. Los más destacados son: Julius Plücker, Sir William Crookes y Rudolf Heinrich Hertz.



W.CROOKES

J.Plücker descubrió los rayos catódicos en 1859. Estos se observaban a través de los tubos de Geissler (1854). Los cátodos formaban un haz de electrones que atravesaban el tubo rápidamente, a una velocidad dependiente de la tensión aplicada en los extremos (aplicando una tensión de un millón de voltios los electrones circularían a una velocidad de 285000/km/s). Su trascendencia radica en que Röntgen utilizará este tipo de tubos de cátodo incandescente en sus experimentos.

W.Crookes (1832-1919), químico y físico inglés, fue de los primeros en interesarse por el análisis espectral, y por este medio descubrió, en 1861, el talio, determinando todas sus propiedades físicas y químicas. En 1875 inventó el radiómetro, y posteriormente, estudiando los fenómenos relativos a la descarga de los gases enrarecidos, identificó los rayos catódicos

El físico alemán R.H: Hertz (1857-1894) llevará a cabo un conjunto de investigaciones que en el futuro se convertirán en importantes referencias para Röntgen. Aunque dedicara sus primeros años de formación a los estudios de arquitectura, renunció a ellos en 1878 para consagrarse a la investigación

científica, siendo Helmholtz, su profesor, quien lo orientó hacia el estudio de la electrodinámica.

Después de doctorarse en 1880, permaneció cinco años en la Universidad de Kiel como profesor conferenciante. En 1885 se establecerá en Karlsruhe como profesor en la escuela técnica superior, localidad donde realizará los trabajos más importantes y trascendentes, que aportaran grandes conocimientos al mundo de la física. Estas investigaciones se centraban en las ondas electromagnéticas.

En 1887 produjo ondas métricas gracias a su oscilador y demostró que poseían todas las propiedades de la luz: reflexión y refracción, interferencias, difracción, polarización y velocidad de propagación. Descubrió el efecto fotoeléctrico al observar que la formación de la chispa se veía facilitada cuando la zona sensible de su resonador recibía luz ultravioleta.

En 1892 observó, antes que Philipp Lenard (1862-1947), que los electrones podían atravesar la materia, al hacer pasar unos rayos catódicos de unas finas placas de oro o de aluminio.

Hertz murió demasiado pronto para poder asistir al prodigioso desarrollo de las aplicaciones de sus ondas, a las que se ha dado el nombre de herzianas.

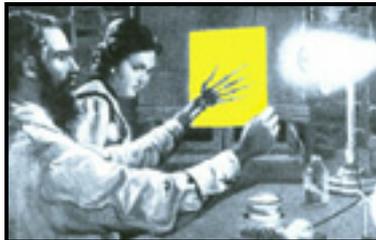
Partiendo de los conocimientos anteriormente mencionados, Röntgen inició en su laboratorio las investigaciones, utilizando tubos de cátodo incandescente.

Concentró el flujo de electrones con un cátodo en forma de espejo cóncavo, proyectándolos sobre una superficie, lo más pequeña posible, de la pared de vidrio del tubo, revistiendo la totalidad del tubo con papel negro y oscureciendo el laboratorio.

Conectó el tubo de rayos catódicos a un circuito, haciendo pasar una corriente de alta tensión. En esos momentos, todo lo que quería saber era si el cartón recubría totalmente el tubo. Satisfecho, se dirigió hacia el aparato para proseguir su experimento cuando, aproximadamente a un metro del tubo, descubrió que una pantalla cubierta con una masa especial, de cianuro de platino y bario, situada cerca del tubo, comenzaba a emitir una luz verdosa.

Sorprendido, que los rayos catódicos no atravesaban la pared del tubo y los rayos de luz no podían salir a través del revestimiento, cogió con la mano la pantalla luminosa y la acercó al tubo. En ese instante la luz se hizo más intensa y sobre la pantalla vio proyectados los huesos de los dedos de su mano.

Desconectó el tubo, y la placa revestida de bario cesó de emitir el resplandor; volvió a conectarlo, y brilló de nuevo. Röntgen acababa de descubrir los rayos X.



Los había descubierto casi accidentalmente, al estudiar la descarga gaseosa, merced a la fluorescencia que se originaba en las proximidades del tubo. Supuso que cuando los rayos catódicos incidían sobre las paredes de vidrio, y más aún cuando lo

hacían sobre un electrodo metálico especial, denominado anticátodo, introducido dentro del tubo, se originaba una radiación que parecía emitida por el anticátodo, independientemente de la posición del ánodo.

A partir de esos momentos centró en ello toda su atención. Se instaló en un laboratorio durante varias semanas, durmiendo y comiendo allí, y demostró que esas radiaciones:

- se propagaban en línea recta,
- no podían ser reflejadas ni refractadas,
- los campos eléctricos no ejercían ninguna acción sobre ellas.

También estudió su poder de penetración en la materia y observó que producían una ionización en el aire. A continuación sustituyó la pantalla fluorescente por la placa fotográfica, y obtuvo sobre ella asombrosas imágenes, siendo la más famosa la mano descarnada y esquelética de su mujer.

Este último aspecto nos lleva a un punto de confusión. Generalmente se ha considerado la imagen de la mano de su mujer como la primera lograda, y aunque en parte es correcto hay que hacer una pequeña matización. Esta imagen sería la primera radiografiada, es decir, la primera que el científico obtuvo una vez colocada la placa fotográfica, sustituyendo a la pantalla fluorescente.

Pero, la primera imagen reflejada en sus experimentos sería la de los huesos de su propia mano, aunque evidentemente no hay ninguna prueba visible de ello, únicamente se tiene constancia a través de algunos de los escritos que narrados en el expe-

rimento.

Röntgen no bautizó su descubrimiento con su nombre, no debido a un gesto de modestia y humildad, como algunos estudiosos han interpretado. Utilizó la letra X para el nuevo fenómeno porque era el símbolo utilizado habitualmente por los físicos para designar un factor desconocido, y en este caso inexplicado.

Respecto a su denominación concreta, se ha hecho referencia a unos motivos estrictamente científicos, y que corresponderían a las propias características del fenómeno. Siguiendo esta interpretación, el físico les daría el nombre de rayos X por sus singulares caracteres:

- Eran invisibles, pero impresionaban las placas fotográficas aún cubriéndolas con papel negro. Esta propiedad fue precisamente el origen del descubrimiento.
- Excitaban la fluorescencia.
- Ionizaban el aire y demás gases.
- Atravesaban gran número de cuerpos opacos para la luz.

Cuando Roentgen presentó su primer informe: Sobre una nueva variedad de rayos, el 28 de diciembre de 1895, ya había realizado un examen sistemático completo de estos rayos y podía dar una descripción precisa de la mayor parte de sus propiedades fundamentales.



Cuatro semanas más tarde daba su primera conferencia pública, con el fin de proceder al relato de su descubrimiento. En un momento determinado, una vez comenzada la sesión, pidió permiso a su amigo anatomista, de setenta y ocho años de edad, Albert Von Kölliker, para fotografiarle. Von Kölliker aceptó y, minutos más tarde, Roentgen mostró la placa en la que se podían ver los huesos del anciano. Este hecho provocó el estallido del auditorio en un tumultuoso aplauso.

Estas aclamaciones resonaron en el mundo estero. Además de ser un fenómeno espectacular, los principios fundamentales que lo gobernaban eran fácilmente comprensibles y sus aplicaciones saltaban a la vista. Sólo cuatro días después de haberse conocido en América el descubrimiento de Röntgen, se

recurrió a los rayos X para localizar una bala alojada en una pierna.

Muy pronto se exageraron las posibles utilidades, aparentemente ilimitadas, que se podían esperar de estos rayos. Su capacidad de desvelar lo que ocultaba una puerta cerrada e incluso el espesor de las ropas victorianas, despertó las primeras inquietudes sobre la violación de la intimidad a través de los aparatos científicos.

Pero, paralelamente a estas reacciones casi histéricas, se desarrolló una actividad más discreta en el mundo entero. En tan sólo un año, se publicaron cuarenta y ocho libros y más de mil artículos a propósito de los nuevos rayos X. Su enorme capacidad de penetración los convertía en un medio básico para explorar y redefinir la estructura de la materia.



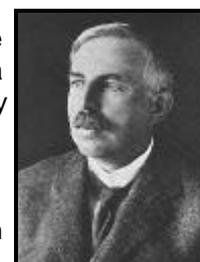
Viñeta de la Revista Española Panorama de 1896. Donde vemos a un Policía simulando que con un supuesto equipo de Rx podía observar el interior del saco de un ladrón.

