

COLEGIO ODONTOLOGICO
COLOMBIANO

Número _____

M 299 _____

Compra ☐ Cede ☐ Donación ☐

Unidad _____

Solicitado por _____

Fecha _____

Precio _____

M. T.O.
297
1988
297

00327

COLEGIO ODONTOLOGICO COLOMBIANO
FACULTAD DE ODONTOLOGIA

LA MEDICINA NUCLEAR Y SUS APLICACIONES
CLINICAS EN ODONTOLOGIA

BEATRIZ BELEN SERRANO PRADA

BOGOTA, MAYO 1988

COLEGIO ODONTOLOGICO COLOMBIANO

Directivas

Rector: Dr. Jorge Arango Tamayo
Decano: Dra. Marisol Arango de León
Vicedecano: Dr. Jairo Forero
Secretario: Dr. Luis Felipe Falla

Director de la Monografía:

Dr. Oscar Vélez

Director del Curso:

Dr. Roberto Arciniegas.

Estudio: La Medicina Nuclear y sus Aplicaciones en Odontología.

Monografía realizada por: Beatríz Belén Serrano Prada, estudiante de X Semestre de Odontología bajo la dirección del Dr. Oscar Vélez, Jefe del Servicio de Medicina Nuclear de la Clínica de Marly S.A., Bogotá D.E.,

Presentado en la Facultad de Odontología de El Colegio
Odontológico Colombiano - Bogotá D.E., Mayo 20 de 1988

CONCEPTO DEL DIRECTOR

La aplicación de sustancias emisoras de radiación gamma con fines diagnósticos y terapéuticos se viene realizando en nuestro país hace más de 30 años. Sin embargo, el desarrollo relativamente reciente de nuevas técnicas en imágenes y el empleo de nuevos fármacos marcados con radionucléidos de vida corta y baja energía, ideales para ser empleados en seres humano, así como la creación de nuevos Servicios de Medicina Nuclear en nuestro medio, data de los últimos 10 años.

Ha sido significativa la evolución de los procedimientos auxiliares diagnósticos por imágenes: radiología convencional, tomografía asistida por computador, ultrasonido, medicina nuclear, resonancia nuclear magnética, radiología por subtracción digital, etc.

El rápido crecimiento del arsenal disponible con estas ayudas diagnósticas no ha sido acompañado de una buena información docente en los programas de pregrado y postgrado de nuestras facultades de Medicina y Odontología.

No es numerosa la bibliografía disponible acerca de las aplicaciones de la Medicina Nuclear en el campo puro de la Odontología ni es significativa la experiencia en nuestro medio. Por ello la orientación básica de la presente monografía es lograr suministrar información elemental sobre el campo que cubre la Medicina Nuclear, su desarrollo y fundamentación y mencionar algunas aplicaciones de utilidad en el terreno de la patología oral que puedan crear un espíritu de inquietud para investigaciones futuras.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'O' followed by a series of loops and a final flourish.

AGRADECIMIENTO

Presento mis agradecimientos al doctor
Oscar Vélez.

DEDICATORIA

A mis padres: Luis Felipe Serrano Gereda
y María Celina Prada Urbina.

TABLA DE CONTENIDO

	pag.
0. INTRODUCCION	1
1. HISTORIA DE LA MEDICINA NUCLEAR	2
2. FUNDAMENTOS DE LA MEDICINA NUCLEAR	6
2.1. RADIATIVIDAD	7
2.2. PRODUCCION DE RADIOISOTOPOS	8
2.3. INTERACCION DE LA RADIACION CON LA MATERIA	10
2.4. MEDICION DE RADIOISOTOPOS	11
2.5. EQUIPOS PRODUCTORES DE IMAGENES	11
2.6. RADIOFARMACOS	12
3. APLICACIONES CLINICAS	13
3.1. GAMMAGRAFIA OSEA	13
3.1.1. Fisiopatología	13
3.1.2. Características de un Estudio Normal	15
3.1.3. Características de Estudios Anormales	18
3.1.4. Indicaciones de la Gammagrafía Osea	19
3.1.5. Indicaciones en Enfermedades Malignas	20
3.1.6. Indicaciones en Enfermedades Benignas	22
4. GAMMAGRAFIA DE LAS GLANDULAS SALIVARES	28
5. CONCLUSIONES	31

pag.

BIBLIOGRAFIA

32

ANEXOS

FIGURAS

TABLAS

FILMINAS

BIBLIOGRAFIA

- GOTTA, Héctor. Medicina Nuclear. Aplicaciones Clínicas. Bogotá, Fondo Educativo Interamericano 1981, pp. 1-8, 11-37, 39-47, 321-409.
- LOPEZ CAMPUZANO, L. Nuevas Opciones de la Medicina Nuclear en el diagnóstico por imágenes. Quito, 1984. pp.179-210.
- SPENCER, Richard P. Focus on Clinical Diagnosis. Medical Examination Publishing Co., Incan Ex. Medical Company August 1980, pp.
- STY, John R., STURSHK, J., MILLER, John H. Current Practice in Nuclear Medicine. Pediatric Nuclear Medicine. Appleton-Century Crafts/Norwalk Connecticut, Editor Sheldon Baum, M.D.



0. INTRODUCCION

En esta investigación que he realizado de la Medicina Nuclear y su aplicación clínica en Medicina y Odontología donde se analiza la utilidad de ésta en el estudio de algunas patologías. Aunque en Odontología su aplicación no está difundida, en este momento sirve como ayuda diagnóstica, evolución de patologías y control de tratamiento, empleando radionucleótidos donde se define su comportamiento físico (allí se analiza la radiactividad, la desintegración α , β , γ , etc), la producción de radioisótopos y la forma como incide la radiación en la materia, produciendo una activación en los núcleos atómicos, emitiendo partículas α , β^- , β^+ , fotones, se tienen en cuenta los radiofármacos como agentes radiodiagnósticos y son llamados sustancias radiactivas o trazador radiactivo, utilizando los generadores siendo el más utilizado el tecnecio 99 en scintigrafía ósea alcanzando de 16 a 23 horas para analizar y registrar la imagen. Para glándulas salivares se administra el pertecnetato registrando imagen en el centello lineal. Una imagen estática a los 20-30 minutos, y es también útil en estudios dinámicos.

