

**TEMA 8**  
**EQUIPOS RADIOLÓGICOS CONVENCIONALES**  
Miguel Alcaraz Baños

**Objetivos:**

1. Enumerar los elementos habituales en una sala de radiodiagnóstico médico.
2. Exponer las características más importantes de los equipos telemando
3. Explicar las características de un equipo para una Sala de urgencias, una sala pediátrica, una sala de traumatología, de telerradiografía ósea.
4. Enumerar las características diferenciales de una Unidad de mamografía respecto a la Radiología convencional.
5. Describir algunas características diferenciales de la radiología panorámica.
6. Exponer las recomendaciones de la Unión Europea para la radiología dental intraoral.
7. Describir algunas peculiaridades de los equipos de radiología vascular y de radiología intervencionista
8. Exponer las características más importantes de los aparatos de radiología portátiles.
9. Explicar las características de la densitometría ósea.

# TEMA 8

## EQUIPOS RADIOLÓGICOS CONVENCIONALES

Miguel Alcaraz Baños

Los equipos que podemos encontrar en un servicio de radiodiagnóstico son muy variados y resuelven la mayor parte de las necesidades en cuanto a prestaciones, seguridad y movilidad. Como contrapartida las posibilidades técnicas de estos equipos son muy amplias y se pueden encontrar un gran número de equipos diferentes en la práctica del radiodiagnóstico médico. Una norma obligatoria de funcionamiento es disponer del manual de instrucciones y manejo de cada aparato en la Sala en la que se utiliza, para poder estar en disposición de solucionar cualquier tipo de problema de utilización de una forma relativamente rápida. Por otra parte, lo primero que ha de hacer un técnico antes de operar cualquier tipo de aparato es el estudio de dichas características técnicas y forma de empleo de los diferentes mecanismos utilizados en ese equipo radiológico. En términos generales, los diferentes equipos de radiología convencional pueden clasificarse de la siguiente forma:

### 8.1. EQUIPOS FIJOS

Los equipos fijos de radiología convencional presentan una gran polivalencia y son útiles para un elevado número de exploraciones en cada una de las salas de radiodiagnóstico. Estos equipos tienen todos sus soportes y mecanismos propios ubicados en una sala, sin que sea posible su traslado de un sitio a otro. Se fijan generalmente al techo o a cualquier otro elemento arquitectónico susceptible de ser utilizado como soporte.

#### 8.1.1. TELEMANDO.

Durante los últimos años se han venido produciendo constantes innovaciones en el mercado de los aparatos de radiología que pueden ser operados con mandos mecánicos o eléctricos pero a cierta distancia del paciente, son los denominados TELEMANDOS (Fig.8.1). Se persigue el objetivo de realizar el mayor número de exploraciones diferentes en este tipo de aparataje; suele ser posible el examen de todo el cuerpo sin movilizar al paciente. Todo ello con una excelente protección radiológica para el operador, una gran precisión y una excelente calidad de imagen radiológica.

Por este objetivo de polivalencia van acompañados de fluoroscopia con intensificador de imagen. Con ello, el operador o el radiólogo no deben permanecer junto al paciente durante todo el tiempo que dura la exploración, pudiendo encontrarse a cierta distancia del enfermo.

Casi todas las mesas con mandos a distancia operan en cualquier ángulo de inclinación, desde la vertical hasta cierto grado de Trendelenburg, y muchas de ellas pueden variar la distancia foco-película desde 80-150 cm. Uno de los dispositivos que más han contribuido al desarrollo del telemando es el seriador de películas. Este dispositivo automático permite obtener en un mismo chasis varias imágenes en momentos diferentes de un mismo estudio, dividiendo la película en áreas e impresionando éstas a voluntad del operador en el curso de la exploración.

En lo que respecta a otras funciones que pueden encontrarse en los sistemas telemando se puede destacar:

- Tomografía convencional con exposimetría automática.
- Intensificador de imagen de alto contraste y cámara de televisión de alta resolución.
- Compresor mecánico de cuchara, para ejercer una presión progresiva, por ejemplo, en los estudios abdominales con contraste. Intercambiable por modelos planos, de esponja, etc., que se usan según la zona que hay que comprimir. Este dispositivo elimina la necesidad de palpación manual para cambiar la distribución de las asas intestinales u otras estructuras.
- Mando jostick para controlar los principales movimientos de la mesa sin tener muchos pulsadores para estas funciones.

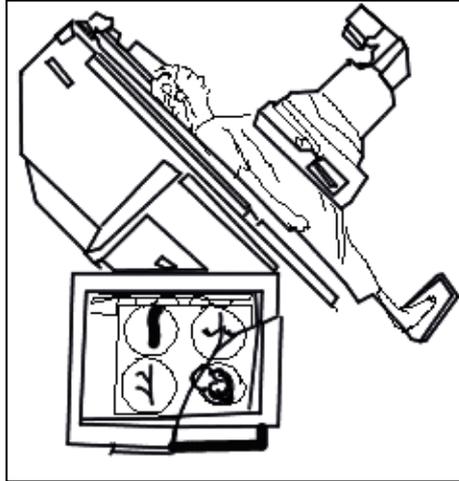


Fig. 8.1. Equipo Telemando.

Dado que los sistemas telemandados ofrecen un abanico muy amplio de aplicaciones, las salas que los contienen están dotadas de servicios y suministros que eran exclusivos de otras salas hospitalarias; es frecuente que la punción de un riñón obstruido (nefrostomía) se haga a través de la pared abdominal posterior para, a través de la inserción de un catéter para realizar la evacuación; los seguimientos fluoroscópicos de estudios de endoscopia digestiva e intestinal, con obtención de radiografías previa inyección de contraste o sin ella; y en definitiva toda manipulación que pueda ser guiada por la imagen

### 8.1.2. Radiología de urgencias

Los equipos que se dedican exclusivamente a radiología de urgencias también son propios de servicios hospitalarios que suelen recibir pacientes traumatizados que acuden en ambulancia y son punto de referencia para la población como centros de urgencia. Una sala de radiología de urgencia debe tener la mayor superficie libre en el suelo, para movilizar con agilidad y sin obstáculos camas y camillas. Los soportes para el tubo de rayos X van suspendidos del techo, permitiendo obtener imágenes, no ya sólo en los tableros existentes en la sala, sino en la propia cama o silla de ruedas, usando chasis con parrillas fijas cuando sea necesario (Fig.8.2).

Con un sistema de suspensión de techo, los desplazamientos del tubo se pueden realizar en los tres ejes: longitudinal, vertical y lateral. Esta opción es valiosa en las salas de urgencias y traumatología, ya que posibilita la obtención de radiografías con el tubo en casi cualquier parte del espacio de la sala: alrededor de una cama con arcos de tracción, abordando la mesa desde cualquier posición, de pacientes en sedestación, etc.

Es muy importante también que se puedan realizar radiografías con rayo horizontal tanto en los tableros horizontales y en los verticales, como en las camas. Con frecuencia los pacientes politraumatizados acuden a la sala de radiología en decúbito supino y no es conveniente movilizarlos hasta no haber obtenido varias tomas que demuestren que no se corre riesgo al hacerlo.

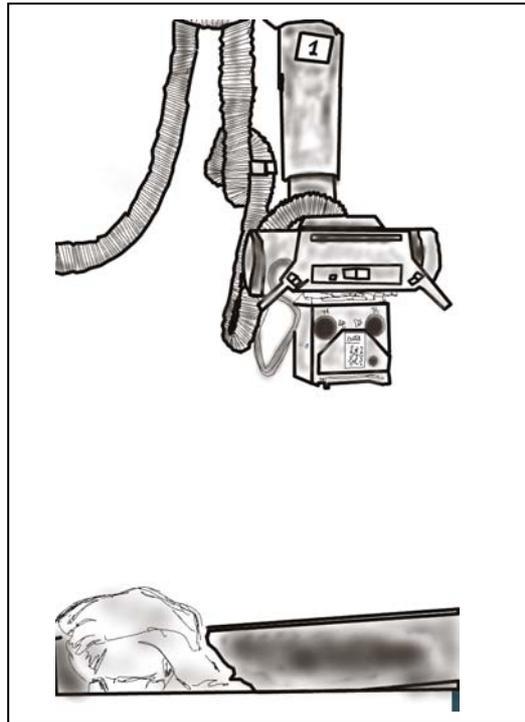


Fig. 8.2. Equipo para radiología de urgencias.

