



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA
FACULTAD DE MEDICINA

**TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE ESPECIALISTA EN TECNOLOGÍA EN
MEDICINA NUCLEAR MOLECULAR.**

**Utilidad del PET CT con fluoruro de sodio ^{18}F -NaF en la evaluación de
metástasis Oseas**

AUTORA:

Jannina del Rocío Avalos Vigo

ASESORES:

Dr. Cesar Caldas Valdez

Dr. Paul Rubén Alfaro Fernández

LIMA - PERU

2018

ASESORES:

Médico especialista en Medicina Nuclear Cesar Caldas Valdez

Doctor en Medicina Paul Rubén Alfaro Fernández

DEDICATORIA:

El presente trabajo lo dedico a mi Familia, a mi amado esposo por su apoyo en el cuidado de nuestro hijo durante el desarrollo de mi segunda especialidad y a mi amado hijo Jesús David por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a Dios, por haber sido mi Guía y mi soporte durante toda esta etapa de mi formación académica.

FINANCIAMIENTO:

El presente trabajo fue autofinanciado.

DECLARACIÓN DEL AUTOR:

El presente trabajo es de mi autoría, se han seguido los lineamientos respectivos para respetar la ética en investigación, el cual será utilizado para obtener el título de Segunda especialidad.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	
INTRODUCCIÓN.....	10
OBJETIVO:	12
JUSTIFICACIÓN:	13
CUERPO	14
METÁSTASIS ÓSEA.....	14
1.1Epidemiología.....	14
1.2. Fluoruro de sodio (^{18}F -NaF).....	16
1.3 Producción del ^{18}F -NaF	19
1.4 Control de calidad	20
1.5 Farmacocinética del ^{18}F -NaF.....	23
1.6 Indicaciones clínicas aprobadas para estudios de PET CT ^{18}F -NaF	24
1.7 Uso clínico de ^{18}F -NaF: oncología.	24
1.8 Uso de ^{18}F -NaF en enfermedades benignas del esqueleto	24
1.9 Ventajas de los estudios de PET CT ^{18}F -NaF sobre los estudios convencionales de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP.	25
1.10. Dosimetría.....	27
2. CONCLUSIONES	30
3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
ANEXOS.....	35

RESUMEN

ANTECEDENTES: La medicina nuclear ha experimentado un avance espectacular, muy por encima de cualquier otra especialidad, sobre todo con la utilización de nuevos fármacos, los cuales son de mucha utilidad en la ayuda diagnóstica. La Tomografía por Emisión de Positrones (PET-CT) utilizando el Radiofármaco Fluoruro de Sodio con el ^{18}F -NaF es un procedimiento el cual se usa para determinar si el cáncer se diseminó hasta el hueso (metástasis ósea). Se administra vía intravenosa una dosis calculada por kilogramo de peso de ^{18}F -NaF. Luego de esperar en reposo una hora e hidratándose se realiza la exploración para obtener imágenes detalladas de los huesos. Cuando los huesos tienen metástasis ósea absorben más ^{18}F -NaF que los huesos normales

CONCLUSIONES: los estudios de fluoruro de sodio ^{18}F -NaF proporcionan una alternativa clínica superior para el escaneo óseo, con ventajas significativas sobre los escáneres óseos de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP (MDP: Ácido Metilendifosfónico) "convencionales"

Palabras claves: PET-CT, ^{18}F -NaF, Metástasis ósea.

INTRODUCCIÓN

La metástasis ósea: es una de las principales consecuencias de la gran mayoría de pacientes que padece algún tipo de cá

El fluoruro de sodio marcado con ^{18}F : es usado principalmente para la obtención de imágenes del hueso; fue introducido por primera vez en 1962 por Blau y colaboradores¹, fue utilizado con las primeras gammacámaras. Además, el ^{18}F -NaF es el primer radiofármaco aprobado para su uso por la FDA (“Food and Drug Administration”, Agencia Americana de “Administración de Alimentos y Medicamentos”) en el año 1972.