1. HISTORIA DE LA MEDICINA NUCLEAR

Después de W.K. Roentgen (Primer premio Nobel de física en 1901) descubrió los Rayos X en 1885, el físico H. Becquerel en 1896 descubrió que las sales de uranio son fuente emisora natural de rayos de esencia desconocida, pero distinta a los rayos X. Este hallazgo fué confirmado por Marie Sklodowska Currie. Al investigar que en la naturaleza existen otros elementos con propiedades para emitir rayos denominados "Rayos de Becquerel". En 1903, E. Rutherford (Premio Nobel de química en 1908), identificó en los radioelementos tres tipos de radiaciones: alfa, beta, gamma.

Niels Bohr (Premio Nobel de física 1922), dijo que el átomo se semeja a un sistema solar, donde el núcleo, integrado por protones electropositivos y por neutrones sin carga y a su alrededor, girando en órbitas los electrones electronegativos. Dalton había estudiado que los átomos de los diferentes elementos tienen peso y propiedades diferentes. F. Soddy (Premio Nobel de química de 1921) denominó "isótopos" a las variantes de cada elemento configuradas por un número

igual de protones y distinto de neutrones; aquellos que emiten radiación son "Isótopos radiactivos" en la nomenclatura actual "Radionucleótidos".

En 1933 F.J. e I. Currie (Premio Nobel de química en 1935) descubrieron la creación artificial de los elementos radiactivos, bombardeando partículas alfa a la transmutación del aluminio y del boro estable en fósforo y azoe (llamados Radiofósforo y Radioazoe). E. Fermi (premio Nobel 1938) bombardeó neutrones, observó la neutralidad del neutrón porque no rechaza la carga positiva del núcleo.

G. V. Hervesy (Premio Nóbél de química 1943) introdujo los radioisótopos en el campo de la biología, utilizó un isótopo natural de plomo e investigó sobre el metabolismo del calcio en plantas, en 1935 practicó la técnica de Fermi obtuvo fósforo radiactivo y realizó la primera investigación biológica en animal en la historia con con un radioisótopo artificial, se demostró que la radiactividad produce "una marca" esta condición sugirió la denominación genérica de sustancias trazadoras radiactivas.

La creación artificial del radioyodo y el papel trascendente que juega la tiroides en el metabolismo del yodo, Hamilton y Soley en 1940 administraron yodo a pacientes, midieron el radioyodo acumulado en la tiroides mediante un tubo de Geigen, detectaron la radiación gamma y este estudio lo

denominaron "la curva de captación tiroidea del Radiyodo".

Prinametal y Col. en 1948 registraron la curva del radiocar_{diograma}. Veall y Col. 1948 midieron el volumen/minuto car_{díaco}. En estos estudios la radiología convencional no ofre_{cía} una buena reproducción de imágenes y se utilizaron los trazadores radiactivos en función de las emisiones gamma lo que ofreció una mejor visualización de la imagen. H. Allen emplearon en el hombre 100-200 μ Ci de I (trazador radiacti_{vo}) para obtener las primeras imágenes de la tiroides. De esta manera nace la Scintigrafía, imágenes estáticas que - muestran una expresión morfológica, estructural y funcional de la glándula; estas imágenes se obtienen en el centelló - grafo o gammagrafo lineal o detector móvil. El quid de la cuestión residía en el hallazgo del radionucleótido prima - rio o del compuesto marcado.

H. O. Anger concibió en 1956, la cámara gamma. Con la cáma_{ra} de Áger de detector fijo, la obtención prácticamente ins_{tan}tánea de la imafen "fotoscan", en serie continua o selec_{tiva}.

Después de comprobar que la insulina tiene propiedades anti_{génicas} y produce anticuerpos, Berson y Yalow desarrollaron en 1956 el "radioinmunoanálisis" RIA, mediante el cual es preciso valorar más de 200 compuestos inertes biológicos, en_{tre} ellos hormonas, enzimas, virus, alcaloides y fármacos.

En 1958, Rejali McIntyre y Friedell realizaron estudios de pools sanguíneos mediante albúmina humana marcada con I-131. En 1961 Fleming y Col. utilizaron radioestroncio (^{85}Sr) para obtener gammagrafía ósea.

La medicina nuclear cuenta con una nueva generación de gamma cámaras, incluye detectores de gran campo de visión acopladas a 37 o más tubos foto multiplicadores calimadores multiperforados, apropiado para cada necesidad de energía, sensibilidad y resolución, y la maravillosa incorporación de avanzados sistemas de computación.



3. FUNDAMENTOS DE LA MEDICINA NUCLEAR

Los elementos están constituidos por átomos idénticos entre sí; los átomos están formados por un núcleo integrado por la asociación de partículas elementales llamadas genéricamente "nucleones", son de carga eléctrica positiva y los neutrones que no tienen carga, girando alrededor del núcleo, en igual número que los protones; los electrones con carga eléctrica negativa, los cuales neutralizan la positividad del núcleo.

La letra "Z" designa el número de protones integrantes de un núcleo y éste número identifica químicamente los diferentes elementos; este valor se denomina "el número atómico" o "de Orden" y es diferente para cada elemento.

Por ejemplo, $Z = 20$ es el calcio, $Z = 53$ es el yodo. El número de neutrones se determina con la letra "N" y la $Z+N$ da "A" y se denomina "número de masa". Con estos valores utilizamos la siguiente notación:

$$\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X,$$

por ejemplo el cobalto $\begin{matrix} 60 \\ 27 \end{matrix} \text{Co}$. Los nucleótidos con igual Z

son "isótopos" (Iso: Igual; Topos: Lugar) (Ver Figura 2.1). Los nucleótidos que tienen el mismo A y diferente Z son "Isobaros". Cuando tienen igual Z y A, son "Isómetros" pero difieren en el contenido del núcleo. Los núcleos que tienen igual N se llaman "Isotonos". Los nucleótidos en los cuales la diferencia N-Z es constante se denominan "Isodioferos".

2.1. RADIATIVIDAD

Estudios sobre sustancias radiactivas, éstas emiten tres tipos de radiaciones diferentes que fueron llamadas α , β , γ . Se comprobó que las partículas son átomos de helio desprovisto de sus electrones, dotados de alta velocidad. Esta energía es superior a la de su masa en reposo; existen partículas β^- negativas y β^+ positivas. Las radiaciones fueron identificadas como una radiación electromagnética sin masa, ni carga. En la radiactividad se revela que la presencia del neutrón está directamente relacionada con la "estabilidad neutral" de que si la relación Z/N es igual o próxima a 1, el núcleo es estable; esto ocurre casi estrictamente en núcleos livianos, mientras que cuando aumenta Z "la línea de estabilidad" va alejándose de la relación teórica, hasta el punto en que la actividad de una fuente radiactividad se reduce a la mitad. Los períodos de semidesintegración de los nucleótidos van desde microsegundos hasta valores de más de 10 años. "El semiperíodo efectivo" es el tiem

po medio (TM) de la permanencia del radio-nucleótidos en el organismo.