### 8.1.3. Aparatos de Mesa Horizontal

Los equipos de radiología de mesa horizontal son los más empleados en radiología convencional (Fig.8.3). Suelen estar dotados de:

- Cámaras de ionización para la exposición automática con dos o tres campos seleccionables. Estas van situadas entre la parrilla antidifusora y la bandeja porta-chasis, por lo que se debe usar una colección homogénea de chasis de baja absorción.
- Bastidores de sobre-elevación del tablero, que permiten colocar la mesa a la altura de una camilla, cama, etc., o bajar el tablero para facilitar el acceso de los pacientes ambulantes.
- Porta-chasis laterales que se acoplan al perfil de la mesa y sujetan los chasis en las tomas con rayo horizontal.
- Cefalostatos que se fijan a la superficie de la mesa con ventosas. Permiten una colocación cómoda y eficaz del cráneo al incorporar una escala graduada de angulación orbital.
- Bandas de compresión para reducir el espesor de la zona a radiografiar, con lo que se evitan en gran medida los movimientos del enfermo y se reduce la dosis de manera considerable.
- Empuñaduras y apoyabrazos que se acoplan a los raíles laterales del tablero y facilitan los trabajos de sala.
- Metro y medidor de ángulos en el tubo de rayos X.

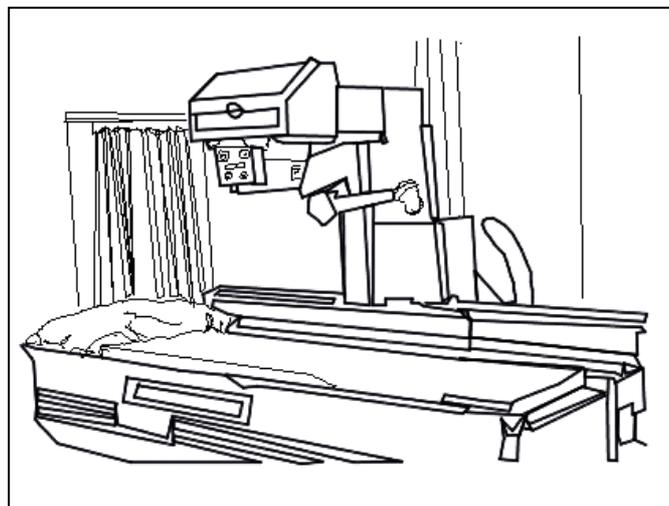


Fig. 8.3. Equipo de mesa horizontal.

Asociados a la mayor parte de los equipos de radiología de mesa horizontal se puede hallar un tipo de soporte: el bucky mural, o más explícitamente, el soporte de bucky vertical. Consiste en un panel fijo a la pared por el que es posible deslizar un conjunto de mecanismos que generalmente consta de los siguientes elementos: bandeja porta-chasis, tablero de posicionamiento, parrilla móvil antidifusora (cuyo movimiento está sincronizado con la emisión de radiación) y engranajes de deslizamiento y angulación, cámara de ionización para exposimetría automática, porta-chasis con detección de tamaño del chasis o mecanismos que permiten intercambiar la parrilla seleccionando la más adecuada a la distancia foco-película.

Los buckys verticales han sido concebidos para obtener imágenes radiológicas en las mejores condiciones en todo tipo de radiología convencional y de urgencias que se realiza con el paciente en bipedestación o sedestación e incluso en camilla o cama cuando se necesita una toma radiográfica con la dirección del haz horizontal. Para facilitar la preparación de los exámenes, los tableros de bucky vertical llevan unas marcas que indican los distintos tamaños de chasis que se pueden usar, así como la ubicación de los detectores de exposimetría automática.

Los tableros flotantes suelen tener una movilidad longitudinal de, por lo menos, medio metro a cada lado (pies y cabecera) y de doce a quince centímetros de margen para el desplazamiento transversal (izquierda y derecha del paciente). Estos movimientos y el tamaño de los tableros, de aproximadamente 220 por 60 centímetros, hacen que en la práctica no sea necesario movilizar al enfermo para tomar varias radiografías. Evidentemente suelen ir equipadas con freno e inmovilizador una vez colocados en la posición adecuada.

#### 8.1.4. Tomógrafos Convencionales o lineales.

Muchos de los equipos descritos, sobretudo los aparatos de mesa horizontal, tienen la posibilidad de ser adaptados para la obtención de tomografías convencionales o lineales con movimiento sincrónico y paralelo entre el tubo y el bucky. En la actualidad, otros medios de diagnóstico como la tomografía computarizada, la resonancia magnética o la ecografía han hecho que estos medios tomográficos convencionales de complicados movimientos, queden relegados a usos puntuales y pierdan interés en diagnóstico médico. No obstante, la tomografía convencional sigue teniendo algunas aplicaciones de utilidad (tomografía renal, pulmonar, ósea, etc.) y por ello la mayor parte de los tableros deslizantes incluyen la posibilidad de instalar algunos accesorios que posibilitan su obtención.

Los equipos que cuentan con tomografía convencional integrada se componen de elementos comunes a los convencionales: tablero, columna, bucky, colimador; así como otros elementos exclusivos, como son: un motor auxiliar de arrastre del tubo y del bucky, una caja de engranajes, barra de acoplamiento entre el bucky y el soporte del tubo y un panel de mandos de tomografía que generalmente se encuentra junto a la mesa. Un mecanismo auxiliar motorizado permite ajustar de forma continua la altura del plano de corte, comúnmente entre medio y veinticinco o treinta centímetros. Un visualizador de varilla o digital indica la altura seleccionada (Fig.8.4).

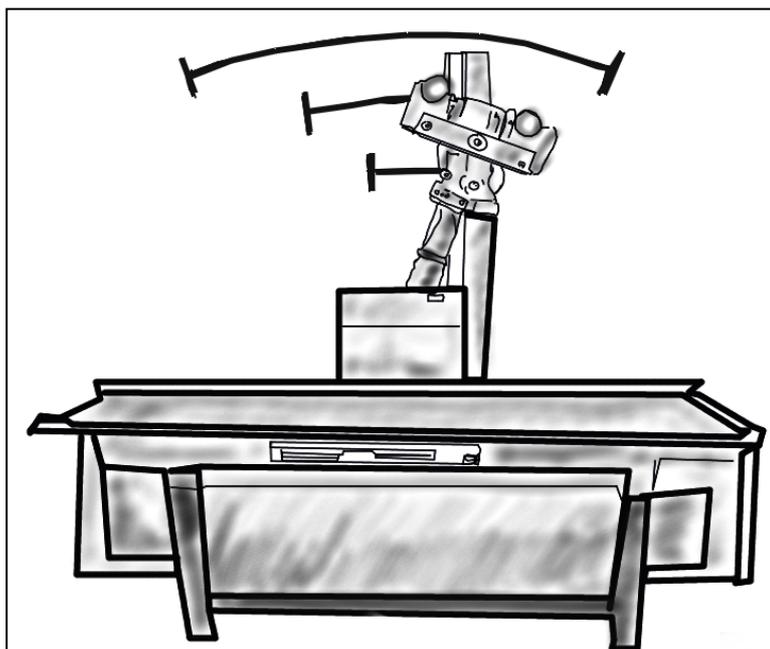


Fig. 8.4. Equipo de mesa horizontal con Tomografía convencional.

La tomografía lineal se realiza con una distancia focal fija de un metro o poco más. Es posible seleccionar entre varias velocidades de corte y ángulos de barrido. Por ejemplo, velocidad rápida y cuarenta grados de barrido para obtener un plano de la fase nefrográfica en un estudio de las vías urinarias con contraste intravenoso.

### 8.1.5. Telerradiografía ósea

Para la obtención de imágenes que representen lo más fielmente las medidas reales del esqueleto hace falta una gran distancia entre el foco y la película, así como un gran tamaño del chasis-película radiográfica. En ocasiones esto precisa habilitar una sala con soportes y accesorios adecuados a este fin.

Se encuentran principalmente dos problemas que condicionan las características de una unidad de telerradiografía: uno es la diferencia de densidad de las estructuras que se van a incluir en una misma imagen, y que suele abarcar gran parte del cuerpo (columna vertebral completa, miembros inferiores, etc.); otro, adecuar la sección transversal del haz de radiación al gran tamaño de las películas y soportes usados en estos estudios, junto con problema que genera la sujeción del chasis, de tamaño y peso tan diferentes a los utilizados habitualmente en radiodiagnóstico.