Del mismo modo, terminaba definitivamente con la creencia, vigente desde hacia tiempo, de que el átomo era la última partícula inviolada e inviolable (la teoría atomista clásica). En definitiva, se habían desmoronado los cimientos sobre los que se había asentado la física de la época hasta esos momentos y comenzaba una nueva era.

El mundo científico británico mostró un gran interés por estas novedades que llegaban desde el ámbito alemán. Silvanus P. Thompson, que ocupaba la cátedra de física del Finsbury Technical College, escribió a un amigo lo siguiente:

" El mundo de los inventores parece ser presa de un doble delirio: la bicicleta y los rayos X. En cuanto a estos, confieso haberme dejado captar seriamente por el juego."

La Universidad de Cambridge comprendió de forma inmediata el alcance del descubrimiento, y mientras publicaba sus observaciones, ampliaban considerablemente el número de experimentos. El 15 de enero de 1896, un neozelandés licenciado en física, Ernest Rutherford, en una carta a su prometida, explicaba la rapidez con que reaccionaban los investigadores del laboratorio de Cavendish, sobre todo haciendo referencia a su profesor J. J. Thompson:



" He visto las fotografías que se han hecho hasta la fecha. Hay una excelente de una rana. Restituye los contornos y muestra muy claramente todo el esqueleto interno. Naturalmente, el profesor trata de encontrar la verdadera causa y naturaleza de las ondas, y el gran reto es descubrir la teoría antes que los demás, casi todos los sabios europeos se encuentran ahora en pie de guerra."

Roentgen no sólo realizó un descubrimiento espectacular, sino que con él abrió todo un campo para la investigación. En todos los ambientes académicos y científicos este fenómeno se convirtió en el centro de atracción, como muestran los testimonios aludidos en las líneas anteriores. Pero, además de convertirse en el punto de partida de numerosos estudios, inmediatamente surgieron las aplicaciones biológicas y médicas que, desde entonces, no dejarán de desarrollarse.

El descubrimiento de los rayos X llevará al descubrimiento de la radioactividad en 1898, a cargo de los esposos Curie (Pierre y Marie) y H. Becquerel, hecho que les proporcionó el Premio Nobel de física en 1903. Estos fenómenos conducirán, en los años posteriores, al mundo del átomo y, en definitiva, a la energía nuclear. Se puede afirmar con toda seguridad que el 28 de Diciembre de 1895, con Roentgen, se inició la era atómica.

Los esposos Curie en su laboratorio Última fotografía de Madame Curie



Este importante descubrimiento fue, por tanto, reconocido a nivel mundial. En diferentes naciones se fundaron instituciones que tomaron la denominación de Sociedades Röntgen. En 1896 recibió la medalla Rumford de la Royal Society de Inglaterra. En 1901 fue galardonado con el Premio Nobel de física. Este premio supondría el fruto de toda una vida dedicada a la investigación, que terminaría el 10 de noviembre de 1923 en Munich.

A pesar del descubrimiento de los rayos X lo que lo llevó a la cumbre en el mundo científico, proporcionándole incluso el Premio Nobel, Röntgen era ya un científico que gozaba de un gran prestigio. Siguiendo las palabras del físico alemán Arnold Sommerfeld:



Roentgen merecería figurar entre los grandes físicos del siglo XIX aunque no hubiese descubierto los rayos X.

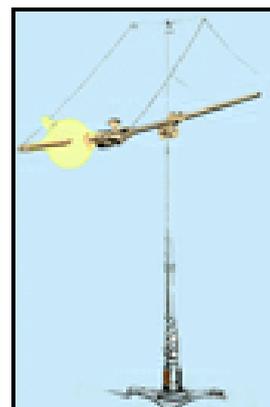
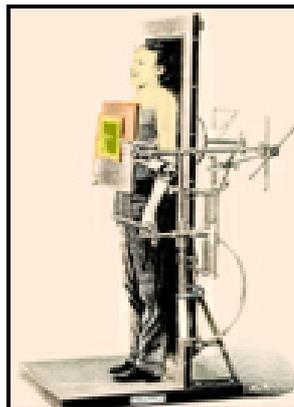
INTRODUCCIÓN A LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La aplicación de los rayos X no solamente supuso un avance importante en la medicina, sino que también lo fue en la industria, astronomía, biología, antropología, etc. Sin embargo estos rayos tienen un efecto somático sobre el ser humano, que sufrieron los profesionales de la sanidad hace décadas y que cada día conocemos mejor y, teniendo como objetivo el aprovechar todas las ventajas que nos aporta el descubrimiento de los rayos X y evitar al máximo sus efectos indeseables. Pudiendo pues, en lo posible conseguir un índice coste-beneficio lo más bajo posible.

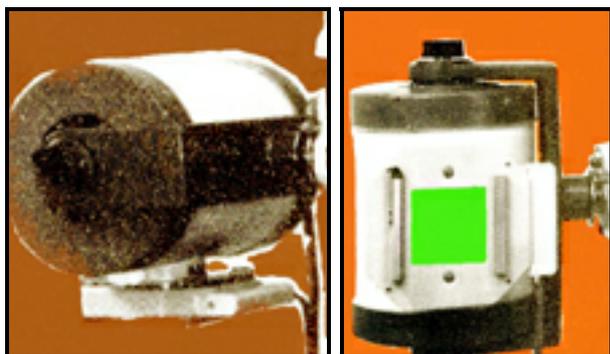


Henri Becquerel

En 1896 Henri Becquerel descubrió las propiedades perjudiciales de la radiactividad, tomando en cuenta las quemaduras que le produjo un frasco



que contenía Ra226. Ese mismo año Clarence Madison Dally que se sometió a radiaciones que acabaron con su vida, era ayudante de Thomas Alva Edison, inventor del fluoroscopio.



Durante la exposición industrial realizada en 1.896 en Nueva York, Dally expuso, reiteradamente, sus manos al experimento presentado por él, consistente en un equipo de rayos X, cuyo objetivo era observar las sombras en el esqueleto humano. Poco tiempo después las manos se le ulceraron, siéndole posteriormente amputadas. El cáncer contraído le fue progresando en su organismo y en 1.904 acabó con su vida. Fue la primer víctima descrita por las radiaciones ionizantes.



Imágenes en las que podemos observar los tubos de rayos X sin protección

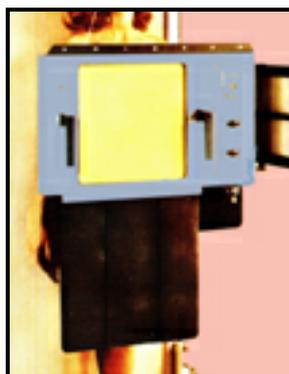
En 1927 Müller descubrió en la Drosophila mutaciones inducidas por las radiaciones X. Dos años más tarde Goldstein asociaría la alteración del desarrollo con la exposición a radiaciones ionizantes.

Desde entonces se han realizado numeroso estudios sobre las radiaciones ionizantes y sus efectos en el material biológico. Estudios epidemiológicos, como los resultados de las bombas de Hiroshima y Nagasaki, de niños irradiados intraútero, de adultos irradiados por los tratamientos de espondilitis anquilosante o bien para el carcinoma de tiroides, estudios en animales de diferentes especies y estudios in vitro, principalmente con DNA y linfocitos humanos, pudiendo haber demostrado el efecto mutagénico de las radiaciones ionizantes que al parecer es mayor in vitro que in vivo.



Müller

El criterio básico de protección radiológica se basa



Imágenes en las que podemos observar los tubos de rayos X con protección y un aparato de escopia

en obtener el máximo beneficio de los efectos físicos de los rayos X con el mínimo perjuicio, tanto para los pacientes, así como a los trabajadores profesionalmente expuesto

La utilización creciente de las radiaciones ionizantes en diferentes campos, hace necesario incrementar las medidas de protección radiológica con objeto de prevenir posibles daños a la población actual y a generaciones futuras.

Más de la tercera parte de las decisiones médicas se basan en el diagnóstico radiológico, por lo cual existe un gran número de personas expuestas a radiaciones ionizantes, como consecuencia del desarrollo de esta actividad, ya sea como profesionales, como pacientes o en reconocimientos periódicos de control de salud.



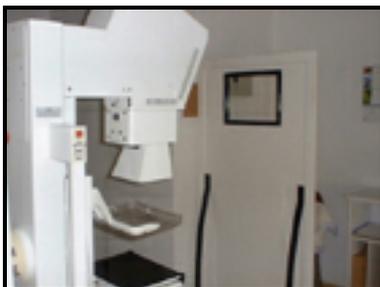
Tubo de rayos X con intensificador de imagen y colimador para escopia y con colimador para grafía. Ambos luminosos

dicos de control de salud.

Esto hace necesario establecer unas normas estrictas de protección radiológica, que permitan reducir el riesgo de exposición, cubriendo los objetivos del diagnóstico radiológico. Estas normas deben estar referidas al tipo de instalación y a los procedimientos radiológicos realizados en ella.