Otra manera de expresar la actividad es la "unidad currie" o Ci. Se basa en el número de desintegraciones por segundo de un gramo de radio en equilibrio con radón. En aplicaciones a la medicina nuclear, el currie resulta una unidad demasiado grande, por lo tanto se utilizan los submúltiplos: el milicurie (mCi) y el microcurie (μ Ci): $1\text{Ci} = 10^3\text{mCi} = 10^6\mu\text{Ci}$.

2.2. PRODUCCION DE RADIOISOTOPOS

Para producir un radionucleótido a partir de un isótopo estable; es necesario provocar en éste, una alteración en la relación Z/N; es necesario agregar o sacar protones o neutrones del núcleo y se transforma en otra entidad física y a veces químicamente diferentes, esto se realiza mediante reacciones nucleares adecuadas provocadas por el bombardeo del núcleo. Al núcleo bombardeado se le conoce como "blanco" y la partícula bombardeante como "proyectil". Entre los proyectiles más utilizados se encuentran los neutrones, protones, deutrones, fotones, gamma. Los proyectiles se pueden obtener en reactores nucleares o en aceleradores de partículas.

En un reactor se tiene una masa crítica $Z=83$ ya no hay nú-

cleos estables, de allí en adelante todos son radiactivos.

La estabilidad o inestabilidad del núcleo está determinada por su mayor o menor proximidad a la línea de la estabilidad; es función de la relación protones-neutrones (Ver Figura 2.2). la inestabilidad de un núcleo y por lo tanto del átomo correspondiente se pone de manifiesto por la emisión de partículas y esta emisión de partículas lo hacen tender hacia la estabilidad, a través de una o más transformaciones sucesivas.

El período de desintegración es el tiempo en que el número de átomos de una especie radiactiva se reduce a la mitad por desintegración, también se puede definir como el período de tiempo en que uranio, es aquello que puede mantener una "Reacción en cadena", es una reacción en la que cada uno de los neutrones liberados en cada fisión entre otros, tanto núcleos de ^{235}U . En un reactor se tiene en cuenta una masa crítica de uranio, generalmente en forma de barras llamada "elementos combustibles" dispuestos en un medio llamado "moderador". Este conjunto constituye el núcleo del reactor. El moderador tiene por objeto disminuir la energía de los neutrones de fisión. El moderador puede ser agua liviana, agua pesada, grafito, polietileno (Ver Figura 2.3). Para controlar el número de fisiones, la potencia de un reactor se utilizan las "barras de control", constituidas por materiales como el "cadmio" que tiene alta potencia con el ura

nio en cuanto a la captura de neutrones.

Los reactores de producción de radiosótopos, están diseñados de tal manera que los neutrones disponibles en exceso pueden ser utilizados como proyectiles. Cuando hay que obtener radionucleótidos que no pueden lograrse por la reacción (γ) se recurre a otro tipo de reacciones nucleares, empleando otras partículas, los más frecuentes protones, deutrones o alfa; en estos casos se utiliza un "acelerador de partículas".

2.3. INTERACCION DE LA RADIACION CON LA MATERIA

Cuando la radiación incide en la materia se producen colisiones con los núcleos atómicos, los los electrones orbitales, con partículas libres o con el campo eléctrico, que rodea al núcleo. Las colisiones pueden ser elásticas o inelásticas, según se mantenga o no la energía cinética del sistema. El fenómeno más común es la ionización, en la cual las partículas incidentes arrancan un electrón orbital de una de las moléculas del material siendo parte de su energía y forma un par de iones: el electrón y el resto de la molécula. Las partículas incidentes transfieren al electrón, arrancando cierta cantidad de energía en forma de energía cinética. En consecuencia, los electrones arrancados, dotados de energía son capaces de producir ionizaciones secundarias.

2.4. MEDICION DE RADIOISOTOPOS

Al ser atravesada, la materia por las partículas α, β, γ , produce en ella una serie de fenómenos de ionización cuya magnitud es proporcional al número y la energía de las partículas incidentes; estos fenómenos son captados por una serie de equipos de medición específico, entre ellos tenemos:

- Película fotográfica
- Cámaras de ionización
- Tubo de Geiger Muller (GM)
- Contadora de Centello
- Contador de Pozo
- Contador del Cuerpo Total.

2.5. EQUIPOS PRODUCTORES DE IMAGENES

2.5.1. Centellógrafo de Detector Móvil o Lineal. La finalidad es la obtención de imágenes estáticas que informan sobre la morfología, la estructura y la función de órganos o sistemas.

2.5.2. Cámara Gamma o de Centello. Esta constituida por un gran cristal de yoduro de sodio activado con talio, de 30 a 40 cmts. de diámetro y 12 milímetros de espesor. 37 fotones multiplicadores están adosados al cristal y son los encargados de registrar la posición y la energía de cada una de las

señales que le llegan. La información ofrecida por la cámara es dictada verbalmente y es registrada como datos clínicos del paciente en estudio. Con el centellógrafo lineal, la imagen condiciona a la duración del rastreo, demanda cierto tiempo (media hora) y la imagen reproduce el órgano o sistema en estudio al tamaño normal. Con la cámara gamma, la imagen es de tamaño reducido, pero su ejecución en el tiempo de segundo, permite realizar, con registros, estudios dinámicos y también con mayor tiempo de exposición, con ima gen estática.

2.6. RADIOFARMACOS

Los radionucléidos primarios son generalmente, compuestos inorgánicos del elemento respectivo en solución. Los radio nucleótidos compuestos son el resultado de un proceso que incorpora o une un radionucleótido primario y una molécula.

El comportamiento en el organismo de los compuestos marcados y de formas de partículas, no depende en absoluto del radionucleótido marcador, sino de las características del "Currier".

La administración de los radiofármacos puede hacerse por vía oral, intravenosa iv, intra-arterial, intramuscular im, intratecal, inhalatoria, intersticial (para ganglios linfáticos), intraperitoneal e intra-articular.