Para contrarrestar la diferencia de densidades se usan mecanismos móviles de filtrado, que consisten en unos discos giratorios de material plástico radiotransparente con una cantidad determinada de aluminio, dispuesto según una graduación estipulada en cada modelo de disco. Para cada paciente que se va a explorar se elige el disco filtrante más apropiado según la constitución física. En otras ocasiones se puede homogeneizar la imagen mediante filtros estáticos de aluminio con forma de cuña, que van colocados en unas guías del colimador.

Otra característica de las salas de telerradiografía es el gran tamaño de los soportes de bucky mural. Deben ser lo suficientemente grandes como para contener el chasis, de hasta treinta por ciento veinte centímetros, aunque lo más común es que sean de treinta por noventa centímetros. Para mover estas parrillas antidifusoras de gran tamaño, y obtener un movimiento sincrónico con el sistema de filtrado, se necesitan largos tiempos de exposición, para asegurar el movimiento uniforme de la parrilla durante la emisión de radiación.

En ocasiones es preciso rectificar curvas patológicas de la columna (escoliosis, hiper cifosis, hiperlordosis, etc.) con vistas a un diagnóstico más preciso. Esto se consigue suspendiendo al paciente por la mandíbula y el occipital con ayuda de un arnés, compuesto de cueros almohadillados y hebillas, que se acopla a la cabeza, dejando libre varios huecos para las orejas, la cara... Todo ello obliga a emplear salas dotadas con suficiente amplitud para dichas manipulaciones

## 8.2. Mamografía

Ninguna región anatómica requiere una técnica radiográfica tan altamente especializada como la mama. Sus tejidos (glandular, conjuntivo, epitelial, graso...) presentan muy pocas diferencias de absorción fotoeléctrica al haz de radiación; y el resto de las estructuras mamarias, como vasos sanguíneos o conductos galactóforos, son de muy pequeño tamaño. Ambas circunstancias obligan a extremar el control de calidad de todos los componentes del equipo para mamografía, especialmente del tubo de rayos X.

El estudio radiológico de la mama precisa desde el primer momento de un aparato de radiodiagnóstico especialmente dedicado a su estudio y que tiene unas características diferentes a la radiología convencional. Las diferencias más importantes se pueden encuadrar en los siguientes apartados (Fig.8.5.):

1. Generador.
2. Miliamperaje.
3. Tubo de rayos.
4. Filtros.
5. Colimación.
6. Compresión.
7. Parrilla antidifusora.
8. Receptor de imagen.
9. Exposimetría automática.
10. Imagen radiológica.

## 11. Elementos para otras técnicas complementarias.

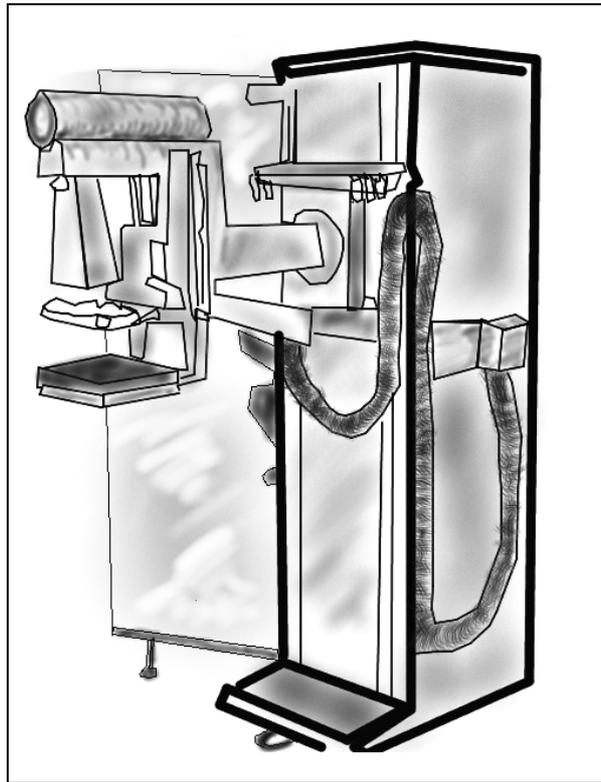


Fig. 8.5. Mamógrafo.

### 1. El Generador.

Al igual que en otros aparatos modernos de rayos X, el mamógrafo debe rectificar la corriente alterna de uso generalizado en corriente continua. Existen diferentes procedimientos para ello, desde la forma más sencilla de la autorectificación de los aparatos dentales hasta los convertidores de alta frecuencia; con éstos últimos se consigue prácticamente una corriente continua y constante, lo que conlleva una falta de variación cíclica de voltaje, una menor dosis de radiación al paciente, una máxima homogeneidad de las longitudes de onda, el menor tiempo de exposición posible y, por tanto se evita al máximo la borrosidad cinética, sobretodo los movimientos involuntarios de la mama izquierda producidos por el latido cardíaco. Hoy día todos los mamógrafos deben ser equipos con convertidores de alta frecuencia.

### 2. Miliamperaje.

Necesariamente es muy elevado. La borrosidad cinética de algunas mamografías comienza a hacerse manifiesta en la imagen cuando el tiempo de exposición excede de 1 segundo, pero puede llegar a ser un problema cuando se alcanzan 2 segundos. Con una compresión insuficiente, puede apreciarse con exposiciones incluso de 0'2 segundos. La borrosidad cinética es más fácil apreciarla en mamas de mayor tamaño, menos compresibles, más fibroglandulares, así como cuando se emplea parrilla antidifusora. Las mamografías magnificadas son más susceptibles de presentar borrosidad cinética porque se utiliza el foco fino. Todo lo anterior comporta un incremento de miliamperaje por segundo ( $I \times t$ ) (mAs), o la necesidad de un mayor tiempo de exposición.

Pero además de la posibilidad de borrosidad cinética, los tiempos largos de exposición pueden disminuir relativamente el ennegrecimiento de la película o pueden hacer preciso el empleo de mayores dosis de radiación; ya que en el empleo de unidades hoja de refuerzo/película no se cumple la ley de reciprocidad. Es decir, la película expuesta a la luz que emite la hoja de refuerzo no se ennegrece proporcionalmente a la cantidad de luz que recibe, sino siempre algo menos. El mismo número de fotones liberados en tiempos cortos produce un mayor ennegrecimiento que ese mismo número de fotones liberados en tiempos largos. Dicho de otra forma, la película pierde velocidad a medida que se aumenta el tiempo de exposición.

Por lo tanto, el generador ha de tener potencia suficiente para poder disminuir el tiempo de exposición al mínimo posible, para así reducir el movimiento y la borrosidad cinética a la que da lugar y acortar el tiempo

durante el cuál la paciente debe soportar la compresión. En definitiva, debe ser capaz de producir un elevado miliamperaje.

Un potencial constante se consigue con los generadores de mediana o alta potencia que suelen incorporar en la actualidad todos los mamógrafos, con potencia en corriente continua a partir de 100 mA. En estos momentos también existen aparatos con generadores trifásicos y seis pulsos con potencias de hasta 800 mA.

### **3. Tubo de rayos X.**

El tubo de rayos X es, sin duda, el factor limitante más importante en todos los mamógrafos. Diseñar y producir tubos de las especificaciones deseadas es un procedimiento altamente complejo. Es importante que el tubo de rayos X tenga buenas características de disipación de calor (la corriente electrónica se transforma en un 99% en calor y sólo un 1% en rayos X), para permitir una intensidad de corriente elevada y por tanto un tiempo corto de exposición. Si el mamógrafo se emplea para la detección precoz ("screening"), la dispersión térmica debe ser suficiente para radiografiar, al menos, DIEZ pacientes por hora. Lo que para una sesión de 3 horas supone al menos 120 exposiciones.

El aspecto más importante en el diseño de un tubo de mamógrafo es el ánodo. El material habitualmente empleado es el Molibdeno por su radiación característica de pico a 27 kV (en el rango útil mamográfico), como contrapartida al amplio espectro de emisión del wolframio (empleado en la xeromamografía).