Los criterios de la protección radiológica se basan en conseguir que la sociedad obtenga los máximos beneficios de las radiaciones ionizantes, con el mínimo riesgo para los pacientes y profesionales en particular y para la población en su conjunto.

Al observar las figuras adjuntas vemos que los tubos de rayos X se protegieron con una coraza, en cuyo interior se encontraba el tubo y entre este y la coraza repleto de aceite. Con esto se conse-



Mamógrafo con pantalla protectora para el operador y cabina protegida para el operador en sala de rayos X.

guía que el aceite actuara de aislante eléctrico y absorbiera parte del calor a que es sometido el tubo. Además de ello la radiación solamente salía por el orificio convenientemente diseñado, acoplado a un colimador para

enmarcar el campo de radiación. Vemos también, como incluso en los aparatos de rayos X, ya en desuso se protegía la pantalla fluorescente con cristal Pb y se le adosaba una faldilla emplomada para evitar, en lo posible, dosis al observador.

Posteriormente se diseñaron los colimadores luminosos, con lo cual se enmarcaba el campo a explorar radiológicamente con una simple luz, sin necesidad de irradiar al paciente.

Afortunadamente se ha ido progresando tecnológicamente, con el fin de obtener el máximo beneficio con el mínimo daño, tanto para el paciente como para el las personas profesionalmente expuestas.

Recomendaciones básicas de Protección Radiológica en Radiodiagnóstico.

1. Utilizar siempre el dosímetro personal durante trabajo y tener en cuenta los resultados de la dosimetría para mejorar las técnicas de protección. Fuera de los períodos de utilización, se debe guardar el dosímetro en un lugar libre radiaciones.
2. Antes de realizar una exploración, se deben cerrar las puertas de la Sala de Rayos X
3. Durante la radiografía el personal debe colocarse detrás de la mampara del puesto de control y NO DEBE ASOMARSE durante el disparo.
4. Ningún paciente debe esperar o cambiarse en la Sala de Rayos X, mientras otro paciente está siendo explorado. Se debe evitar que los familiares del paciente en la Sala, acompañándole.
5. Si los pacientes o chasis necesitan sujeción, dispositivos mecánicos siempre que sea posible.
6. Si hubiera que permanecer en el interior de la sala durante la exploración, se usará delantal plomado en un blindaje mínimo de 0.25 mm. de Pb. se evitará colocarse en el haz directo y se procurará alejarse lo más posible del paciente.

7. Las trabajadoras que estén embarazadas no deben acceder a las sala de Rayos X durante el funcionamiento de los equipos.

8. No dirigir el haz de Rayos X hacia el puesto de control, las ventanas o los portachasis.

9. Se debe colimar el haz para que el tamaño del campo sea el mínimo de acuerdo con las necesidades del diagnóstico.

10. El número de placas debe ser el menor posible. Asimismo, se debe minimizar, en lo posible la carga (mAs) en cada disparo.

En las salas con equipos fluoroscópicos se tendrá en cuenta , además, las siguientes recomendaciones:

1. No deben realizarse exámenes en pantallas fluoroscópicas (sin intensificador de imagen) salvo en circunstancias excepcionales.
2. Antes de empezar un examen radioscópico, la habitación debe estar bien oscurecida y los ojos deben estar adaptados a la oscuridad con objeto de minimizar la intensidad de rayos X necesaria.
3. Durante las exploraciones radioscópicas sólo deben permanecer en el interior de la sala el personal imprescindible y deben colocarse, siempre que sea posible, detrás de la pantalla fluoroscópica o intensificador y no lateralmente junto al paciente. Dicho personal utilizará delantales plomados con un blindaje mínimo de 0.25 mm. de Pb.
4. En exámenes fluoroscópicos convencionales, la corriente no debe exceder de 4 mA a 100 kV. Con intensificadores de imagen de corriente no debe exceder de 1 mA a 100 kV.
5. La duración del examen y el tamaño del campo deben mantenerse al mínimo posible, de acuerdo con las necesidades de diagnóstico.



Paciente preparado para estudio radiológico con escopia y grafía combinada



Protección inadecuada del personal estando el equipo de Rx en marcha

6. Utilizar guantes plomados cuando se tengan que hacer palpaciones, no colocando nunca las manos entre el tubo y el paciente.

NOTA FINAL: Los equipos de rayos X sólo emiten radiación cuando se disparan, por tanto, las restricciones anteriores sólo se aplican cuando el equipo está en funcionamiento.



Protección optimizada por el personal profesionalmente expuesto que se encuentra en la Sala Radiológica

Normas básicas de trabajo aplicables a salas de Radioscopia y Radiografía.

1. Durante la radioscopia, sólo estará en el interior el personal imprescindible.
2. Si no hay intensificador, el observador debe acomodar la visión a la oscuridad antes de comenzar la exploración.
3. No debe pulsar el pedal más que cuando se necesite información.
4. Se recomienda intensificador de imagen. Las pantallas de radioscopia directa deben eliminarse.
5. Recordar que la disposición de tubo arriba e intensificador abajo producen más radiación dispersa.
6. Antes de explorar, cerrar las puertas blindadas.
7. No dirigir haz directo hacia ventanas, puesto de control ni cámara oscura.
8. El personal que permanezca en el interior de la sala deberá llevar delantal plomado, acercarse al paciente y tubo lo imprescindible.
9. Cerrar el diafragma o colimador al mínimo campo exploratorio, emplear protectores de gónadas, cuando sea necesario y posible.
10. No debe haber ningún paciente en la sala mientras se explora a otro.
11. La distancia foco-piel nunca debe ser inferior a 30 cm. en radioscopia (con tubo detrás), recomendable mayor de 45 cm.
12. Si es necesario, poner las manos en haz directo, utilizar guantes protectores de máxima protección.
13. El dosímetro es un testigo de la radiación que recibe la persona. Debe llevarse cuando se trabaja, pero mantener alejado de la radiación cuando no se trabaja.
14. Si en determinadas exploraciones hay riesgo de ciertas partes del cuerpo reciban más dosis que el resto, y esta diferencia sea significativa (cristalino, manos), debe disponerse (además del dosímetro representativo del cuerpo entero que irá detrás del delantal) de otro u otros dosímetros representativos de dichas zonas especialmente expuestas.
15. Si es imprescindible que alguien sujete al paciente o al chasis, se utilizará delantal protector y guantes:
 - Se permanecerá fuera del haz directo y lo más apartado posible del paciente y tubo.
 - Deberían registrarse los datos (nombre de la persona que sujete al paciente, fecha, número de disparos, datos de radioscopia y radiografía y técnica empleada).

Normas de trabajo aplicables a salas de radiografía.

1. Antes de empezar a explorar, cerrar puertas.
2. No dirigir el haz directo hacia las ventanas, ni al puesto de control, ni a cámara oscura.
3. Durante la radiografía, todo el personal debe permanecer en zona protegida
4. Diafragmar el campo exploratorio al mínimo y comprobar protectores de gónadas, cuando sea necesario y posible.
5. No debe haber ningún paciente en la sala mientras se explora a otro.
6. Cuando sea necesario sostener el chasis, emplear dispositivos mecánicos.
7. Si es imprescindible sujetar al paciente durante la exploración, se utilizará delantal protector y guantes:
 - Se permanecerá fuera del haz directo y lo más apartado del tubo posible.

- Deberían anotarse en un registro los datos (nombre de la persona que ha sujetado al paciente, fecha, número de disparos, datos radiográficos y técnica radiográfica).

8. Distancia foco-piel nunca inferior a 45cm.

COMUNICACIONES

Idoneidad del material de radioprotección en hemodinámica y divas.

Siempre tenemos en consideración la utilización de material de protección radiológica para protegernos de la posible exposición a las radiaciones ionizantes y es común efectuar los pedidos en los centros hospitalarios indicando un determinado número de delantales plomados, protectores de tiroides, guantes y gafas.

Resulta menos frecuente el tener presente la idoneidad de dicho material, tanto en cuanto a la protección así como al posible daños a largo plazo que sobre nosotros tenga este material.

Fácilmente entenderemos que no debe ser igual un material de protección radiológica para utilizar un profesional durante unos instantes puntuales, como pueda ser el utilizado en las salas de Radiodiagnóstico convencional, al material de protección que deba utilizar un profesional durante toda la jornada laboral durante días consecutivos. Aunque todos deben tener en común proteger de las posibles radiaciones ionizantes, es evidente que el estudio ergonómico no será el mismo.

Tampoco es lo mismo la protección que debe aplicarse a los profesionales expuestos, cuya radiación dispersa sea la mayoría por efecto Compton que los profesionales cuya mayoría de radiación dispersa sea debida al efecto fotoeléctrico.