3. APLICACIONES CLINICAS

3.1. GAMMAGRAFIA OSEA

3.1.1. Fisiopatología. El hueso es un tejido viviente y activo en el cual ocurren continuos cambios. Sus constituyentes son orgánicos y minerales (ambos son susceptibles de ser marcados: con Sulfuro Coloidal-Tc-99m las células del SRE y con fosfatos o fosfonatos marcados con Tc-99m, la fase mineral; la matriz orgánica consiste principalmente de células y sustancia osteoide; el mineral óseo está constituido en su mayor parte, por hidroxapatita cristalina, cuyo principal constituyente es fosfato de calcio y el resto se halla como componentes amorfos. Esta fase mineral puede considerarse como intercambiador anfótero de iones de diferentes valencias, cuya capa externa mantiene un activo intercambio de iones Ca^{++} , PO_4^{4-} y OH^- con el plasma.

Se ha demostrado que otros iones monovalentes, divalentes así como complejos iónicos, pueden competir y subsistir en las reacciones de superficie (recuérdese el caso de los pintores de esferas luminosas de relojes en el pasado, en quienes el depósito de radium, mesotorio y radiatorio en el es-

queleto fué responsable de cierto número de ostiomielitis, necrosis y sarcomas osteogénicos; recuérdese también que antes se han usado estroncio-85, estroncio-87m, Flúor-18, Bario-140, etc., para estudios de metabolismo óseo). Los cambios e intercambios con el plasma, ocurren en cuestión de minutos, mientras que la ligadura a la superficie ósea toma horas y la incorporación a la red cristalina toma días o meses.

TABLA 1. AGENTES PARA GAMMAGRAFIA OSEA (*)

PIROFOSFATO (PYP)

DIFOSFONATO (DIP)

METILENDIFOSFONATO (MDP)

HIDROXIMETILENDIFOSFONATO (HMDP)

(*) La marcación de cualquiera de estas moléculas se realiza con Tc-99m.

De lo anterior se deduce que los factores principales que intervienen en la localización del radiofármaco en los huesos, son el aporte o flujo sanguíneo y el ritmo del intercambio mineral y, puesto que los fosfatos y difosfonatos se marcan con Tc-99m, su detección externa es posibles. Las imágenes serán anormales cuando uno o ambos procesos interrelacionados se alteren significativamente por una enfermedad. El proceso por el cual el agente marcado se localiza

en el hueso ha sido llamado quemiorción y la formación ósea reactiva acelera los dos factores mencionados.

3.1.2. Características de un Estudio Normal. La gammagrafía ósea normal muestra una distribución característica de la radiactividad, con mayor localización del radiofármaco en las áreas de mayor flujo sanguíneo, de tejido esponjoso, que generalmente corresponden a las zonas donde el hueso tiene máximo esfuerzo (que se relacionan con puntos de mayor apoyo o presión de fijación muscular), y en las de renovación o reconstrucción. En la interpretación de una imagen deben tomarse en cuenta difeerencias del intercambio mineral de acurdo con la edad y el conveniente comparar el estudio que se analiza con uno de personas normal de edad y sexo similares; esto es particularmente útil tratándose de anormalidades generalizadas, porque las lesiones focales pueden evaluarse por simple comparación entre áreas simétricas en la misma imagen; el análisis de las imágenes requiere considerable atención con los detalles.

En los niños y jóvenes las zonas de mayor concentración son las epífisis en relación con su actividad de osificación. Los detalles esqueléticos son mejor definidos en los organismos jóvenes en crecimiento, mientras que en los adultos van decreciendo gradualmente con la edad; en las personas de edad avanzada, especialmente, las imágenes reflejan el bajo recambio mineral reconocible por la pobre definición de los

huesos largos y costillas.

En la proyección anterior las áreas de mayor intensidad son los hombros (apófisis caracoides y acromio), también el esternón y las crestas ilíacas anteriores. Con intensidad ligeramente menor tenemos los huesos de la región naso-faríngea, área tiro-cricoidea, articulaciones esterno-claviculares, extremos anteriores de los arcos costales correspondientes a las articulaciones condro-costales, las áreas acetabulares, áreas trocantéricas y rodillas. La lordosis lumbar normal causa preminencia hacia adelante de la porción correspondiente a la columna, disminuyendo la distancia que lo separa de la cara del detector y aumentando su eficiencia de detección, lo que ocasiona una densidad gráfica relativamente mayor. El casquete craneal aparece bien marcado, a veces con irregularidades que es necesario reconocer para no adjudicarles significados patológicos inexistentes. Los huesos largos son más definidos en sus extremos, particularmente en las áreas peri-articulares, por ello sobresalen las rodillas y tobillos; los segmentos diafisarios fijan poco.

En la proyección posterior, se destacan con mayor intensidad los huesos ilíacos, en las áreas auriculares adyacentes a las articulaciones sacroilíacas (porción interna de las fosas ilíacas); siguen en intensidad la totalidad de la columna dorsolumbar, ángulos inferiores de las escápulas, hom-

bros, crestas ilíacas, tuberosidades isquiáticas y área acetabular. Los riñones son visibles en la proyección posterior porque el trazador se elimina por vía renal. De hecho, la excreción está en relación inversa con la fijación ósea, por lo que los riñones son relativamente menos apreciables en los jóvenes; eventualmente es posible descubrir alguna anormalidad renal gracias a esta característica; la vejiga aparecerá como un área de radiactividad creciente por encima de la sínfisis del pubis, que progresivamente va adquiriendo su forma globular (es más visible en proyección anterior) como se ha dicho, ella debe ser vaciada antes del examen para evitar que interfiera a menos que su exploración forme parte del estudio.

Todavía conviene señalar que una gammagrafía normal puede preentar alguna asimetría sin relación patológica: la extremidad superior dominante puede tener algún grado de mayor captación, especialmente en el hombre; también ocurre que el tejido mamario en las mujeres puede tener algún grado de retención. La cámara aérea del estómago ocasiona una zona de radiolucencia.

Finalmente, se deben recordar las condiciones geométricas que pueden influir en el registro; al respecto, quizá la más importante consideración se relaciona con la distancia que la radiación gamma debe atravesar hasta el cristal y también el espesor de los tejidos blandos interpuestos. Por

consiguiente, si la distancia es mayor y el espesor de tejido blando es grande, habrá absorción con reducción parcial de los fotones provenientes del hueso subyacente; la cabeza femoral y el área acetabular son un ejemplo de esta atenuación. Por el contrario, ciertas zonas en las que el hueso es cubierto con tejido blando de poco espesor y que se hallan más cerca de la superficie, resaltan con gran intensidad, tal es el caso de las crestas ilíacas, esternón y hombros.

3.1.3. Características de Estudios Anormales. Las posibilidades del método son numerosas. Conviene destacar, aunque ello sea obvio, que en este campo la complementación con la radiología es muy importante.