El foco requerido depende entre la selección de mamografía normal y la magnificada. Se recomienda para la primera 0'3-0'5 mm, pero en el caso de la magnificación el tamaño del foco debe oscilar entre 0'1 y 0'15 mm. Para eliminar o reducir al máximo la radiación extrafocal, se ha discutido mucho respecto de cuál debe ser el ángulo óptimo del ánodo. Esto puede además ser determinante en la calidad de imagen

La carga del tubo es también importante. El foco de 0'1 debe ser capaz de operar a 25 mA (1kW), y el 0'3 a 100 mA (5.5 kW) para minimizar el tiempo de exposición. Como material de ventana se utiliza el Berilio por su baja absorción en el rango de energía. La orientación del tubo debe aprovechar el efecto anódico o talón (heel efect), según el cual, la dosis de radiación o la cantidad de radiación va disminuyendo a medida que aumenta la distancia a la pared torácica si el cátodo está junto a ésta y el ánodo enfrentado al pezón.

Desde hace algunos años se están comercializando tubos de rayos X para mamografía con ánodo de Rodio/Paladio que mejoran ligeramente la imagen mamografiada obtenida disminuyendo la irradiación de la paciente explorada.

### **4. Filtración.**

Se emplean filtros de Molibdeno (0,03 mm) o de Aluminio (0,5 mm). Recientemente se han incorporado filtros de tierras raras con una "K edge" en el rango apropiado, que reducen al 50% la dosis administrada a la paciente por eliminación de la porción espectral del haz no válida para la mamografía. La utilización de estos filtros produce sin embargo una ligera disminución del contraste pero en un grado tal que resulta aceptable cuando se emplean combinaciones pantalla/películas contrastadas. Generalmente en los tubos de rayos X de Rodio/Paladio cabe también la posibilidad de seleccionar la filtración también de Rodio/Paladio

### **5. Colimación**

La colimación es esencial para reducir la dosis de la paciente y del operador así como para reducir la radiación dispersa que empeora la imagen radiológica. El uso tradicional de la colimación consiste en limitar el haz de rayos al área estudiada. Sin embargo, en mamografía se mejora la percepción si la zona de la película que rodea a la mama está ennegrecida. Esto supone que en mamografía la colimación permita el ennegrecimiento de la porción de película no cubierta por la mama, salvo en la mamografía localizada. Por tanto, la colimación es fija y adecuada al tamaño de la película.

### **6. Compresión.**

La compresión del volumen orgánico irradiado es siempre importante en cualquier exploración ya que mejora de forma importante la imagen radiológica obtenida. En mamografía es imprescindible. La compresión de las mamas de más de 4-5 cm de espesor es un escalón fundamental en la obtención de una buena mamografía. Existen compresores de diferentes formas y tamaños, incluyendo los utilizados en las mamografías localizadas. Estos compresores deben ser rígidos y con esquinas y cantos redondeados y con lados suficientemente altos como para evitar la superposición de estructuras, como pueden ser la grasa supramamaria en la proyección cráneo-caudal y la mama contralateral en la proyección lateral u oblicua.

La compresión se aplica más adecuadamente empleando un sistema neumático o electromecánico controlado a través de un pedal. De esta forma el operador tiene las manos libres para la adecuada colocación de la mama. Sin embargo, la compresión con pedal es grosera, debiéndose realizar la compresión fina con la mano, lo que, por otra parte, permite conocer la tolerancia de la mama y evita la aprensión de la paciente ante un compresor que continúa su descenso de forma irresistible.

Desde el punto de vista radiológico, las ventajas de la compresión son:

- a) reducción de la radiación dispersa (mejora el contraste)
- b) reducción de la superposición de imágenes
- c) reducción de la borrosidad geométrica
- d) reducción de la borrosidad cinética
- e) reducción de la dosis de radiación
- f) homogeneiza la densidad radiológica de la imagen

El compresor debe comprimir toda la mama por igual. El resultado de una mala compresión es radiográficamente evidente en la imagen obtenida.

## 7. Parrilla antidifusora

No es una exageración afirmar que la introducción de la parrilla antidifusora ha supuesto una revolución en la técnica mamográfica. El incremento de la dosis que se requiera por el empleo de una parrilla por el uso de los filtros "k edge" (paladio y rodio) junto con las combinaciones rápidas pantalla-película reducen la dosis a valores aceptables. La eliminación de la radiación dispersa con el uso de parrillas ha hecho posible la identificación de lesiones de pequeño tamaño y ha facilitado enormemente la detección de signos diagnósticos de cáncer precoz. Se ha descrito que comparado con los screening previos, ha habido un aumento en la tasa de detección de cáncer de un tercio desde la introducción de la parrilla antidifusora. Este aumento ha sido fundamentalmente para los cánceres de 6-10 mm; estos pequeños cánceres se diagnosticaron sobre la base de pequeñas masas estrelladas o alteraciones de la estructura del tejido mamario.

Las parrillas móviles, con relación 5:1, se instalan actualmente como parte integral de los mamógrafos actuales. Se pueden emplear parrillas fijas, con 80 líneas/cm y 3,5:1 de relación, colocándolas en un túnel o, alternativamente, como son muy finas (alrededor de 1 cm de espesor), pueden montarse en el chasis. Sin embargo, estas últimas parrillas, además de problemas de colocación, averías y precio, requieren mayor dosis de radiación (aproximadamente el doble) que las parrillas móviles.

La parrilla no se emplea en la magnificación (Fig.8.6); el volumen de aire interpuesto al alejar la mama de la película radiográfica es suficiente para eliminar la mayor parte de la radiación dispersa (efecto "gap" o "vacío").

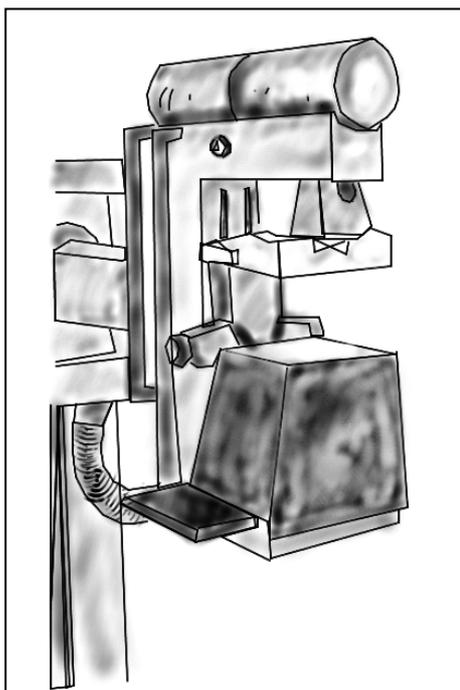


Fig. 8.6. Adaptador para mamografía magnificada.

## 9. Receptor de imagen.

Aunque cada vez es más frecuente la mamografía digital, en nuestro entorno corresponde prácticamente en su totalidad a la unidad película-hoja de refuerzo. Se trata de películas especiales para mamografía, generalmente de una sola capa de emulsión, si bien en el mercado hay películas de doble capa de emulsión que reducen la dosis de radiación prácticamente a la mitad, pero provocan una ligera distorsión de la imagen y poseen menor resolución, sobretudo en las microcalcificaciones mamarias. A pesar de todo serían, en principio, las películas ideales para conseguir con la menor dosis posible la imagen de mayor calidad.

Los chasis para mamografía deben ser sólidos pero material de escasa absorción y la fibra de carbono parece cumplir igualmente estos requisitos. Además, los espesores de los chasis deben ser uniformes no sólo entre sí, sino también unos con otros, para evitar que la exposimetría automática dé lugar a diferencias de exposición para mamas de similar composición y espesor, originando entonces mamografías sobre o subexpuestas.

## 9. Exposimetría automática.

La exposimetría automática se utiliza en mamografía para ajustar automáticamente el tiempo de exposición a un ennegrecimiento determinado, prescindiendo del espesor de la mama. Consiste en un detector sensible a la radiación que, incorporado a un circuito, corta el disparo cuando se ha alcanzado la saturación previamente seleccionada. La exposimetría automática se obtiene mediante una cámara de ionización. Es imprescindible, hoy día, disponer del control automático pues es imposible estimar por palpación la exposición requerida para obtener una imagen satisfactoria de la mama. Algunas mamas densas no se aprecian muy firmes o granulares, mientras que mamas percibidas a la palpación como tensas son relativamente radiotransparentes.

El exposímetro automático debe ser preciso para mantener las constantes de ennegrecimiento que le corresponden, dentro de un rango, para que se puedan obtener radiografías comparables de una misma mama en dos momentos diferentes de la vida de una mujer.