Por ello, la protección adecuada para los profesionales de hemodinámica y vascular, que a distancia del resto del personal profesionalmente expuesto son los que reúnen todas las condiciones más desfavorables, tanto en lo referente a la protección radiológica, así como en la fatiga por su trabajo acentuado por el material, siempre incómodo de protección radiológica.

Si el material no estructural de protección consta de: gafas plomadas, protector de tiroides, delantal Pb y guantes, como común denominador a todas las personas que deban permanecer en la sala radiológica durante el momento de emisión de radiaciones ionizantes. Es en la sala de hemodinámica

y vascular donde, además este material deberá reunir unas determinadas características:

Gafas

En una sala radiológica convencional cualquier gafa con cristales plomados es óptima para proteger al cristalino de la posible exposición a la radiación dispersa. Es en la sala de hemodinámica donde este criterio generalizado no se cumple.



En la sala radiológica el uso de gafas con cristal plomado puede durar segundos; en cambio, en la sala de hemodinámica horas y además en días consecutivos. Puede incluso el personal de la sala de hemodinámica incluso utilizar cristales correctores, con lo cual ya no son útiles las gafas con cristal Pb comunes. En la sala de radiología convencional se suelen usar para sujetar pacientes. En cambio, en la sala de hemodinámica y vascular el trabajo es de suma meticulosidad y se precisa de una visión óptima.

Por ello, las gafas de hemodinámica deben ser adaptables al operador, cómodas, de poco peso y a ser posible debería existir la protección de una pantalla a base de metacrilato plomado, donde se proteja al operador sin producirle la fatiga de unas gafas que por óptimo que sea el diseño, siempre tendrán mayor peso que las comúnmente utilizadas con cristales orgánicos. Observaremos en las imágenes adjuntas que unas son para colocarse sobre las gafas convencionales y las otras son o pueden ser con graduación correctora y sobre todo irán protegidas por los laterales.

Protector de Tiroides

El protector de tiroides a utilizar en una sala radiológica convencional con que cumpla la función de proteger la glándula tiroidea es suficiente. En cambio, el protector de tiroides de la sala de hemodinámica deber cumplir determinados requisitos ergonómicos como son: que no produzca roces, que sea flexible y permita los movimientos articulares de las vértebras cervicales y pueda permitir todos los movimientos propios del trabajo, tanto para el operador, ayudante e instrumentista.

Todo ello es porque el protector de tiroides cuando es utilizado en la sala de radiología casi siempre es para sujetar a un paciente durante escasos segundos. En la sala de hemodinámica siempre es





durante tiempos prolongados y además realizando una función de trabajo que requiere una libertad de movimientos.

El delantal Pb es obligatorio que sea de equivalencia Pb 0.5mm, con lo cual es mucho más pesado que el delantal con equivalencia Pb 0.25mm.; además de tener que ser soportado durante tiempos muy prolongados.



Delantal Pb

Sobre este criterio de mayor grosor en el delantal Pb deberemos recalcar el motivo. En una sala de radiología convencional no nos importa tanto el peso del delantal, porque al igual que los ejemplos anteriores solamente será soportado

el peso durante segundos; en cambio en hemodinámica seguirá siendo durante tiempo prolongados. También podremos comparar los tiempos con los quirófanos de traumatología; en cambio, como en traumatología se trabaja con una radiación que prevalece el efecto fotoeléctrico, aunque sea comparable con los tiempos, no lo es con el grosor del delantal Pb. En hemodinámica no son los tiempos prolongados, sino que la radiación que prevalece es la que produce el efecto Compton.

Debemos procurar que los delantales de hemodinámica tengan la máxima zona total de apoyo en el cuerpo del trabajador, los delantales convencionales mantienen su apoyo sobre los hombros, con lo cual producen una fatiga a lo largo de la jornada. Lo óptimo es que el delantal del instrumentista se apoye en los hombros y aplique una faja la cual se encargue de repartir el peso. En el caso de las instrumentistas está indicado que la protección se divida en chaleco y falda plomada.

A todo ello deberemos de sumar que el dosímetro de solapa nos marcará las dosis homogéneas recibidas en el cuerpo; pero cuando el tubo se encuentre de abajo hacia arriba, a buen seguro y teniendo

en cuenta el principio físico del inverso del cuadrado de la distancia la dosis en gonadas será superior a la registrada en el dosímetro de solapa.

Es óptimo dotar la mesa del quirófano con una falda plomada, que no precise soportar el peso del operador

Guantes

Mientras que los guantes clásicos de radiólogo protegen la radiación dispersa, y para



1. Manopla
2. Guantes plomados

ello fueron diseñados, en hemodinámica existe el inconveniente de además de estar cerca del haz y prácticamente expuestos muy próximos al haz residual se precisa de una exquisita sensibilidad táctil, con lo cual los guantes Pb convencionales no resultan de utilidad en hemodinámica y vascular.

En hemodinámica y vascular solamente se pueden utilizar los guantes con discreta protección, cuyo porcentaje de atenuación irá en acorde inverso al kilovoltaje utilizado y nunca protegerán del haz directo propiamente dicho ni del residual. Son guantes que por sus características quirúrgicas deben mantener la mayor sensibilidad que razonablemente sea posible; pero para ello irá en obligada detrimento de su porcentaje de atenuación.

Resulta de interés la aplicación de colimadores para la radiación residual, con gran poder de absorción a la radiación y sin fatiga para las manos del operador.

Conclusión

La ergonomía del material de protección radiológica de la sala de hemodinámica y vascular resulta imprescindible para atenuar la fatiga de los trabajadores. Para ello, utilizaremos el máximo de protección adaptada a la mesa y paciente para poder disminuir el peso del material Pb que soporta el trabajador.

PONENCIAS

RIESGOS LABORALES EN RADIOPROTECCIÓN APLICADOS A UNA SALA DE HEMODINÁMICA Y VASCULAR

Introducción

Los riesgos laborales en la Sala de Hemodinámica y Vascular son patentes para el personal que tra-

baja dentro de la Sala de Hemodinámica. No será suficiente que la Sala cuente con un estudio de Cálculo de Barreras estructurales, si bien deberá existir dicho estudio al amparo del Real Decreto 1891/91.

Lo verdaderamente problemático de la Sala de Hemodinámica y Vascolar es el personal que trabaja dentro de la Sala. Del personal que trabaja en la Sala, aunque todos se consideren profesionalmente expuesto según el Real Decreto 53/92, deberemos clasificarlos según el riesgo, de mayor a menor serán tres categorías:

- Operador y Ayudante.
- Instrumentista.
- Personal circulante.

Si tenemos en cuenta uno de los principios básicos de la protección radiológica que dice: LA RADIACIÓN ES INVERSAMENTE PROPORCIONAL AL CUADRADO DE LA DISTANCIA E INVERSAMENTE PROPORCIONAL AL TIEMPO DE EXPOSICIÓN, resultará lógico pensar que el profesional más próximo al paciente, será el operador y el ayudante, por lógica a más distancia del paciente estará el o la instrumentista y en zona más alejada el personal circulante.

Así pues será de obligado uso el delantal Pb para el operador, el ayudante y el instrumentista y no lo será para el personal circulante, que a criterio del responsable de protección radiológica adoptará criterio de uso, sobre todo a tenor de las dimensiones de la Sala.

Dentro de la obligatoriedad del uso del delantal plomado deberemos tener en cuenta que no será el mismo tipo de delantal Pb del operador y ayudante que el adecuado para el instrumentista.

Téngase en cuenta que el operador y ayudante siempre estarán mirando al paciente con lo cual su zona crítica será la presomática, debiendo por lo tanto utilizar un delantal que proteja el presoma; mientras que el instrumentista como su condición de trabajo es diferente, o sea, que no solamente estará mirando al paciente sino que efectuará giros entre la mesa de instrumental y el operador o ayudante. En dichos giros la zona retrosomática también puede quedar expuesta al riesgo de irradiación.

Así pues el instrumentista deberá utilizar delantal con protección Pre y Retrosomática, con el consiguiente sobrepeso, para lo que se deberá utilizar bien faja o cinturón ajustado a la región lumbar, cuya misión será la distribución de sobrepeso.

Esta es la protección genérica mínima que deben usar todos los trabajadores en la Sala de hemodinámica y Vascolar, además debemos considerar que es de obligado cumplimiento, tanto por parte del Centro en cuanto facilitar el material, como del personal de Hemodinámica y Vascolar el de hacer uso del mismo.

El operador será el profesional de mayor riesgo, que deberá utilizar, además de delantal Pb y protector de tiroides, bien gafas o mampara Pb que le proteja de la proximidad del enfermo. Además es conveniente el uso de guantes Pb, pero que mantengan la sensibilidad adecuada, o sea, no pueden ser guantes Pb convencionales.