La utilización de ^{18}F -NaF tiene como finalidad detectar la presencia de metástasis en el hueso en pacientes ya diagnosticados de cáncer. El hueso normal se encuentra continuamente sufriendo un proceso de remodelación, manteniéndose un balance entre la actividad de los osteoblastos (actividad remodeladora o generadora de hueso nuevo) y la de los osteoclastos (actividad resortiva o destructora de hueso viejo).

PET CT con ^{18}F -NaF: La afección ósea metastásica es la neoplasia más tardía del sistema esquelético. El diagnóstico temprano de metástasis ósea es un paso importante en la gestión de la causa porque pueden causar serias complicaciones endocrinológicas, hematológicas, neurológicas y ortopédicas y dolor.

La metástasis tumoral en hueso, en opinión de Schirrmester, H., et al. (1999)² tiene lugar principalmente cuando las células tumorales alcanzan la médula ósea, lo que

¹ Blau, M.; Nagler, W. and Bender, M.A. (1972). “F-18. A new isotope for bone scanning”, J. Nucl. Med., 3, pp.332–334.

² Schirrmester, H., *et al.* (1999). “Early detection and accurate description of extent of metastatic bone disease in breast cancer with fluoride ion and positron emission tomography”. Journal of Clinical Oncology. 17: 2381-2389.

tiene como consecuencia cambios en la actividad osteoblástica y osteoclástica del hueso de alrededor, de modo que la actividad osteoblástica va a verse incrementada y podremos distinguir tres tipos de apariencias radiográficas del hueso metastásico: Lítico, esclerótico o mixto. La incidencia de metástasis ósea lítica, esclerótica o mixta es diferente en función del tipo de tumor. Cuando el crecimiento del hueso metastásico se produce de forma rápida y agresiva hablamos de apariencia lítica, mientras que si el crecimiento es menor y más lento decimos que es esclerótico. Además, es importante señalar que la apariencia esclerótica puede también ser signo de cura después de un tratamiento.

OBJETIVO:

El presente trabajo tiene como objetivo describir la utilidad del PET CT con ^{18}F -NaF en la metástasis ósea, siendo de gran ayuda en el manejo del tratamiento y seguimiento de los pacientes Oncológicos.

JUSTIFICACIÓN:

El presente trabajo nos permite conocer la utilidad de estos estudios con ^{18}F -NaF para la detección de tumores primarios y metástasis, así como para diferenciar lesiones malignas y benignas y también para poder valorar la respuesta terapéutica de las metástasis óseas del cáncer

CUERPO

1. METÁSTASIS ÓSEA

La metástasis ósea se produce cuando las células cancerosas se propagan desde su lugar original a un hueso.

Casi todos los tipos de cáncer pueden propagarse (hacer metástasis) a los huesos. Pero algunos tipos de cáncer son especialmente más propensos a propagarse, como el cáncer de mama y el cáncer de próstata.

La metástasis ósea puede producirse en cualquier hueso, pero ocurre con mayor frecuencia en la columna vertebral, en el Fémur y en la pelvis. Es posible que la metástasis ósea sea el primer signo de que tienes cáncer o puede aparecer años después del tratamiento oncológico.

La metástasis ósea puede provocar dolor y fracturas en los huesos. Con escasas excepciones, el cáncer que se diseminó a los huesos no tiene cura. Los tratamientos pueden ayudar a disminuir el dolor y otros síntomas de la metástasis ósea³.

1.1 Epidemiología

Considerando que el cáncer que se disemina a los huesos no tiene cura y uno de sus efectos son intensos dolores especialmente el deterioro óseo genera fracturas patológicas y si está es a nivel espinal pueden producir compresión neurológica severa. Podemos indicar que el cáncer de mama, pulmón y próstata son los más severos ya que el 80% de los casos termina en metástasis. El efecto placebo es el dado en el caso del cáncer pulmonar donde la esperanza de vida es en promedio 180

³ <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/bone-metastasis/symptoms-causes/syc-20370191>

días, en cambio el cáncer de mama y próstata es mayor. Éstas se originan en la diseminación por la vía sanguínea del componente celular maligno. Existe un compromiso de las vértebras en el orden del 70% y un 30% en huesos largos, de naturaleza diseminada.