Hay dos puntos de importancia práctica en la exposimetría automática: la posición que ocupa la cámara de ionización durante la exploración, y las características de absorción de la radiación de las estructuras ubicadas entre la película radiográfica y la cámara de exposimetría.

Si el exposímetro no está suficientemente cubierto por el tejido mamario, alcanzará antes su saturación y cortará el disparo antes de que la película haya alcanzado el ennegrecimiento deseado. Por eso la cámara suele tener la posibilidad de ocupar tres diferentes posiciones. La cámara debe posicionarse debajo de la porción más densa de la mama. La compresión de la mama consigue disminuir el espesor de ésta, pero es falso que la porción más densa se encuentre en la porción más proximal de la pared torácica, pues esta zona suele estar compuesta fundamentalmente por grasa. Se obtiene mejor resultado cuando la cámara de exposimetría automática se coloca entre 3 y 5 cm por detrás del pezón. Esta es la zona que probablemente presenta la mayor densidad, sin importar demasiado el grado de involución del tejido mamario.

La posición de la cámara debe ser fácilmente apreciada por el operador. En aquellas mujeres cuya posición del pezón sea muy anterior y la cámara no pueda alcanzarla, es posible hacer una mamografía de prueba o realizar un control manual de la exposición. En la proyección oblicua, puede exponerse la cámara más cercana a la pared torácica, con la esperanza de que quede debajo del pectoral mayor, maniobra que no sirve si se pretende estudiar la porción inferior de la mama.

Un exposímetro que posea una densidad lineal debiera permitir la obtención de idénticas densidades radiológicas con mamas de idénticos componentes pero de diferente espesor; pero carecen de linealidad, de forma que el ennegrecimiento disminuye a medida que se incrementa el espesor de la mama. También varía la sensibilidad del exposímetro con la variación del voltaje. No obstante, los mamógrafos suelen llevar mecanismos accesorios para variar en más o en menos, ligeramente, los grados de exposición, y los grados de ennegrecimiento.

Las cámaras de ionización suelen ser tan sensibles que, para una misma mama, puede variar la exposición variando tan sólo la película, ya que las diversas películas del mercado poseen diferentes absorciones. También es capaz de variar la exposición con una misma mama al cambiar la marca del chasis, por lo que la cámara debe siempre fijarse para una película y chasis determinados.

La exposimetría automática puede reducir el tiempo que dure una exploración, porque se obtendrán así la mayor parte de las mamografías sin necesidad de repetir la exploración. Pero resulta imprescindible para las

mamografías de screening, en algunas de cuyas campañas no se procesan las mamografías hasta horas después de haberse marchado la mujer de la Sala de mamografía.

## 10. La imagen radiológica.

En la radiografía convencional el contraste del sujeto es grande, debido a las grandes diferencias en densidad y número atómico efectivo entre huesos, músculos, grasa y tejido pulmonar. En la radiografía de tejidos blandos sólo intervienen músculos y grasa que tienen números atómicos muy similares y densidades parecidas. En estas radiografías las técnicas se orientan a incrementar la absorción diferencial entre las estructuras que son tan parecidas desde el punto de vista radiológico.

La mama normal está compuesta por tres tipos de tejidos fundamentalmente: fibroso, glandular y adiposo. Dado que la densidad y el número atómico efectivo de los tejidos blandos que forman la mama son muy similares, las técnicas radiográficas normales son completamente inútiles.

Para el rango comprendido entre los 70 kV y 100 kV el efecto Compton predomina en el tejido blando, ya que la absorción diferencial entre los tejidos de composición similar es mínima. Se requieren técnicas de baja tensión de pico para maximizar el efecto fotoeléctrico y mejorar así la absorción diferencial.

La absorción de rayos X por los tejidos se realiza por efecto Compton y fotoeléctrico. La absorción interesante en el radiodiagnóstico es el efecto fotoeléctrico que depende de la densidad y de la tercera potencia del número atómico de esas estructuras. Aún más, para radiaciones de baja energía, la absorción fotoeléctrica aumenta con más rapidez que la difusión Compton. Por ello se utilizan kilovoltajes bajos en mamografía, dentro del rango comprendido entre los 25-20 kV.

Por consiguiente, en mamografía se deben utilizar técnicas de baja tensión de pico. Si embargo, al reducir la tensión de pico se reduce también la capacidad de penetración del haz, lo que requiere un incremento de la corriente instantánea.

En definitiva, la imagen mamográfica es una imagen de alto contraste y alta resolución: alto contraste por utilizar un mA elevado con un kV bajo, aunque ello conlleve una dosis relativamente más elevada de radiación si se compara con la radiología convencional; alta resolución por utilizar un foco pequeño en un equipo y materiales concebidos para conseguir la mayor resolución de la imagen.

Un resumen de todas las diferencias que presenta la mamografía respecto a la radiología convencional se muestra en la Fig.8.7.

<b>MAMOGRAFÍA DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS</b>
-Tamaño de foco pequeño
-Distancia foco-película constante
-Ánodo de Molibdeno/Rodio
-Filtros de Molibdeno(Rodio)
-Procedimiento de mayor ennegrecimiento
-Exposimetría automática
-Proximidad de la paciente al tubo de rayos X
-Chasis de fibra de carbono
-Película de una sola emulsión
-Compresión
-Negatoscopios con luminisidad elevada

Fig. 8.7. Diferencias entre mamografía y Radiología Convencional.

## 11. Elementos para otras técnicas.

La mamografía se asocia en el plano práctico de trabajo con la ecografía mamaria en numerosas ocasiones. En mujeres jóvenes con mamas densas en donde el estudio mamográfico es difícil, en diferenciar el contenido líquido de un nódulo evidenciado en la mamografía, en la localización de lesiones no palpables o en la punción ecodirigida, hace que con frecuencia ambos equipos se encuentren próximos o incluso en la misma sala.

Pero además, la realización de estudios con contraste (galactografías), punciones-aspiraciones, citologías y localizaciones de lesiones subclínicas (esterotaxia mamaria) así como obtención de imágenes sobre piezas quirúrgicas mamarias o zonas de biopsia, imponen todo un conjunto de elementos y materiales clínicos que se pueden encontrar en la Sala de mamografía.

### 8.3. Radiología infantil

En teoría no es imprescindible habilitar expresamente una sala de radiología para obtener radiografías infantiles. En lo que al equipo se refiere, cualquier sistema estudiado para radiología convencional podría ser adecuado. De hecho no se destinan equipos a radiología pediátrica más que en los grandes hospitales con servicios clínicos específicos.

En aquellos lugares en los que existen, las salas de radiología infantil deben caracterizarse principalmente por la suavización de los perfiles de los equipos y el camuflaje de aquellas estructuras o componentes de la sala que pudieran atemorizar a los niños. La colocación de carteles con motivos infantiles, de vivos colores, globos u otros juguetes simples que puedan servir de premio, se consiguen buenos resultados en la aceptación de la manipulación clínica por parte de los niños. En los casos en los que no se obtiene la colaboración del niño resulta necesario recurrir a los dispositivos de inmovilización. Estos pueden ser de varias clases, bandas compresoras que se acoplan a los tableros mediante raíles, piezas anatómicas de goma o esponja que permitan embutir los miembros, el cráneo, etc., dispositivos mecánicos para sujeción o elevación...

El uso de protectores gonadales debe ser generalizado en cualquier exploración, incluso en adultos, pero en el caso de los niños el acto de proteger los genitales cobra una máxima importancia por la actividad celular de las gónadas y la mayor sensibilidad que presentan a las lesiones producidas por la radiación ionizante.

### 8.4. RADIOLOGIA DENTAL

#### 8.4.1. Radiología Dental Intraoral

La radiología dental intraoral ha empleado desde su inicio tubos de rayos X de ánodo estacionario (Fig.8.8). Construidos de wolframio y empotrados en cobre, consiguen una excelente disipación del calor. Esto ha sido posible gracias a las pequeñas cargas que se necesitan para obtener una radiografía dental simple, por lo que no hace falta rectificar la corriente alterna con dispositivos electrónicos innecesarios: el propio tubo actúa como rectificador y emite rayos X únicamente en la fase de ánodo positivo (media onda). El equipo se acopla a un brazo articulado que permanece próximo al campo de trabajo del odontólogo, unido a una columna móvil o fijo a otro soporte estacionario. Así se le confiere al tubo la movilidad necesaria para obtener las distintas proyecciones de odontología (Fig.8.9).