De todas formas estos guantes quirúrgicos con aleación Pb son óptimos para proteger la exposición a la radiación dispersa, cuando el operador visualice sus manos en el monitor TV, es que está expuesto a la radiación directa y es entonces cuando a buen seguro la protección de los guantes será nula. La distancia es sumamente importante a tener en cuenta en la radioprotección.

Así pues, cuando podamos distanciarnos aunque sea un sólo paso del foco emisor la posible dosis de exposición descenderá de manera vertiginosa y deberemos tener siempre en cuenta el evitar en lo posible la proximidad al haz.

Deberemos tener la seguridad que el tubo emisor de RX mantiene un óptima hermeticidad y que solamente emitirá fotones por la ventana de salida, verificando periódicamente que no existe radiación de fuga, porque, esta radiación tiene una penetración equivalente a la radiación directa y las prendas de protección están diseñadas para protegernos de la radiación dispersa, o sea, la que desprende el paciente, nunca de la que se desprenda del tubo bien en calidad de directa, bien en calidad de fuga.

En cuanto a la protección del público en general, las salas de hemodinámica no resultan problemáticas ni en la mayoría de los casos precisan de protección Pb. Téngase en cuenta que si la sala de hemodinámica precisara de protección Pb sería porque la dosis es lo suficientemente importante para tener más preocupación por las personas que se encuentran en su interior que las personas que puedan ocasionalmente estar en la superficie perimetral de la sala, que además de estar a mayor distancia se sobreañade la absorción a la radiación de los cerramientos estructurales de la Sala.

Conclusión

Las Salas de Hemodinámica y Vascolar son problemáticas para el personal que desarrolla su tra-

bajo en su interior y los medios de protección deben ir encaminados para el personal profesionalmente expuesto y en la mayoría de los casos no es motivo de preocupación los cerramientos colindantes.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN UNA SALA DE HEMODINÁMICA Y VASCULAR. APLICACIONES ERGONÓMICAS.

Introducción

Conrad Röntgen presentó su primer informe que trataba Sobre una nueva variedad de rayos, el 28 de diciembre de 1895, y cuatro semanas más tarde daba su primera conferencia, con el fin de proceder al relato de su descubrimiento, para ello mostró la mano de su colega, el anatomista de setenta y ocho años, Albert Von Kölliker visualizada a través de los Rx. Este hecho provocó el estallido del auditorio en un tumultuoso aplauso. El uso de los tubos de Rx era inminente. No obstante, Conrad Röntgen se tuvo que enfrentar a serios problemas, porque los Rx llegaron a ser considerados como "un " rodeado de oscurantismo, con bulos tan mediocres como que mediante su aplicación se podía ver el cuerpo desnudo de las mujeres a pesar de ir vestidas con las tupidas ropas victorianas.

En un principio su uso fue indiscriminado y con una excesiva ligereza. Así, los tubos de la época estaban al descubierto, los profesionales no se protegían, los tiempos de exposición eran muy prolongados, y, fue entonces cuando aparecieron las primeras complicaciones.

Alguna de estas falsas creencias han durado hasta nuestros días, bastará recordar cualquier película de acción en la que podemos ver como el protagonista lleva rayos X en las gafas, para ver el interior de los objetos. Este fenómeno físico que son los Rx tiene grandes ventajas y serios inconvenientes, que solamente pueden ser tratados con un meticuloso estudio y la aplicación de la técnica adecuada, en ningún caso mediante el empirismo. Debemos de tener presente que las radiaciones ionizantes pueden ocasionar daños en el hombre, el cual carecen de sentidos para su detección.

Por ello ya en 1.922 se establecieron normas de protección contra los efectos biológicos perjudiciales, producidos por las radiaciones ionizantes debido a los síntomas patológicos de un conjunto de radiólogos, por la incidencia de cáncer en este grupo de trabajo que era significativamente, más

alta respecto a otros profesionales de la salud, circunstancia ésta que demostró la peligrosidad de las radiaciones ionizantes.

Esto queda avalado por recientes estudios realizado por el Consejo Nacional de Protección Radiológica de los Estados Unidos sobre la incidencia de dosis procedentes de Fuentes Artificiales, destacan la importancia del Radiodiagnóstico, frente al resto de fuentes artificiales, en dicho estudio, la aportación de dosis/población de los Rayos X de uso médicos es del 72% con respecto a un 28% que aportan el resto de fuentes artificiales, incluida la Radioterapia.

Por ello, deberemos adoptar las medidas necesarias para disminuir las posibles dosis en los posible, no solamente las de cuerpo entero, sino las de zonas; siendo dentro de las zonas las más problemáticas y frecuentes las de las manos. Si estudiamos las exposiciones individuales veremos que dependen de cuatro factores básicos relacionadas con el foco emisor de Rx:

- El tiempo de exposición a las radiaciones.
- La distancia al foco emisor de Rx.
- Dirección del haz con respecto al individuo
- El blindaje interpuesto entre el foco y el individuo.

Estos enunciados han conseguido disminuir las dosis colectivas a los trabajadores profesionalmente expuestos de forma considerable; sin embargo existen técnicas y disciplinas radiológicas en donde hasta ahora ha sido imposible el aplicar estos criterios de radioprotección, que tantas ventajas han aportado a la radiología general.



Figura nº 1

Nuestro estudio se ha basado en la radiología vascular, donde los cuatro criterios básicos de protección radiológica no solamente no son aplicables, sino que en la mayoría de estas técnicas su aplicación es contraria a lo enunciado para protegerse. Si la Legislación actual nos indica que los trabajadores de esta sala radiológica deben ser controlados por medio de dosímetros personales y además por medio de dosímetros de muñeca, así lo hemos hecho y estaremos dentro del marco de la vigente Legislación; pero las manos de los radiólogos seguirán expuestas.

También se nos dice que deberán ser dotados de los medios de protección, entendiendo por medios de protección los delantales plomados, los protectores de tiroides y los guantes plomados y por ello los dotamos.

A pesar de todo, o sea, de encontrarnos dentro del marco legal, veremos que desde nuestra consideración técnica no están protegidos.

Empecemos por analizar los cuatro enunciados básicos aplicables en la mayoría de técnicas radiológicas.

Tiempo de exposición a las radiaciones

Cuando nos referimos a estos trabajadores deberemos tener presente que son profesionales que durante toda su jornada laboral están expuestos a las radiaciones ionizantes, la mayoría de jornadas están más del 50% del tiempo funcionando la escopia y la grafía indistintamente; además con el agravante de que en la mayoría de los casos no pueden desplazarse hacia zonas protegidas sino que deben estar pendientes del trayecto del catéter o sea estar a pie de tubo.

Distancia del foco emisor

En otras técnicas radiológicas encontramos una determinada tolerancia con el factor distancia por lo que en contadas ocasiones deberán estar cerca del foco emisor. Este caso es todo lo contrario, casi siempre tiene que estar pegados al foco emisor; pero, sobre todo las manos no solamente tienen que estar cerca del foco emisor, sino en muchas ocasiones expuestas al haz residual.

Dirección del haz con respecto al individuo

La dirección del haz siempre será enfocada hacia la región anatómica del paciente que se pretende estudiar. Evidentemente la colimación de entrada, como profesionales de primer orden, será exacta; ni menos para poder visualizar adecuadamente, ni más para evitar innecesariamente la dosis al paciente y aumentar la dispersa en la sala. Pero la dosis que reciben estos trabajadores no es la que proviene del tubo, sino la que proviene del paciente. Por muy colimada que esté la radiación de entrada -y debe estarlo- al interaccionar los fotones de Rx sobre los paciente, una parte de éstos se absorberá por el paciente y otra parte se dispersará, con lo cual estos profesionales van a recibir dosis proveniente de la radiación dispersa.

El blindaje interpuesto entre el foco y el individuo.

En la mayoría de salas radiológicas entenderemos

por blindaje, el interpuesto entre el operador y el foco emisor, con lo cual el cálculo resulta relativamente sencillo y además agradecido, porque bastará que protejamos con un material denso entre foco y operador, siempre siendo generoso con el espesor del material y no tendremos más problemas en cuanto a la protección radiológica.



Figura nº 2



Figura nº 3



Figura nº 4

Sin embargo en el supuesto objeto de este estudio debemos, además de realizar lo anterior como sala radiológica, tener criterios muy específicos para proteger adecuadamente a estos trabajadores. En el caso de la angiografía se puede actuar de forma adecuada si protegemos lo que más a distancia se encuentra del foco, pero tenemos el grave inconveniente de que lo que debería estar más protegido es impropio; es más nuestra hipótesis de trabajo se ha basado en demostrar que algunos medios de protección radiológica utilizados hasta ahora, no sólo no protegen adecuadamente, sino que pueden aportar más dosis en manos a los trabajadores, tal como demostraremos

Razonaremos nuestra hipótesis de trabajo al tener en cuenta que estos trabajadores utilizan técnicas de cateterización donde es imprescindible mantener la sensibilidad en las manos; luego ya tenemos el inconveniente principal de no poder adoptar un blindaje adecuado a las manos, porque cualquier protección disminuirá de forma inversamente proporcional su efecto con la sensibilidad que se precise.