Lo primero que podemos tener en las imágenes esqueléticas de cuerpo entero es alguna formación anatómica como arqueamientos, xifosis y escoliosos generalmente por osteoporosis pero que en determinados casos, pueden estar relacionados con poliomielitis, siringomelia, ataxia, neurofibromatosis, etc. Las localizaciones anormales del trazador pueden ser localizadas o generalizadas; en principio, las lesiones osteoblásticas causan incremento de la captación y se manifiestan como "áreas calientes"; inversamente, las lesiones osteolíticas deberían mostrarse como "áreas frías", pero esto rara vez sucede porque, frecuentemente, existe alguna reacción osteoblástica aunque sea preponderantemente osteolíti-

ca; por lo tanto, lo usual es que en ambas condiciones la detección sea positiva. Las causas más comunes de áreas hiporradiactivas localizadas son las fibrosis post-radioterapia debido a dstrucción de la médula y disminución del flujo sanguíneo y la atrofia; el mieloma múltiple, debido a la gran destrucción medular, puede dar lesiones frías a menos que hayan fracturas; también las hemoglobinopatías, a causa de infartos óseos. Las concentraciones anormales más o menos generalizadas se pueden apreciar comparando el contenido axial con el periférico, un aumento relativo de la capta ción por parte del cráneo y de los huesos largos sugiere en fermedad metabólica.

3.1.4. Indicaciones de la Gamagrafía Osea. Dentro de las posibilidades actuales del diagnóstico por imágenes, el estudio del esqueleto humano mediante gammagrafía se ha constituido en uno de los más importantes. el método ofrece su mayor efectividad al campo oncológico: una investigación completa del esqueleto antes de una cirugía definitiva en pacientes con tumores que tienden a metastizar huesos tales como tumores de mama, próstata, pulmón, riñón. Como método de screening de metástasis es más sensitivo que los hallazgos radiográficos, lo que se debe a su basamento funcional que puede revelar cambios del metabolismo óseo antes de que ocurran alteraciones anatómicas; por ello puede descubrir lesiones incipientes aún con meses de anticipación a los hallazgos radiológicos que requieren que exista un 30% de des

trucción del hueso para ser revelables. Se ha reportado que mediante la gammagrafía rutinaria ósea en casos nuevos diagnosticados de Ca, se pueden descubrir metástasis tempranas en 10% de pacientes con carcinoma de mama, en 10% de carcinomas broncogénicos, en 25% de los carcinomas prostáticos y en 15% de los linfomas. También es sabido que el hueso es el sitio más frecuente de metástasis de cánceres primarios no identificados. Por estas razones, la gammagrafía ósea es ahora el primer método diagnóstico para la evaluación de las enfermedades malignas, y, debido al porcentaje muy bajo de falsos positivos (4%), un estudio negativo puede excluir casi con seguridad el compromiso óseo.

En el campo de la pediatría la aplicación más valiosa es la detección de osteomielitis. En la ortopedia, la confirmación de fracturas no reconocidas por los rayos X y la evaluación de la viabilidad de la cabeza femoral en casos de luxación de cadera; respecto a esta indicación, conviene efectuar una confirmación de los hallazgos mediante gammagrafía de la médula ósea, mediante Sulfuro Coloidal Tc-99m.

3.1.5. Indicaciones en Enfermedades Malignas. El tumor primario es generalmente solitario y gammagráficamente se presenta como una acumulación radiactiva focal bien definida; el incremento franco de la captación es importante para poder afirmar la dependencia o compromiso del hueso. Las metástasis óseas usualmente se presentan como focos múltiples

diseminados en elevada concentración radiactiva.

La gammagrafía del esqueleto debe ser el primer procedimiento del diagnóstico por imágenes a emplearse para identificar y evaluar la enfermedad metastásica ósea, relegando la exploración radiológica convencional a aquellas áreas previamente identificadas por gammagrafía, sobre las cuales hubiera necesidad de información complementaria. La razón de esta estrategia es que la gammagrafía tiene sólo un 2% de falsos negativos, mientras que el estudio radiológico puede llegar a 50% en ciertos tumores. El concepto actual es que la mayoría de tumores primarios de otros órganos pueden metastatizar huesos; esto es contrario a creencias pasadas que orientaban la atención al esqueleto solamente en casos primarios de mama, próstata, pulmón, riñón y tiroides.

Adicionalmente a su habilidad para descubrir áreas comprometidas, la gammagrafía ósea tiene otros usos en los pacientes con enfermedad metastásica; por ejemplo, puede ser utilizada para seleccionar sitios apropiados de biopsia, en ciertos casos puede ayudar a determinar el nivel de una amputación, en radioterapia para delinear el campo de irradiación. Algunas enfermedades malignas en las que la exploración ósea juega un rol importante requieren consideración especial, como son el cáncer en la mama en el que una conducta considerada como razonable es la de tener una gammagrafía referencia pre-operatoria y posteriores controles cada

seis meses, y el carcinoma de próstata, porque en el primer uso de la gammagrafía es la evaluación del paciente que permite conocer la existencia o no de metástasis óseas. Se deben realizar estudios seriados a plazos razonables. Tam - bién se indica el uso de la gammagrafía para el cáncer de pulmón a nivel pre-operatorio con el fin de evitar muertes perioperatorias, y en neoplasmas óseos primarios, donde la gammagrafía juega un papel importante para diagnóstico.

3.1.6. Indicaciones en enfermedades Beningnas.

Trauma: La gammagrafía viene incrementándose constantemente como procedimiento idóneo para evaluar pacientes traumati - zados y su mayor éxito radica en su capacidad para descubrir fracturas que pueden ser difíciles de diagnosticar radiográ - ficamente, como son las fracturas ocultas, la fractura re - ciente de cadera o cuando existen signos dudosos. Muchos de los elemento de juicio para la interpretación de imágenes se basan en el sentido común, pero existen aspectos muy importantes que deben ser tenidos en cuenta para evitar erro - res de interpretación . primero, tener un concepto claro de la oportunidad del examen. En las primeras 24 horas después del episodio traumático, los signos gammagráficos pue - den ser insuficientes para afirmar un diagnóstico, probable - mente se encontrará un tenue incremento difuso de la radiac - tividad en el sitio de una fractura; la captación irá aumentando y focalizándose en los siguientes días, de modo que

entre 3 a 5 días la positividad es francamente significativa; sin embargo, en pacientes ancianos o debilitados puede tomar una semana. Un estudio gammagráfico descarta la posibilidad de una fractura oculta solamente si han transcurrido más de ocho días de episodio traumático.