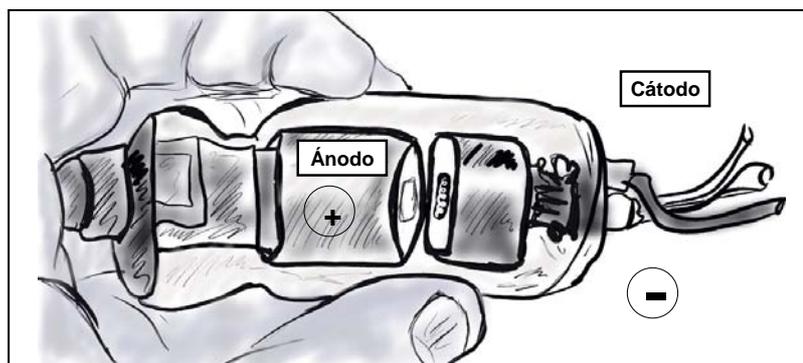
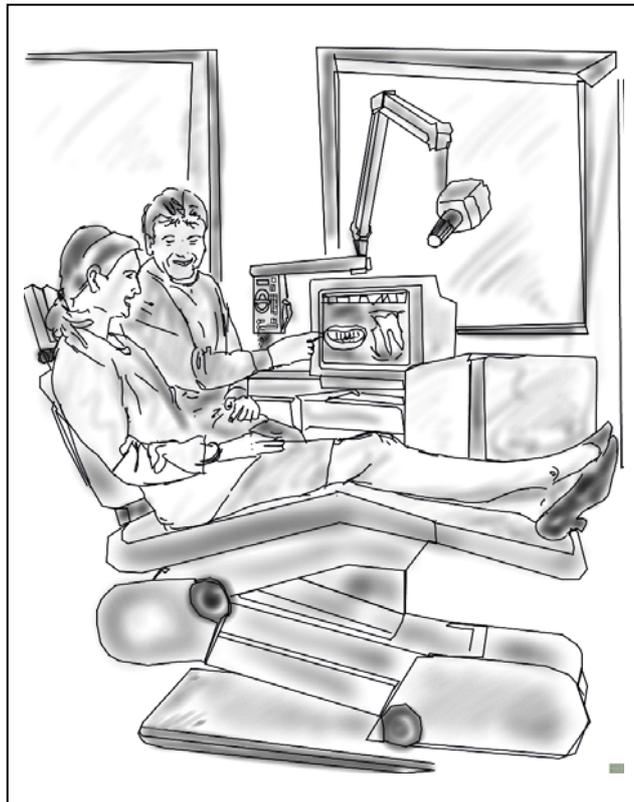


Fig. 8.8. Tubo de rayos X de ánodo fijo del equipo de radiología dental intraoral.

Como el producto de la corriente de filamento y el tiempo de exposición (mAs) son constantes en la mayor parte de los aparatos de radiología dental, solamente es posible controlar la exposición mediante la manipulación de la alta tensión.



**Fig. 8.9. Equipo de radiología dental intraoral.**

La Unión Europea recomienda aparatos de radiología intraoral que funcionen con 70 kV, 8 mA, colimadores de 20 cm de longitud y 1'5 mm de Al. Es la única técnica que sistemáticamente utiliza película de impresión directa, sin chasis ni hoja de refuerzo. Y aunque el revelado automático de la película radiográfica va aumentando progresivamente, el 90 % de las instalaciones utilizan el revelado manual

#### 8.4.2. Radiología Panorámica.

Un método especial de obtención de imágenes panorámicas de las arcadas dentarias es la ortopantomografía o Radiología Panorámica (Fig.8.10). En la tomografía convencional lineal se proyecta un plano del cuerpo en otro plano, la película. Pero es posible también obtener la imagen de un plano elíptico determinado a la vez que se difuminan las estructuras adyacentes.

Como las estructuras de nuestro cuerpo que siguen un plano elíptico regular son muy pocas, la técnica de obtención de este tipo de tomografías convencionales se ha desarrollado únicamente para el cráneo y, más concretamente, para la obtención de imágenes en odontología que incluyan los maxilares, las arcadas dentarias y la mandíbula. Por su forma aproximadamente semicircular o elíptica, la estructura dentaria puede proyectarse como una imagen relativamente nítida, con las zonas adyacentes borrosas.

Los componentes principales del equipo son:

- Un tubo de rayos x.
- Un portachasis semicircular y giratorio.
- Un arco de sujeción para tubo y portachasis.
- Un dispositivo para el posicionamiento de la cabeza.
- Chasis de la forma y tamaño adecuados.

Mediante un colimador rectangular adosado a la ventana del tubo, colocado de forma vertical, se obtiene un fino haz de radiación. El tubo y el portachasis, montados en un arco en C de brazo mayor horizontal, se mueven durante la exposición alrededor de la cabeza del paciente, que permanece fija: el tubo por delante, el portachasis por detrás de la cabeza. Al mismo tiempo el chasis gira en torno al eje de su propio radio de curvatura y va pasando por delante de un colimador que posee una estrecha abertura vertical, de modo que se presenta en cada momento una porción sin exponer de la película radiográfica. Por lo tanto, un haz estrecho de rayos X barre la película que se mantiene en movimiento circular uniforme durante la exposición.

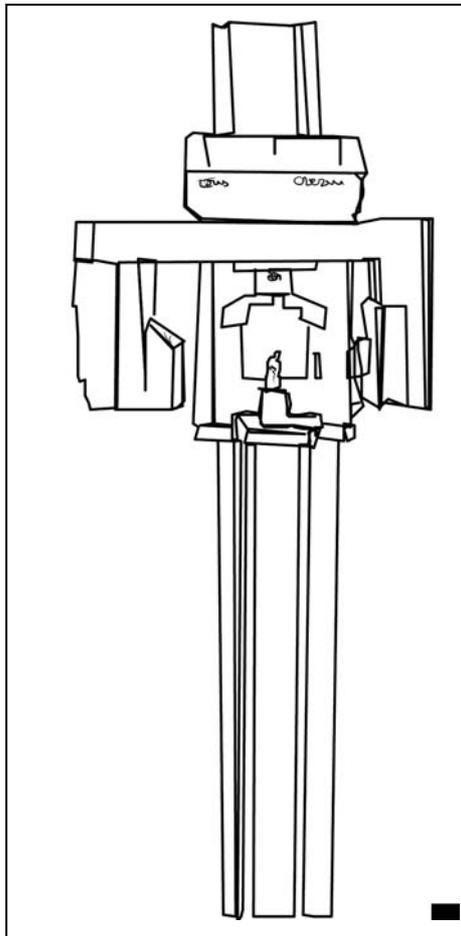


Fig. 8.9. Equipo para radiología Panorámica. Ortopantomógrafo.

Los colimadores del haz a la salida del tubo y a la entrada del chasis reducen considerablemente la cantidad de radiación dispersa que se produce y, por lo tanto, también la que alcanza a la película. El eje de rotación del conjunto tubo-portachasis va cambiando durante la exposición para conseguir la forma elíptica de la arcada dentaria, lo cual ocasiona un plano tomográfico panorámico y elíptico, relativamente grueso, cuyo ángulo de exposición es menor de  $50^\circ$ . El dispositivo de sujeción de la cabeza consta, por lo general, de unas abrazaderas de sujeción con goma de espuma, u otro material radiotransparente, un apoyo para el mentón y un cilindro de mordida que asegura la colocación correcta de los dientes para el plano de corte. Este cilindro presenta dos muescas, una para su acoplación en el soporte que lo sostiene, ya que son cambiables en cada exposición. y otra para la colocación de los incisivos centrales. El chasis, de 12,5 x 30 cm, o de 12,5 x 35 cm, puede ser de metal rígido o de plástico flexible. De cualquier modo, se coloca en el portachasis que girará entorno a la parte posterior de la cabeza.

Una exploración cada vez más frecuente es la infancia es la Telerradiografía dental para la realización de la Cefalometría (medida de los diferentes distancias y ángulos entre las estructuras dentales) imprescindible en Ortodoncia, y que se realiza sobre una proyección lateral y anteroposterior de cráneo, mediante unos dispositivos acoplados al propio aparato de Radiología Panorámica. En esencia constituyen radiografías de cráneo blandas (para el estudio de partes blandas) realizadas a una distancia fija. (Fig. 8.11).