Si tenemos en cuenta que estos profesionales disponen de delantales Pb y que el dosímetro de lectura de cuerpo entero se encuentra a la altura del esternón y colocado debajo del delantal Pb -que es donde debe ir- y que el delantal tiene una protección adecuada para la radiación dispersa, es normal, que las dosis que estos trabajadores reciban

de cuerpo entero se encuentre dentro de los límites bajos tolerables y aceptables para cualquier instalación de Radiodiagnóstico médico

El inconveniente principal lo vamos a encontrar en las dosis en manos, que desde nuestra hipótesis de trabajo siempre serán superiores las recibidas que las medidas. Si tenemos en cuenta que las manos se encuentran más cerca del foco emisor que los dosímetros de cuerpo entero colocados a la altura del esternón, es evidente que, de acuerdo con la ley del inverso del cuadrado de la distancia, las dosis serán mayores en las manos; si a esto añadimos que con más frecuencia que la deseada las manos en determinadas ocasiones se observan por la pantalla de escopia, o sea, que se someten a la acción del haz directo o residual, en donde las dosis estimadas son 103 veces superiores a la radiación dispersa, es evidente que las manos deben ser consideradas como de alto riesgo.

Además de estar el dosímetro de cuerpo entero colocado a la altura del esternón y estar más separado del foco emisor que las manos, por añadidura está protegido por el delantal Pb que puede ser de 0.25, 0.3 o 0.5 mm equivalencia Pb. Si este tipo de protección se colocara en las manos, evidentemente no existiría la sensibilidad necesaria para el buen hacer en las técnicas angiográficas.

A esto debemos añadir que el foco emisor de Rx se encuentra situado debajo de la mesa, o sea, al paciente le llega la radiación en dirección de abajo hacia arriba. Como quiera que el dosímetro de muñeca se coloca en el dorso de la muñeca, la irradiación al profesional expuesto le llega dirección palmar-dorsal, luego de este hecho se deduce que la dosis que se registra en el dosímetro de muñeca está basada en una radiación atenuada por la propia muñeca del trabajador.

Si a esto añadimos que tanto los dedos como la región metacarpiana son las más cercanas al haz de radiación y son las que en determinadas actuaciones, se someten normalmente, al haz directo, es muy improbable que radie la muñeca del trabajador; por ello las dosis reales -que desde nuestra consideración- reciben los trabajadores en dosímetro de muñeca son inferiores a las realmente recibidas en dedos y región carpiana.

El criterio generalizado es que la adquisición de guantes con protección 0.003 Pb ha sido la única forma de protección radiológica en las manos. Estos guantes que teóricamente evitan o disminuyen la posible dosis en manos provocan un aumento del riesgo de radiodermatitis; por lo que nosotros consideramos que cuando la mano está sometida al haz poco podrían hacer los guantes; y además contribuyen a disminuir la sensibilidad del radiólogo.

go.

Siendo que algunos trabajadores reciben dosis preocupantes en manos nos vimos con la imperiosa necesidad de realizar un estudio minucioso donde averiguáramos la efectividad de estos guantes, o en su defecto, las posibles alternativas.

Las manos de los trabajadores de la sala vascular están expuestas por dos tipos de técnicas. En primer lugar cuando están cateterizando en radial y el haz de radiación residual es incidente con la zona de trabajo y en segundo lugar cuando ya el catéter se encuentra en la región torácica del paciente. En ambos casos el paciente va a desprender una cantidad de radiación dispersa y residual que recibirán las manos de los trabajadores que se encuentren interviniendo.

Como en la mayoría de las técnicas el efecto que va a producir la radiación va ser el Compton, la dispersión será superior a la que pudiera ser si se trabajara con efecto fotoeléctrico.

Si protegemos la radiación residual del paciente es evidente que tendría que ser con materiales densos, con lo cual serían radiopacos y presentarían el inconveniente de no poder visualizar radiológicamente el campo operatorio, con lo cual no serviría este método.

Sin embargo nosotros consideramos en un principio que lo correcto sería colimar la radiación residual que se encuentra a la salida del paciente, y no la que se colima desde los colimadores del haz directo.

Deberemos buscar un tipo de material que sea esterilizable para poder mantener el campo aséptico y que fuera cómodo de manejar sin interferir en el campo de visualización de la radiación.

Consideramos que lo ideal sería planchas plomadas colocadas de forma que pudiera ampliarse en campo al antojo y necesidad del radiólogo. Porque es lógico que sea así ya que no todos los brazos tienen el mismo grosor ni la zona es exactamente igual. Cuando haya que proteger las manos del radiólogo de la radiación dispersa del paciente porque el haz está en la región torácica, también lo haremos con plancha Pb colocada paralela al haz de irradiación, con el fin de proteger las manos, pero sin interferir el campo radiológico a estudio.

Cuando se está trabajando sobre el brazo del paciente y están sometidas las manos al haz de radiación residual, si nosotros colimamos este tipo de radiación, es evidente que saldrá del paciente de formar rectilínea y además en dirección perpendicular al plano del brazo del paciente. Cuando no

se colima la radiación residual ésta saldrá del paciente dispersada en todas direcciones, con lo cual siempre habrá mayor exposición no sólo en manos, sino en tiroides y cristalino del radiólogo.

Pues bien para este menester hemos diseñado dos planchas de plomo -se han hecho de distintas dimensiones- que tienen una cantidad de orificios en un lado, se colocan las planchas con los orificios mirando hacia el interior del campo a explorar y se atan con una vena estéril, que es radiotransparente, con lo cual el campo exploratorio quedará exento de radiopacidad y quedará colimada la radiación residual.

Desde nuestro punto de vista las dosis en manos a buen seguro deberán disminuir de forma considerable, porque si los guantes tienen una protección Pb de 0.003 mm solamente son adecuados para protegernos de la radiación dispersa; pero dentro de este tipo de radiación la protección que obtendrán en las manos será inversamente proporcional al kilovoltaje utilizado. O sea, que si se utiliza un kilovoltaje de 40 kV la atenuación podrá ser del 80%; pero si se utiliza kilovoltaje de 70 kV la atenuación puede que no supere el 50% y si se utilizan 100 kV prácticamente no existe atenuación, con lo cual el resultado será el mismo que si no se protegieran las manos.

Sin embargo estas son las indicaciones de los fabricantes, por lo que nos hizo pensar que cuando las manos quedarán expuestas al haz directo, evidentemente poco podrían proteger este tipo de guante. Es entonces cuando desde nuestra consideración hipotética pensamos que no solamente no protegerían sino que perjudicarían seriamente. Esto tiene su lógica, si la radiación penetra en las manos, un porcentaje muy elevado saldrá; pero si existen los guantes, la parte que sea coincidente con el haz filtrará los fotones de bajas energías y dejará penetrar un haz más duro -el principio de filtración del haz, o sea, el endurecimiento del haz- con lo cual la parte que no se encuentra expuesta al haz directo va, en principio, a evitar la salida de estos fotones y quedará mayor número de fotones y más energéticos dentro de la mano.

Toda esta hipótesis de trabajo debe ser probada y evaluada, no solamente su efecto sobre la protección radiológica -que ya es importante- sino también su aportación ergonómica, frente a una imperiosa comodidad en las manos y la necesidad de evitar todo lo que impida la sensibilidad en los pulpejos, que tan necesaria es para el personal de la sala radiológica vascular.

Material y metodología

Material

Se han utilizado planchas de plomo de 2 mm de espesor de forma rectangulares y en distintas dimensiones, las destinadas a ser colocadas en los brazos con un ancho de 12 cm y distintas longitudes; pero con una serie de orificios en un lado, siempre el de mayor longitud. Las destinadas a protegerse de la región torácica de 30 x 40 cm.

- Dosímetros de pulsera de los denominados rotatorios, para lectura de dosis superficial.
- Vendas estériles
- Cámara de ionización marca Nardux, modelo Babyline.

Metodología

La metodología empleada ha sido la de cortar las distintas planchas en el Servicio de Ingeniería del Hospital General Universitario de Valencia. Se utilizó un recipiente plástico cuya capacidad era de 1 litro de agua, para que actuara de fantomas y cuando incidiera la radiación sobre ella se dispersara de la forma más parecida a la de un paciente. Con el fin de aproximarnos, en lo posible a la realidad introducimos en el recipiente unos huesos de pequeño tamaño de perro, cuya densidad calculada se pareciera en lo posible al brazo de un paciente.