Otro importante concepto se relaciona con el tiempo que una imagen anormal permanece positiva. En términos generales, las fracturas no complicadas se tornan gammagráficamente normales en aproximadamente dos años; en niños y adolescentes esta reversión a la normalidad es más rápida y puede ocurrir entre 6 a 18 meses, mientras que en pacientes viejos y/o debilitados puede demorar varios años, y las fracturas que están bajo stress continuo pueden permanecer positivas indefinidamente.

Es evidente que los traumas quirúrgicos que involucren sección y retracción ósea como craneotomía, toracotomía, injertos óseos y amputación, ocasionan cambios gammagráficos que requieren un análisis interpretativo individual. La laminectomía, por ejemplo, dará una imagen positiva durante varios meses al cabo de los cuales irá atenuándose gradualmente, mientras que la asociada a osteomielitis o a recurrencia no presenta lo mismo. En pacientes que han sufrido amputación puede plantearse la necesidad de una diferenciación entre una normal actividad reactiva ósea de cicatrización del muñón versus osteomielitis o recurrencia tumoral; esta distinción sólo puede lograrse mediante estudios repetidos que per

miten apreciar cambios evolutivos de regresión o progresión. el área caliente debida a cicatrización irá atenuándose gradualmente, mientras que la asociada a osteomielitis o a recurrencia manifestará progresivo incremento. También en los pacientes amputados, pueden presentarse cambios asociados a la alteración de la mecánica de soporte del peso; esto puede expresarse como un aumento de actividad en una articulación y quizás también a lo largo de una escoliosis compensatoria.

Procedimientos quirúrgicos extraesqueléticos pueden ocasionar cambios a tener en cuenta. Una situación bastante frecuente es la de pacientes que han sido sometidas a mastectomía, en quienes la gammagrafía ósea muestra una mayor definición de los arcos costales del lado operado y menor radiactividad de fondo, lo cual se debe a considerable disminución de tejido blando que normalmente ejercería cierto grado de atenuación de fotones, a la vez que aportaba con los suyos. La radioterapia ocasiona disminución de la concentración radiactiva, incluyendo a los arcos costales, fácilmente reconocible por la forma geométrica y, desde luego, por el antecedente. Procedimientos que acarreen alteraciones nerviosas o arteriales también producen cambios gammagráficos; tal es el caso de la simpatectomía en la cual, el incremento de flujo sanguíneo distal determina una mayor acumulación radiactiva en las estructuras óseas y en los tejidos blandos; por el contrario, procedimientos que llevan a

una disminución de flujo arterial darán imágenes con menor densidad gráfica en el área involucrada.

En osteomielitis la gammagrafía ósea es considerada actualmente como la prueba más importante para su diagnóstico temprano porque resulta positiva prácticamente desde el principio de los síntomas clínicos. Debido a su gran sensibilidad, junto con la simplicidad de ejecución y baja dosis de exposición que recibe el paciente, la sitúan como procedimiento de elección en enfermos pediátricos; ella hace posible ahora la instauración de una terapia apropiada en forma más oportuna, lo que está conduciendo a una reducción apreciable de la morbilidad y convalecencia. En casos muy raros en que se plantea una duda, puede ser necesario un estudio con Galio-67 para confirmar el diagnóstico.

En el caso de la artritis, la detección y evaluación de la extensión de procesos artríticos es otra de las aplicaciones de la gammagrafía ósea, la cual también es útil para apreciar los efectos de la terapia. Puesto que la mayoría de las articulaciones son pares, el concepto de simetría es importante para la interpretación; el uso de colimador pinhole puede ser una ayuda adicional y sus proyecciones laterales son a menudo necesarias.

Necrosis Aséptica. La acumulación del radiofármaco en el hueso depende tanto del metabolismo como del flujo sanguíneo.

Una disminución significativa del aporte sanguíneo puede conducir a una desvitalización que se expresará en menor captación del área afectada; existen varias condiciones patológicas en niños y en adultos en las que puede darse esta situación, siendo la más común la que afecta la cabeza femoral. Este es un campo en que los médicos nucleares se enfrentan a grandes incertidumbres a la hora de interpretar imágenes gamagráficas; en todas las situaciones mencionadas se podría esperar encontrar un "área fría" como expresión de isquemia, sin embargo, como ocurre en la enfermedad de Legg Perthes, la posibilidad de obtener información de valor diagnóstico es muy dependiente de la oportunidad del estudio; únicamente en la fase temprana existe relativa seguridad de apreciar la ausencia de captación de la cabeza femoral; pero si la prueba se realiza más tardíamente, en la fase de recuperación, cuando puede haber flujo colateral y actividad metabólica, el área afectada puede mostrarse normal e incluso hipercaptante.

La desvitalización de la cabeza femoral que puede ocurrir a consecuencia de una luxación traumática, es motivo frecuente de solicitud del examen, debido a que el hueso permanece mucho tiempo estructuralmente intacto, por lo que no es posible su diagnóstico mediante radiografía convencional; aquí también se pueden tener falsos negativos y no existen criterios muy fidedignos al respecto. En niños, en quienes el contorno del acetábulo no está aún completamente formado,

las condiciones son más favorables para la interpretación; en los adultos puede ser difícil debido a que los bordes anteriores y posteriores del acetábulo se superponen a la cabeza femoral. Se puede mejorar la visión de la región articular usando el colimador pinhole y es posible ganar en sensibilidad y especificidad complementando el estudio con gammagrafía de médula ósea, la cual se realiza con sulfuro coloidal marcado con Tc-99m.

De las enfermedades metabólicas la más común es la Enfermedad de Paget en la cual la gammagrafía ósea se muestra particularmente eficiente, puesto que usualmente revela más sitios comprometidos que aquellos que pueden ser demostrados radiográficamente. Los hallazgos gammagráficos se correlacionan mejor con el curso clínico de la enfermedad, porque la sintomatología coincide con las fases lítica y mixta en las que las imágenes son más informativas; por el contrario, las lesiones escleróticas de la fase final no pueden ser visualizadas gammagráficamente, mientras que las radiografías pueden demostrarlas mejor. Otras entidades misceláneas en las que se ha reportado la contribución diagnóstica de la gammagrafía ósea, incluyen displasia fibrosa, hiperpa^ratiroidismo primario y secundario, osteoartropatía pulmonar y miositis osificante.