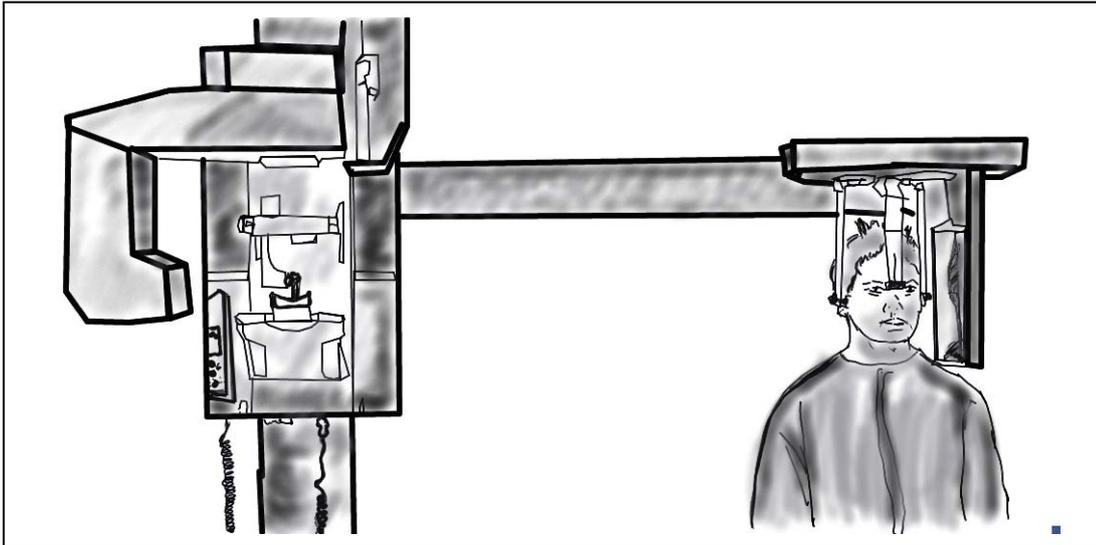


Fig. 8.11. Telerradiografía dental con los accesorios del Panorámico Dental.

### 8.5. Radiología Vascular e Intervencionista.

El progreso que se ha experimentado en este campo de la imagen diagnóstica ha sido de los más espectaculares. En la actualidad pueden obtenerse imágenes de todas las arterias individuales, las cavidades cardíacas o las arterias coronarias; en cambiadores de película, cinerradiografía o por sustracción digital.

Muchas de las instalaciones de angiografía que operan en la actualidad lo hacen usando un tablero flotante, con mayor capacidad de movimiento longitudinal de lo común, asociado a un intensificador de imagen que puede operar sobre o bajo el tablero (Fig.8.12).

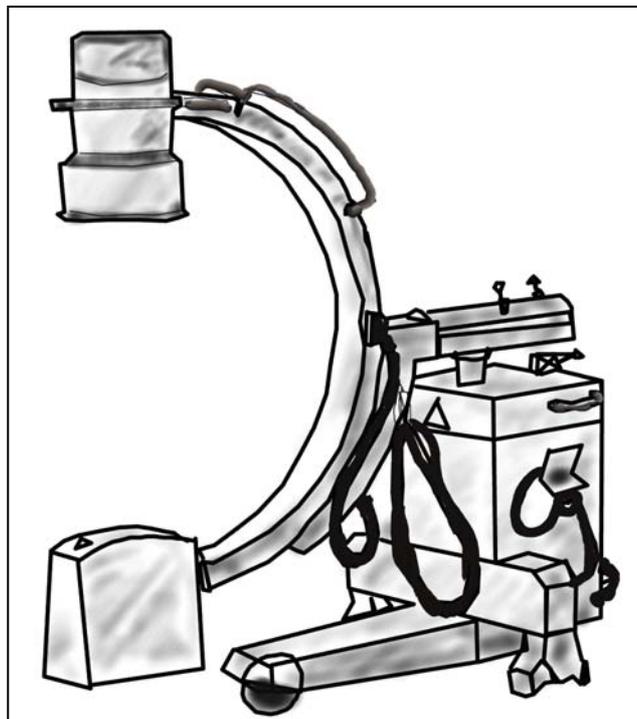


Fig. 8.12. Equipo de radiología vascular y quirúrgica.

Como la representación de los vasos está sujeta a superposiciones constantes de los mismos, es preciso en muchos casos obtener proyecciones ortogonales en un tiempo corto, por lo que es frecuente ver que en estas salas se utilicen dos tubos de rayos X, e incluso tres, y sean necesarios un par de generadores para asegurar el suministro de alta tensión a cualquiera de los tubos operantes de la instalación, con el aumento del gasto que esta dotación supone para cualquier presupuesto. Sólo hay unidades de angiografía en centros especializados en patología coronaria o vascular y en grandes hospitales, donde el volumen de pacientes justifica la gran inversión en material y medios técnicos.

Los equipos de angiografía general más avanzados se caracterizan por (Fig.8.12 y Fig.8.13):

- El diseño especializado de su soporte, con brazo sustentador multiposición en forma de C y con isocentro de altura variable a motor.
- Las guías de suelo y techo (rieles) permiten desplazamientos largos del arco en la dirección del eje longitudinal del paciente, con sistemas de desplazamiento escalonado guiados por ordenador.
- El mecanismo de mesa desplazable o flotante, con movimiento hidráulico de elevación y descenso y una amplitud de movimiento que permite la exploración de cabeza a pies sin movilizar al paciente. Mediante el conjunto es posible obtener proyecciones isocéntricas en varias direcciones, es decir, en torno al eje del objeto y de la cabeza a los pies, con acceso libre a él por todos los lados. Hay que tener en cuenta que el movimiento cardíaco exige tiempos muy cortos de exposición, menos de 10 mseg, y velocidades de toma de 12 a 15 y de 50 a 60 imágenes por segundo.
- Avanzada fluoroscopia para seguir el recorrido de la punta radiopaca de un catéter, cuando se pretende introducir en un vaso o lugar concreto. Cuando se cree que el catéter está en el lugar apropiado, se efectúa una inyección manual de prueba con una pequeña cantidad de contraste, y se procede a la inyección rápida del medio de contraste concentrado por medio de un inyector a presión especial. Se cuenta con modernos intensificadores de imagen, de gran formato y totalmente integrados, que se pueden colocar y angular bajo o sobre la mesa y que ofrecen condiciones óptimas para la obtención de radiografía indirecta, con cámara de hasta 100 mm (Fig.8.13).

La distancia que separa el intensificador del foco de rayos X es regulable. Se recomienda especialmente la posición bajo mesa del intensificador con el objeto de obtener la máxima distancia foco-intensificador (en algunos arcos de hasta 120 cm), de modo que operemos bajo las mejores condiciones geométricas de la imagen y la menor dosis de radiación para los profesionales expuestos que se encuentran junto al paciente. Existe normalmente un indicador digital de esta distancia.



Fig. 8.13. Sala de Radiología vascular e Intervencionista. Detalle del arco en "C".

El cambio de posición del intensificador de arriba a abajo, o viceversa, se lleva a cabo de modo semiautomático o manual, dependiendo del modelo. Quedando almacenada la posición inicial se comienzan los movimientos necesarios para invertir las posiciones tubo-intensificador.

- El colimador del tubo de rayos X cuenta con un pulsador-temporizador para el haz luminoso de centrado; aunque suele ser automático en la mayor parte de sus funciones, lo que quiere decir que ajusta la colimación a la medida del soporte que se usa, ya sea intensificador, película o rollo de película para cineradiografía. Cuenta con una unidad de memoria propia para ajustar la colimación a campos previamente seleccionados con el tamaño establecido con anterioridad y pueden también memorizar el último campo utilizado y los filtros que se asociaron a una determinada proyección.

La mayor parte de los equipos cuentan con una cámara asociada al intensificador, para impresionar películas de emulsión por una cara, que se abre o cierra automáticamente al insertar o retirar el chasis. En angiografía se precisa un gran número de exposiciones y no es posible perder el tiempo cuando el contraste radiológico está en movimiento, por lo que los chasis están especialmente diseñados como depósitos estancos a las radiaciones, que pueden suministrar cien películas o más y que avisan mediante testigos luminosos de la carga de películas o la disponibilidad del sistema. La cámara cuenta con inscriptor de datos del paciente en cada película, mediante la inserción de una tarjeta de cartón con la información escrita.