Se realizaron las pruebas con tres variantes:

- La primera fue colocando las planchas de Pb de la misma forma que se colocarían en un supuesto brazo de paciente y sobre la plancha de plomo se colocó un dosímetro de muñeca -los mismos que utiliza el personal de la sala radiológica del vascular para medir la posible dosis en manos- este dosímetro se colocó en la cara opuesta a la botella, o sea, en el lugar que deberán colocarse las manos del personal cuando de un brazo real se trate.

- La segunda fue de igual forma que la primera pero sin colocar plancha de Pb, sino colocando el dosímetro dentro de un guante de protección radiológica en manos utilizado comúnmente en estas técnicas.

- La tercera fue colocando el dosímetro de la misma forma, pero sin guantes ni planchas Pb, o sea, a manos descubierta.

Estos dosímetros fueron remitidos al Centro Nacional de Dosimetría para su lectura, que fue realizada a doble ciego y en las tres situaciones indicadas fueron sometidos a 20 disparos con las siguientes características físicas: 45 kV, 160 mA y 38.6 mseg.

Ya con posterioridad se remitieron a la Unidad de

Esterilización de este mismo Hospital las planchas Pb y fueron sido esterilizadas con Oxido de Etileno y empaquetadas.



Figura nº 5



Figura nº 6



Figura nº 7

Una vez disponíamos de este material estéril es cuando procedimos a utilizarlo con pacientes para poder ver si el sistema resultaba ergonómico para el radiólogo.

Las planchas de plomo utilizadas para colimar la radiación residual, o sea, de los miembros superiores, fueron atadas las planchas Pb por vendas estériles del quirófano de Traumatología del Hospital.

La plancha de protección a la radiación dispersa, que debe proteger la dispersada por el paciente cuando se estudia la región torácica, también estaba esterilizada y se colocó perpendicular al plano de la mesa.

Se efectuaron distintas radiografías de control, visualizando las manos por la pantalla y se verificó radiografiando las manos sin guantes de protección y con guantes de protección.

Resultados

Los resultados obtenidos se ajustaron a la hipótesis de trabajo en que nos iniciamos. De los dosímetros leídos en el Centro Nacional de Dosimetría quedo manifiesto que los colocados tras la plancha plomada y alcanzaron una dosis integral de 1 mSv; los colocados dentro de los guantes alcanzaron una dosis de 2 mSv y los colocados al descubierto una dosis de 4 mSv.

Esto no se ajusta del todo a la realidad por varias razones, en primer lugar cuando la dosis es mínima como el caso del dosímetro colocado tras la plancha de plomo siempre por defecto nos dará la dosis mayor, como quiera que en los lectores de dosimetría por el método de termoluminiscencia el rango de lectura tiene un margen de error y son dosis ínfimas, según pudimos ver en realidad la dosis que se pudiera haber obtenido sería más bien la equivalente al fondo radiológico ambiente.

En segundo lugar hemos indicado que en energías de 40 kV la absorción de los guantes era del 80%, con lo cual con esta potencia los guantes si ejercieron un papel de protección fundamental. Nosotros no pudimos verificarlo con potencias



Figura nº 8



Figura nº 9

superiores ya que el equipo de Rx es automático y graduará la potencia a tenor del espesamiento del objeto a radiografiar y en nuestro caso era de 1 litro. Si por el contrario hubiera sido un objeto de más densidad y el kilovoltaje utilizado hubiera sido mayor, a buen seguro que la absorción de los guantes hubiera sido también menor, pareciéndose mucho a tener las manos al descubierto.



Figura nº 10



Figura nº 11

A ello habría que añadir que con 2 mm de plancha plomada la protección hubiera sido igual a mayor kilovoltaje.

Nosotros en este trabajo no podemos realizar un tratamiento estadístico adecuado ya que la disminución de dosis irá orquestada por el número de intervenciones que se realicen y dentro de éstas por las técnicas que se utilicen, que ya no solamente irán a depender de las constantes físicas utilizadas sino también por las dificultades que aporte el enfermo tanto en su cateterización como en el tiempo de la intervención total.

No obstante si recurriéramos a las dosis tal como nos llegan habría que pensar que hemos disminuido las dosis en manos más de 4 veces sea cual sea la técnica empleada, esto supondría que las dosis recibidas por determinados trabajadores de la Sala radiológica vascular quedarían en un rango que dejaría de superar 1/10 de la dosis máxima permisible.

Esto sería en cuanto a la radiación dispersa resi-

dual, pero la situación se agrava cuando el radiólogo recibe las dosis directas de la residual. Nosotros indicábamos en nuestra hipótesis de trabajo, que considerábamos que la protección de los guantes en estas situaciones de haz directo residual podía ser perjudicial. Esto lo hemos verificado radiografiando una mano sin guantes y otra con guantes.

Evidentemente la radiación pasa por los guantes con total impermeabilidad, es más tal como nosotros apuntábamos mejora la imagen radiológica, o sea, existen más dosis en manos con guantes que sin guantes.

Decimos esto porque tal como adjuntamos la imagen radiológica de dos posiciones con los guantes puestos, se puede observar los huesos metacarpianos y las falanges de los dedos perfectamente, si tenemos en cuenta que los guantes protegen por medio de la lámina plomada que envuelve la mano y en este caso al ser radiografiada la mano entera, quiere ello decir que la radiación ha atravesado doble lámina plomada y a pesar de ello la visión esquelética de la mano es perfecta.

Seguimos manteniendo nuestro criterio respecto a que cuando la radiación atraviesa la lámina de tejido que forma el guante, ésta se encarga de endurecer el haz; y la lámina del guante opuesta a la zona expuesta se encargará de actuar de forma que aumente la retrodispersión.



Figura nº 12

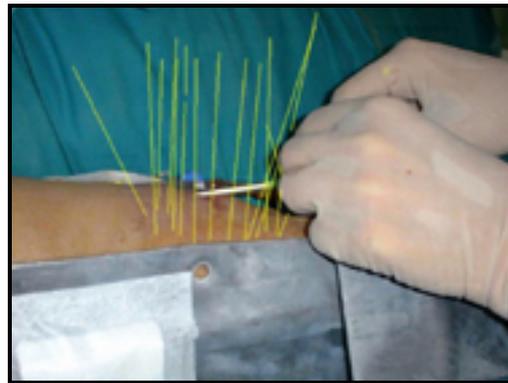


Figura nº 13



Figura nº 14

Si observamos las radiografías de la misma mano y con las mismas constantes físicas, observaremos que no varía mucho la calidad radiológica en las radiografías de la mano con guantes a la de la mano sin guantes.

Con esta colimación de la radiación superficial no solamente disminuiríamos la dosis en las manos sino que estamos seguros que podremos disminuir la posible dosis en cristalino y la posible dosis en tiroides. Podemos encorvar estas planchas de plomo, al ser material totalmente maleable, dándoles la forma que precisemos y conseguiremos que la radiación dispersa de salida emerja del paciente de forma rectilínea y no en forma esférica en todas direcciones. Esto no va a aventajar solamente la disminución de la dosis en manos, sino que además va a disminuir considerablemente la dosis para el personal circulante por la sala radiológica, siendo así que la radiación residual al salir de forma rectilínea lo hará en dirección al techo.

De la misma forma cuando lo que se proteja sea la región torácica del paciente todo el personal de la sala que se encuentra en la parte de la zona que protegemos se beneficiará de este sistema, o sea, no serán solamente disminuidas las dosis en manos -que actualmente es lo que más nos preocupa- sino que también de la forma que hemos indicado en el párrafo anterior, la radiación saldrá en dirección al techo y a la parte opuesta del paciente.

Nuestro objetivo en esta hipótesis de trabajo era el de disminuir las posibles dosis en manos, porque además que estábamos convencidos de que podían ser mayores de las registradas; pero aparte de la constatación que tenemos con las medidas que hemos recogido en este estudio, estamos convencidos de haber disminuido la dosis en el resto de los trabajadores de la sala, con la protección aplicada a la región torácica del paciente, y por añadidura hemos conseguido una mejoría de las condiciones de trabajo gracias a la utilidad ergonómica que tiene para el personal de esta sala radiológica.

Hasta la fecha y para encontrarnos dentro del marco de la vigente Legislación en materia de protección radiológica, era suficiente con proteger a los trabajadores con prendas Pb, caminando así divergentes la ergonomía y la protección radiológica.

Debemos trabajar y así lo estamos haciendo en diseñar sistemas para que el trabajador esté protegido sin sobrepesos ni incomodidades, sobre todo cuando está obligado por su puesto de trabajo a exponerse durante toda la jornada laboral a las posibles radiaciones ionizantes.