4. GAMMAGRAFIA DE LAS GLANDULAS SALIVARES

El trazador de elección para las glándulas salivares es el petecnetato, que es captado por las glándulas acinosas, pero no se fija en ellas, sino que pasa a la luz de los canalículos intralobulares y es excretado luego por la saliva. La obtención de la imagen en glándulas se realiza durante la permanencia del trazador en los canalículos o antes, durante la primera circulación del trazador.

El petecnetato es administrado por vía intravenosa en dosis de 1-4 mCi, dependiendo de la edad y peso corporal del paciente. El paciente debe estar en ayunas, sentado frente al cabezal, tras de inyectar el petecnetato, se obtienen imágenes anterior y oblicuas. La actividad de la imagen disminuye con la edad, en ancianos, por lo general, la concentración es débil. Las alteraciones de la imagen pueden deberse a una hiporradiactividad o hiperradiactividad, homogénea o irregularmente.

En los procesos inflamatorios agudos, la imagen presenta hi

4. GAMMAGRAFIA DE LAS GLANDULAS

SALIVARES

El trazador de elección para las glándulas salivares es el petecnetato, que es captado por las glándulas acinosas, pero no se fija en ellas, sino que pasa a la luz de los canalículos intralobulares y es excretado luego por la saliva. La obtención de la imagen en glándulas se realiza durante la permanencia del trazador en los canalículos o antes, durante la primera circulación del trazador.

El petecnetato es administrado por vía intravenosa en dosis de 1-4 mCi, dependiendo de la edad y peso corporal del paciente. El paciente debe estar en ayunas, sentado frente al cabezal, tras de inyectar el petecnetato, se obtienen imágenes anterior y oblicuas. La actividad de la imagen disminuye con la edad, en ancianos, por lo general, la concentración es débil. Las alteraciones de la imagen pueden deberse a una hiporradiactividad o hiperradiactividad, homogénea o irregularmente.

En los procesos inflamatorios agudos, la imagen presenta hi

perradiactividad y se debe a la hiperemia local y no hay retención canalicular. Las inflamaciones crónicas o recidivantes, prevalecen hiporradiactividad producidas por fibrosis de la glándula, que produce construcción de los condúctilos. La enfermedad de Sjögren produce disminución de la actividad de las glándulas salivares, los resultados del tratamiento con ciclofosmanida puede objetivarse mediante la scintigrafía seriada.

Los tumores de glándulas salivares son poco frecuentes y para lograr visualizar por una scinitigrafía se necesita que el tumor tenga un diámetro mínimo de uno -o más- a dos centímetros , lo que se supone que en exámen clínico ya es visible o palpable, y por esto no podemos considerar la scintigrafía como técnica de orientación para el diagnóstico precoz.

Los tumores de Warthin se obtienen imágenes hiperradiactivas porque su origen se encuentra en el epitelio de los conductos y éstos acumulan el material de secreción y llevarlo a la cavidad quística, en lo cual no se produce un vaciamiento rápido y de apariencia de hiperradiactividad.

En la enfermedad de Mikulicz, proceso inflamatorio del que participan las glándulas salivares, se visualiza agrandamiento e hipofijación del pertecnetato.

En los procesos obstructivos excretores, la scintigrafía es útil, en estudios dinámicos.

La scintigrafía está indicada para el seguimiento de los procesos inflamatorios, para el diagnóstico de tumores mayores de 2 cms de diámetro, para verificar la imagen de un absceso, para evaluar masas de tejido restante después de una cirugía, para comprobación de agenesia o de la existencia de glándulas aberrantes, para el diagnóstico diferencial con formaciones tumorales cervicales, para el diagnóstico de procesos obstructivos de los conductos.

5. CONCLUSIONES

- La Medicina Nuclear está considerada como uno de los más útiles medios de diagnóstico porque alcanza a captar alteraciones incipientes de una patología.
- Para lograr un diagnóstico acertado mediante la gammagrafía se evalúan estos resultados junto con un examen físico básico, un examen de laboratorio, un estudio histológico de la lesión y algunas veces se utilizan las radiografías.
- La Medicina Nuclear se utiliza en odontología en los casos en que se presume una patología oral, entre las cuales se encuentran:
 - Patología inflamatoria (aguda o crónica) ATM.
 - Procesos infecciosos (Osteomielitis)
 - Displasia fibrosa, etc.

- El desarrollo relativamente reciente de nuevos detectores de radiación, de mayor sensibilidad y mejor resolución, acoplados a equipos de computación que permiten una veloz adquisición de imágenes seriadas y su posterior análisis, sumado a importantes adelantos en la investigación en el área de la radiofarmacia, ha permitido incrementar el arsenal diagnóstico que puede ofrecer la Medicina Nuclear hoy en día.

- Su difusión como auxiliar diagnóstico en el campo de la Odontología es escasa. Las publicaciones en revistas especializadas no son numerosas. Sinembargo, el conoci - miento de las bases fisiológicas y los principios funda^{men}tales empleados en los estudios con emisores de radia^{ci}ón gamma y su detección e interpretación, permiten establecer aplicaciones útiles en casos seleccionados (eva^{lu}ación de síndromes inflamatorios o dolorosos de la articulación témporomandibular, procesos de osteomielitis odontogénica, lesiones traumáticas secundarias, enferme^{de}dades tumorales, patologías agudas y crónicas de glándu^{las} salivales, etc.).

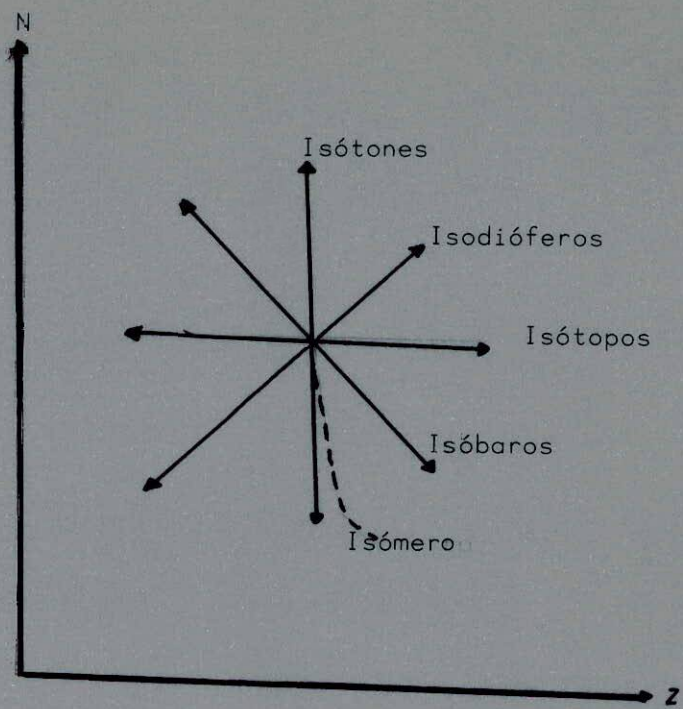


FIGURA 2.1.