La gran cantidad de lesiones óseas no requieren biopsia, pero si se encuentran lesiones únicas que no son habituales, requieren evaluaciones para descartar otras enfermedades.

Cabe la posibilidad de la detección temprana del cáncer evitándose el deterioro, agresividad de la morbilidad, acceso a las terapias sistémicas y el estado del enfermo. Al mostrarse radiográficamente una lesión a distancia que compromete la corteza del fémur o el húmero debe evitarse las fracturas patológicas y si ya la presenta debe atenderse mediante cirugía acompañado del tratamiento sistémico, evaluándolo constantemente, previniendo accidentes y mejorando la condición de vida de éstos. Las lesiones vertebrales acompañadas de compresión medular, representan inconveniente con resolución complicada, instalándose el tratamiento en función a la sintomatología, pudiendo ser únicamente paliativo, ésta superan el número a los tumores óseos primarios, asimismo en los pacientes que superan la cuarta década de vida, cualquier lesión tumoral ósea será considerada de inicio metastásica hasta confirmar su benignidad. Según estadísticas el 35% de las patologías oncológicas están asociadas a metástasis esqueléticas.

Un estudio realizado por Armed Forces Institute of Pathology determina que el 73% del cáncer de mama, 32% de pulmón, 24% del de riñón, 13% del de recto y 11% del de estómago muestran evidencias histológicas de diseminación ósea. La sintomatología clínica más común es dolor, fractura patológica y anemia en función

del hueso comprometido, las diseminaciones ubicadas en la región inferior de la rodilla y del codo, son poco frecuentes, presentando todos los síntomas explicados anteriormente, el caso es que si la lesión es de 25 mm de diámetro o se ha destruido el 50% o más del córtex en un hueso largo. Y son sometidos a terapia profiláctica de una inminente fractura, se aprecia disminución de la mortalidad quirúrgica, mínimas complicaciones, mejor respuesta para estabilizarse la rehabilitación es satisfactoria comparativamente con los intervenidos por fracturas patológicas.

El abordaje quirúrgico de la enfermedad con riesgo de fractura y de las fracturas patológicas se realiza a las personas con este problema para mejorar cualitativamente la vida, independientemente de la esperanza establecida, las lesiones metastásicas radio sensibles serán tratadas con radioterapia preoperatoria. El cáncer de la mama estila mezclar varios tratamientos quirúrgicos y no quirúrgicos, mientras que el pronóstico lo determina el estadio de la malignidad⁴.

1.2 Fluoruro de sodio (¹⁸F-NaF).

Desde 1962 el ¹⁸F-NaF se consideraba para visualización del metabolismo óseo, siendo aprobado por la FDA. La captación de Flúor depende del Flujo sanguíneo y también de la disponibilidad de hueso en la superficie estudiada, así pues, esto se debe a un reemplazo de los iones de hidroxilo o bicarbonato en la superficie de los cristales de hidroxiapatita por iones Flúor por medio de reacciones de quimisorción formando así Fluorapatita. El Flúor se une en la superficie de la capa del hueso (donde los procesos de remodelación son más intensos). Debido a esto es utilizado en el estudio de lesiones óseas blásticas o escleróticas como tumores primarios de mama y próstata entre otros o bien en patología metastásica esquelética

⁴ Manual de Buenas Practicas Radiofarmaceuticas. (1998). Montevideo, ARCAL XV: 12.