Estos sistemas, siempre que sea posible, deberán estar colocados bien sobre la mesa, bien sobre el paciente, bien en techo o bien en el suelo; pero, deberemos evitar que la protección radiológica se sustente sobre el cuerpo del trabajador. Este ha sido uno de los objetivos que hemos visto cumplidos gracias a la garantía que nos proporcionan las 13 lecturas dosimétricas informadas por el Centro Nacional de Dosimetría.

Hay también datos destacables y a tener en cuenta, entre ellos, uno es el precio de este sistema de protección, mientras que los guantes son reesterilizables -según dicen los fabricantes- hasta 10 veces, rompiéndose a buen seguro mucho antes y otro que todos los profesionales no precisan de la misma talla, es frecuente el disponer de unas tallas y faltar otras, con lo cual se hace imprescindible mantener un estocaje de un material ya de por sí muy caro. Esta consideración se basa en que los costes para una sala de radiología vascular podrán ser superiores al millón de pesetas anuales. A ello habrá que añadir los guantes que se precisen para la Unidad del dolor, los del quirófano de traumatología, algunas intervenciones para cirugía, marcapasos y hemodinámica. Además de las posibles pérdidas y de la incomodidad que supone centralizar este material en un servicio determinado

Otra de las ventajas a tener en cuenta es que las planchas de Pb son esterilizables y reesterilizables todas las veces que se quiera y se pueden disponer de tantos modelos y formas como se considere y necesario. Además hay que añadir que en un momento puntual se pueden hacer nuevas planchas y nuevos modelos, con la comodidad de tenerlas al momento sin tramitación administrativa alguna, ya que nos las preparan en el Departamento de Ingeniería de nuestro Hospital.

Además de las ventajas apuntadas las planchas de plomo son maleables y podemos adaptar la forma que se quiera según la técnica a emplear, volviendo luego, bien a la forma inicial o a otra que en otra ocasión se crea de mejor uso.

Discusión

Los resultados obtenidos han cumplido fielmente nuestra hipótesis de trabajo, se mejora la ergonomía del trabajador, se disminuyen las dosis en manos no solamente las registradas sino las que se venían recibiendo, y, por lo que anteriormente hemos expuesto, no quedaban registradas.

Ante el supuesto de tener que ver la mano en la pantalla de radioscopia o sea que la mano está sometida al haz directo de radiación dispersa, nunca sería la mano completa sino en casos aislados, como mucho podría ser alguna parte distal de los dedos, con lo cual además de disminuir la dosis es evidente que también disminuimos el campo de irradiación del radiólogo.

Con las protecciones torácicas del paciente disminuimos en su totalidad las dosis en manos, cuando la radiación incide con el tronco del paciente.

Conseguimos disminuir la dosis radiológica ambiental de la sala vascular, beneficiando a los trabajadores circundantes de la sala.

Nos hemos enmarcado en la nueva línea de trabajo de la Dirección de este Hospital en cuanto a los criterios de ergonomía y hemos disminuido costos y comodidad en la preparación previa a los estudios radiológicos.

Conclusiones

Se han cumplido todos los objetivos de la investigación. Hemos radiografiado las manos con y sin guantes así como el campo radiológico que queda con las protecciones Pb y vemos que no disminuimos para nada el campo de estudio, además de dejar totalmente libres las manos del profesional sin que disminuya para nada su sensibilidad táctil como ocurría con la utilización de guantes, todo ello sin dejar de aportar una adecuada protección radiológica. Se ha cumplido nuestra hipótesis de trabajo al considerar que podíamos aportar una disminución de dosis drástica en las manos y una disminución de dosis a los trabajadores circundantes de la



Figura nº 15



Figura nº 16

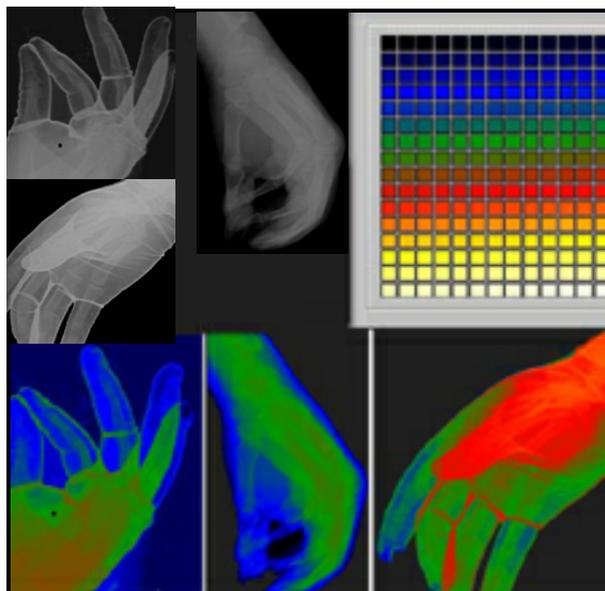


Figura nº 17

sala radiológica y además hemos disminuido la dosis de zona tanto de tiroides como de cristalino, sin tener que añadir nuevas prendas de protección que siempre son incómodas y que encarecen considerablemente el proceso.

En el apartado de ergonomía supone una comodidad sin precedentes en este tipo de técnicas radiológicas.

Todo ello ha quedado verificado con la disminución de dosis recogidas por las lecturas dosimétricas aportadas por el Centro Nacional de Dosimetría.

Estos criterios y modelos de protección, aunque con plantillas diferentes podrían ser extrapolados a otros Servicios de este Hospital donde se utilicen los equipos de rayos X a pie de tubo, como son los servicios que en el apartado anterior ya hemos indicado.

El costo de adecuación de todo el sistema de protección que hemos diseñado en este trabajo y que es extrapolable a los servicios indicados tendría un costo económico ínfimo frente a la inversión que suponen los sistemas convencionales y que además son menos ergonómicos y protegen mucho menos.

Concluimos diciendo que hemos aportado los datos reveladores que demuestran que con este trabajo pueden cambiar y cambiarán los criterios de protección radiológica consiguiéndose una notable disminución de dosis en manos y en otras zonas del cuerpo que no se miden, pudiendo incluso disminuir el grosor de los delantales Pb, evitando el cansancio de los trabajadores.

No adjuntamos estudio estadístico porque la disminución de las dosis será a tenor del número de

estudios que se realicen y de estos cada uno dependerá del tiempo de radiación, no pudiendo prever en doce meses el tiempo total de escopia.

Leyenda figuras

Figura 1, 2 y 3 Se demuestra esquemáticamente en líneas rojas la radiación directa que llega al paciente y en líneas amarillas la radiación que dispersa el paciente. Se observa la protección de delantal Pb de los operadores

Figura 4 En la que se observa la falta de protección en el retroscena de] operador.

Figura 5 Fantomas utilizado con dosímetro de muñeca para calcular las posibles dosis en manos sin protección.

Figura 6 Fantomas utilizado con dosímetro de muñeca para calcular las posibles dosis en manos con protección de guantes Pb.

Figura 7 y 8 Fantomas utilizado con dosímetro de muñeca para calcular las posibles dosis en manos con protección de plancha Pb de 2 mm de espesor.

Figura 9 Plantilla de plancha Pb para uso en subclavia.

Figura 10 Plantilla de plancha Pb para uso en raquis ya esterilizada.

Figura 11 y 12 Planchas Pb para protección colocadas en brazo de] paciente donde se observan los orificios para poder se atadas, Se pega un dosímetro de muñeca a la plancha Pb para calcular dosis en manos.

Figura 13 Igual que en la imagen anterior pero señalando con líneas amarillas la radiación residual del paciente y el efecto colimador de este tipo de radiación de las planchas Pb.

Figura 14 En la que se observa protección de la radiación residual del brazo del paciente y protección de la radiación dispersa del tronco del paciente. Con la siguiente leyenda: 1.- Plancha Pb. 2.- Dosímetro para el campo. 3.- Orificio de sujeción.

Figura 15 Donde en la parte superior izquierda de la imagen se observa la mano del intervencionista expuesta al haz de radiación residual. Con números señalamos la zona donde se encuentra la mano del intervencionista.

Figura 16 Donde se observa el fantomas utilizado y como las planchas de plomo dejarán pasar la radiación residual exclusivamente en el campo necesario.

Figura 17 En el que se observan tres radiografías en la parte superior de mano dos con guantes y una sin guantes. En la parte inferior de la imagen se observan las mismas radiografías digitalizadas y aplicando colorimetría de 256 colores, adjuntándose la tabla de densidades colorimétricas. Puede observarse en la imagen inferior derecha que en el pulgar existe más densidad porque son cuatro las capas de guante que tiene que atravesar la radiación, a pesar de ello se pueden observar los metacarpianos.