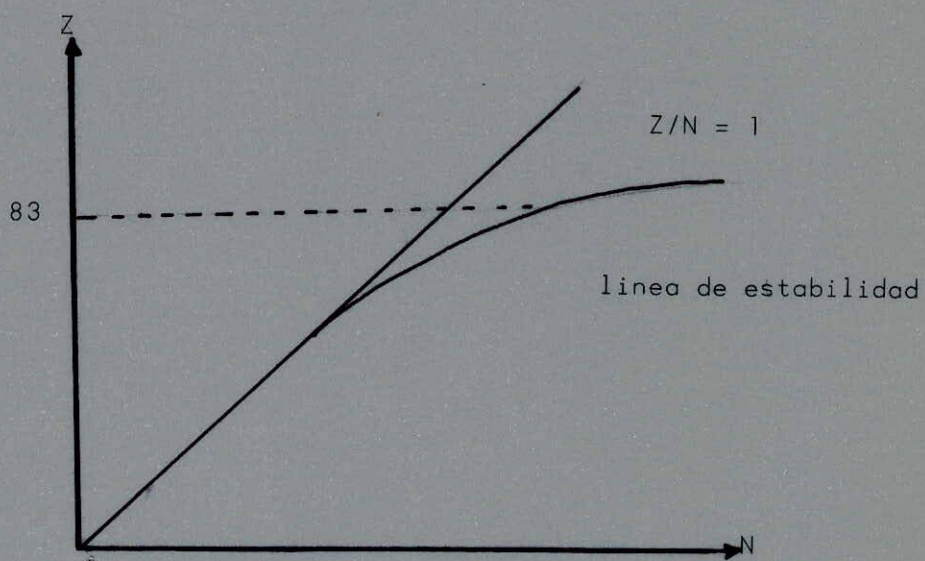


FIGURA 2.2.

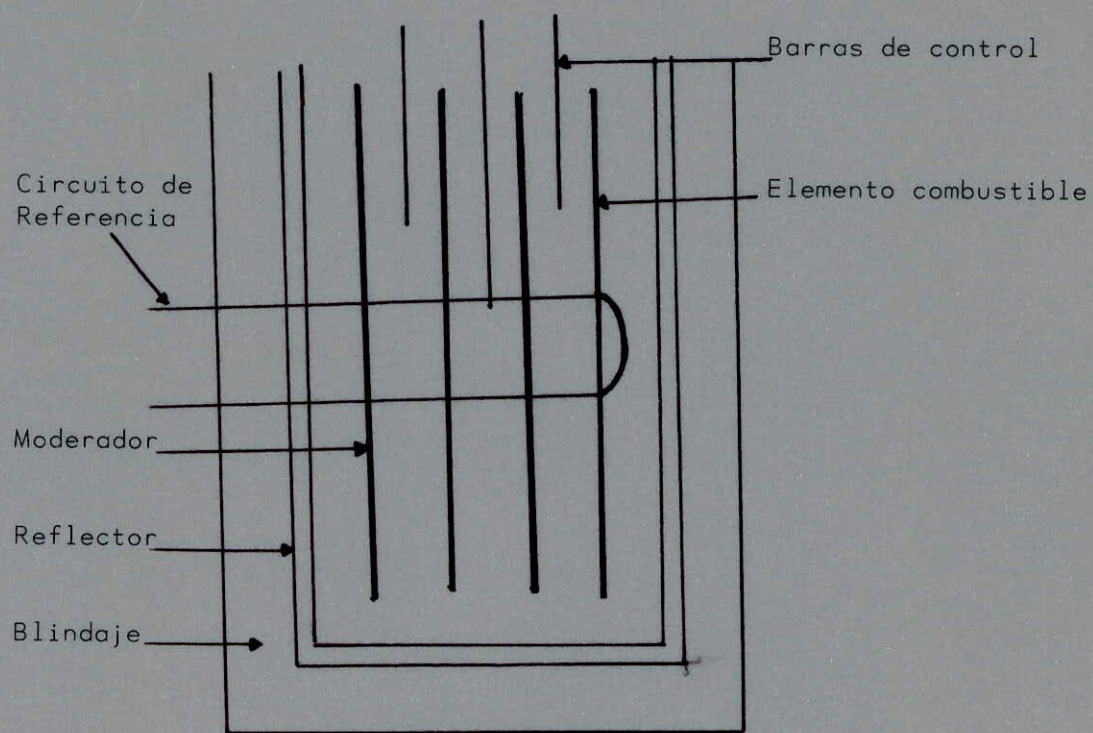


FIGURA 2.3. ESQUEMA DEL REACTOR

TABLA 2. INDICACIONES PARA GAMMAGRAFIA OSEA

TUMORES:

- a. Detección de tumores primarios y metastásicos desde sus fases tempranas cuando todavía no se han producido cambios revelables por rayos X
- b. Para selección pre-operatoria de pacientes con tumores conocidos que se sabe pueden metastatizar huesos (Ca. de mama, pulmón, próstata, riñón, tiroides).
- c. Para determinar la real extensión de neoplasmas primarios o metastásicos ya previamente conocidos, a fin de planear el régimen terapéutico o para evaluar sus resultados.
- d. Investigación de la causa de una significativa elevación de la fosfatasa alcalina o de inesperado incremento.
- e. Detección de la Enfermedad de Paget y su evaluación.

INFECCIONES:

- a. Osteomielitis
- b. Artritis sépticas.

TRAUMA:

- a. Detección de fracturas radiológicamente ocultas
- b. Evaluación de lesiones esqueléticas en niños maltratados
- c. Determinación de la viabilidad del hueso cuando el suministro de sangre ha sido dañado por trauma o enfermedad (luxación, Legg Perthes).

METABOLICAS:

- a. Artritis: detección, evaluación de su extensión y seguimientos de su evolución y de la respuesta a terapia
- b. Evaluación de efectos óseos de endocrinopatías
- c. Evaluación de osteodistrofia
- d. Posibilidad de densitometría ósea y del estado de crecimiento.

MISCELANEAS:

- a. Evaluación de dolor supuestamente esquelético
-