El radiofármaco que no fue captado en el hueso se elimina por la orina. El examen no requiere preparación, salvo una buena hidratación y no produce efectos adversos ni alergias. El periodo de semidesintegración del Flúor es de 109.7 minutos permite entre otras cosas estudiar como en las centellografías óseas de tres fases el Flujo vascular, así como la entrada del Flúor hacia el espacio extracelular del hueso. La National Cancer Institute, National Drug Application (NCI Y NDA) avala el uso de este radiofármaco en el campo de la oncología. La captación y biodistribución Fisiológica del radiofármaco es similar a la del ^{99m}Tc -MDP (MDP; ácido Metilendifosfónico) (radiofármaco convencional utilizado en gammagramas óseos). Además de estar indicado en entidades oncológicas cuando existe alto riesgo de diseminación por esqueleto axial y apendicular o bien con resultados normales e indeterminados por gammagrafía ósea, el estudio con PET-CT ^{18}F -NaF debe considerarse en pacientes con dolor óseo inexplicable, abuso infantil, osteomielitis, trauma, artritis degenerativa e inflamatoria, necrosis avascular, osteonecrosis mandibular, hiperplasia condilar y enfermedades metabólicas. La rápida captación por hueso y la rápida depuración por sistemas renales además de la resolución anatómica que es superior en equipos híbridos PET-CT sobre gammagramas y SPECT-CT, así como los altos niveles de sensibilidad y especificidad del 96% y 98% respectivamente convierten al ^{18}F -NaF un radiofármaco ideal para estudiar hoy en día a pacientes oncológicos y no oncológicos con patología en sistema esquelético.

^{18}F -NaF ha sido un radiofármaco aprobado para imágenes de áreas de actividad ontogénica alterada desde su aprobación inicial de la FDA en 1972. Sin embargo, durante varias décadas no se utilizó ampliamente el fluoruro de sodio ^{18}F -NaF,

debido en gran parte al uso generalizado de la gammagrafía ósea convencional utilizando radiofármacos de fosfato y fosfonato de ^{99m}Tc . En los últimos años se ha observado un resurgimiento del interés por el fluoruro de sodio ^{18}F -NaF como agente de formación de imágenes óseas, debido a la evidencia que indica la sensibilidad y especificidad superiores de la PET con ^{18}F -Sodium Fluoruro (NaF) en comparación con las exploraciones óseas de ^{99m}Tc -MDP convencionales. La reciente escasez mundial de ^{99m}Tc -MDP y la disponibilidad del fluoruro de sodio ^{18}F -NaF han aumentado el interés en el ^{18}F -Sodium Fluoruro (NaF) PET. El fluoruro de ^{18}F -Sodio (NaF) tiene varias características deseables como agente de formación de imágenes óseas, que incluyen:

- ❖ La absorción ósea es dos veces mayor y el aclaramiento de la sangre es mucho más rápido que ^{99m}Tc -MDP, ofreciendo relaciones superiores de hueso a fondo e imágenes de alto contraste dentro de los 45-60 minutos después de la inyección.
- ❖ Sensibilidad mejorada en comparación con la medicina nuclear tradicional SPECT o imágenes óseas planas, debido a la capacidad del fluoruro de sodio ^{18}F (NaF) para demostrar la variación en el metabolismo óseo, combinada con imágenes topográficas de alta resolución del escáner PET / CT.
- ❖ Las metástasis óseas se observan indirectamente, y la absorción depende de la reacción del esqueleto al tumor.
- ❖ Poca retención residual en los tejidos blandos y el parénquima renal.
- ❖ La deposición favorece los sitios de alto recambio óseo y remodelación.
- ❖ Dosis de radiación comparable a la gammagrafía ósea de ^{99m}Tc -MDP convencional.

1.3 Producción del ^{18}F -NaF

Este elemento posee características farmacocinéticas para el hueso. Se desintegra por el exceso de protones que tienen los núcleos del ^{18}F por decaimiento beta positivo " β^+ " y por captura electrónica "CE"), a medida que se desintegra por decaimiento radiactivo, se emite un positrón y un neutrino " ν " como se describe en la siguiente ecuación:).