## 8.6. Densitometría ósea

Las técnicas radiológicas basadas en la informática se están imponiendo paulatinamente en el radiodiagnóstico médico. Un ejemplo de una nueva aplicación de la imagen digital en Radiodiagnóstico lo constituye la determinación cuantitativa de la cantidad de calcio que hay por grama de tejido óseo: la densitometría ósea

Consiste en un aparato relativamente sencillo que consta de un emisor de radiación que es habitualmente un tubo de rayos X colocado bajo la cama del paciente, y al otro lado del paciente una serie de detectores de radiación dispuestos en línea y que efectúan un barrido sobre la zona que se desea estudiar (Fig.8. 14). Simultáneamente se van almacenando las lecturas realizadas en un ordenador. Posteriormente, es posible sacar una imagen en pantalla, que no tiene calidad diagnóstica pero sirve para determinar la zona que deseamos cuantificar y sobre la que se van a efectuar una serie de medidas cuantitativas y su comparación con las tablas medias obtenidas de la población en general o control. Lo más habitual es el estudio de los cuerpos vertebrales lumbares, sobre todo L4 y L5, de las caderas, del escafoide y del calcáneo.

La exploración se completa en unos pocos segundos y la dosis de radiación utilizada es muy baja, mucho menor que la de una radiografía normal o digital. La imagen no es útil desde el punto de vista del diagnóstico morfológico y sólo sirve para seleccionar la zona en la que se desea cuantificar su densidad.

Es normal que, a partir de los 30 años, empecemos a perder calcio de los huesos y, consecuentemente, masa ósea. En mujeres premenopáusicas la pérdida puede ser demasiado rápida, encontrándonos con que pocos años después se pueden encontrar con un elevado riesgo de fractura por osteoporosis. La densitometría ósea trata de cuantificar las pérdidas y evaluar los niveles de osteopenia u osteoporosis, así como evaluar la eficacia de los tratamientos impuestos a la paciente

De las cifras obtenidas se puede deducir, siguiendo unos patrones estándar, la masa ósea del paciente y compararla con la población de la misma edad y sexo. Las indicaciones básicas de la densitometría ósea son: menopausia precoz., tratamiento de corticoides. y el déficit de estrógenos

La detección precoz de pérdidas rápidas permite la adopción de medidas terapéuticas e higiénicas que pueden retrasar la osteopenia, por otra parte inevitable con el paso del tiempo. El incremento de la esperanza de vida de la población, unido a la extraordinaria frecuencia de aplastamientos vertebrales en edad avanzada y al grave riesgo que significan las fracturas de cadera, han hecho esta exploración muy solicitada por ginecólogos, geriatras y médicos de atención primaria.

Existe también la posibilidad de determinar la densidad ósea con tomografía computarizada, pero es un procedimiento mucho más caro. También hay densitómetros que evalúan la masa ósea con ultrasonidos que atraviesan el calcáneo detectando a la salida la disminución de intensidad del haz. Sin embargo, cada vez es más importante la densitometría dual fotónica o densitometría ósea con rayos X como la exploración más adecuada para la determinación de la cantidad de calcio que permanece en el tejido óseo.

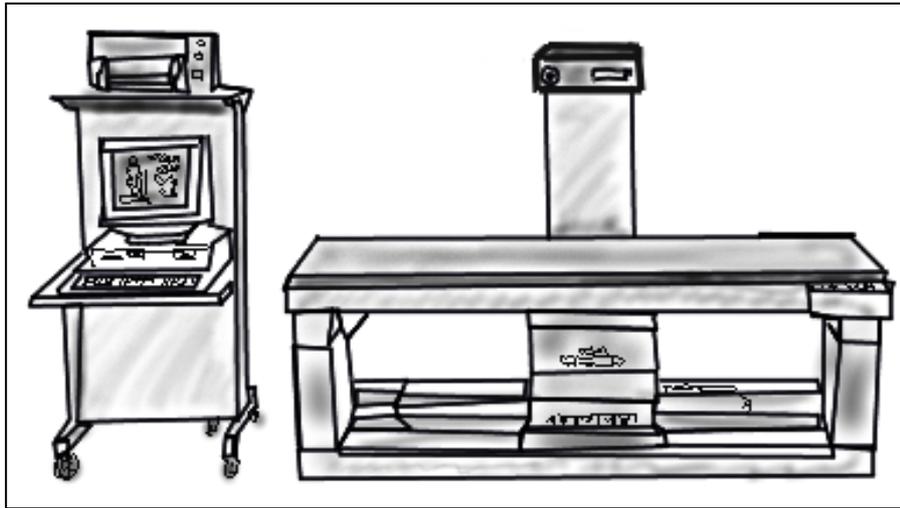


Fig. 8.14. Equipo para Densitometría ósea.

## 8.7. EQUIPOS MÓVILES

El transporte de un equipo de radiología es fundamental en las instituciones sanitarias que cuentan con salas de cuidados intensivos, de urgencias, quirófanos y en todos aquellos casos en que no sea posible trasladar al paciente desde su emplazamiento a la instalación de radiología. En función del tipo de exploración que se precise se pueden encontrar varias clases de equipos portátiles: hay sistemas de radiografía simple para personas encamadas y hay sistemas mucho más complejos para radiología intraoperatoria que cuentan con los más modernos tratamientos de imagen en vídeo.

Entre los más frecuentes se encuentran los que constan de un generador, un tubo de rayos X, un sistema de transporte motorizado y alimentado por batería, un brazo articulado que confiere gran movilidad al tubo de rayos X y un conjunto colimador del haz de radiación y del haz luminoso de centrado.

Son unidades a las que se han ido adaptando acumuladores eléctricos tanto para la motorización de su sistema de transporte como para la emisión de rayos X. Con ello se evita tener que conectar el aparato en el momento de la exposición que suele ser en salas de cuidados intensivos, quirófanos y, en general, lugares en los que numerosos dispositivos eléctricos pugnan por una toma de corriente. El acumulador precisa, para obtener la máxima autonomía, un período de carga de entre cuatro y seis horas y posee un indicador luminoso que expresa la reserva de energía.

Los tubos de rayos X que se acoplan a las unidades portátiles de radiografía son modelos de ánodo giratorio y de doble foco, lo que permite realizar con éxito radiología de alto voltaje (125-150 kV) y traumatológica con rejillas antidifusoras; así como obtener imágenes abdominales o de columna intraoperatorias. Para ello van provistos de sistemas colimadores del haz de radiación y haz luminoso de centrado que son extraordinariamente eficaces y muy similares a los que se utilizan en los tubos de rayos X de los equipos estacionarios.

## BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

BUSHONG, S. (1998).- Manual de radiología para técnicos. Física, Biología y Protección Radiológica (6ªed.). Mosby, Madrid (pp.28-53)

ALCARAZ BAÑOS, M. (2001).- Bases físicas y biológicas del radiodiagnóstico médico. Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia. Murcia.

GONZÁLEZ RICO, J., DELABAT, R, y MUÑOZ, C.(1996). *Tecnología Radiológica*. Paraninfo, Madrid

- CERVANTES, A. (1998).- **Enfermería radiológica.** (1ºed), Noriega editores, México.
- WHITEHOUSE,G. y WORTHINGTON, A (1987).- **Técnicas de radiología diagnóstica.** (3ª ed.) DOYMA, Barcelona.
- MONNIER J.P y TUBIANA J.M. (1996).- **Manual práctico de técnicas de radiodiagnóstico.** Masson S.A., Barcelona.
- GIL GAYARRE, M y cols., (2002).- **Manual de Radiología clínica** (2 ed).Harcourt, Madrid.
- Armero, D.; Bernal, F.; Felices, JM; Martín-Gil Parra, R. y **ALCARAZ, M (2002).**- Implantación percutánea bajo control radiológico de vías venosas centrales. **Enfermería Radiológica 54: 6-10**
- ALCARAZ,M;** Martinez-Beneyto,Y y Velasco,E. (1999).- Control de Calidad en Instalaciones de Radiodiagnóstico dental: **Revista Europea de Odonto-Estomatología, 11 (5): 265-274**
- ALCARAZ,M;** Jodar,S; Martinez-Beneyto,Y; Velasco,E.y Chiva,F. (2000).- La radiología panorámica en el radiodiagnóstico dental. **Revista Europea de Odonto-Estomatología, 12 (5): 263-270**