Tiene un período de semidesintegración de 109.7 minutos. La energía de sus fotones que participan en la adquisición de imágenes es de 511 keV posterior a la recombinación.

Su aplicación la estableció Blau en los años 70, fue aprobado por la FDA y significó la masificación de su uso en los estudios óseos hasta después de 1970 cuando iniciaron a mostrarse los fármacos fosforados ligados a $^{99\text{m}}\text{Tc}$. [29].

Por mucho tiempo, en medicina nuclear, inclusive antes de la masificación de PET, el ^{18}F -NaF, fue el radiotrazador principal para evaluar el sistema óseo por tener elevada y precoz captación ósea además de breve aclaramiento sanguíneo, con una relación hueso/background muy sensible en el tiempo. Este radiofármaco se incorpora en la estructura ósea en 50%, por reacción con el Ion hidroxilo de la hidroxiapatita, los fluidos restantes son filtrados al fluido extracelular y eliminado por los riñones (20 %) a los 120 minutos, sin ligarse a las proteínas del plasma.

Este radiofármaco se obtiene del Plasma dependiendo de la perfusión ósea fisiológicamente establecida, lo que permite evaluar cuantitativamente el esqueleto

dinámicamente mediante PET. Hawkins planteó una modalidad con 04 parámetros del comportamiento de ^{18}F en el plasma; un compartimiento sin ligarse y otro ligado al hueso. Este proceso retrata la cinética del ^{18}F - plasmático: del compartimiento no ligado al hueso, seguido del intercambio iónico con el grupo hidroxilo de la hidroxiapatita para formar a fluorapatita (fracción ligada), siendo captado en el hueso en la proporción al flujo sanguíneo y la actividad metabólica.

Los aportes de Hawkins⁵ a este tratamiento con el PET de cuerpo entero fue publicado por Hoch⁶. El ^{18}F - (fluoruro), se produce en el ciclotrón irradiando agua enriquecida en O-18 (95 – 97%), según esta reacción nuclear: $^{18}\text{O} (\text{p}, \text{n}) ^{18}\text{F}$, irradiando brevemente, en seguida el agua irradiada se transfiere al módulo de recuperación con flujo de argón donde el ^{18}F - es retenido (98%) en el filtro de resina aniónica (QMA-ligh, Waters). Se aplica un filtro con aire eluyendo el ^{18}F con 0,3 mL de bicarbonato de sodio 0,5M.

En suma, este radiofármaco ^{18}F -NaF es diluido con 16 mL de suero fisiológico al 0,9%, luego es esterilizada mediante una membrana filtrante de 0,22 μm . Finalmente, lo obtenido tendrá una pureza radioquímica >95%, pH = 5-8, estéril con ausencia de pirógenos.

1.4 Control de calidad

Como parte de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)⁷ todo el proceso garantiza la calidad del producto.

⁵ Hawkins, E. (2003). Medicina Nuclear, ed. Buenos Aires: pp. 97-99.

⁶ Hoch (1983). Fluorine-18 chemistry and its application to positron emission tomography. Ed. Tower. N.Y. p. 412

⁷ Manual de Protocolos de Calidad de Radiofármacos. (1999) São Paulo, ARCAL XV: 10.

Este radiofármaco utilizado en las personas posee criterios de calidad que garantizan su pureza, integridad y eficacia.

Para el uso y aplicación de estos compuestos, se tiene que sopesar aspectos farmacéuticos y radiológicos. Las pruebas realizadas para su aplicación son las mismas que para cualquier producto farmacéutico convencional como ensayos específicos por tratarse de sustancias radioactivas.

❖ **Identificación de radionucleido**

A: su vida media - determinada mediante un sistema detector apropiado, se encuentra entre 105 y 115 minutos.⁸

B: identidad radioquímica – El tiempo de retención del pico principal en el cromatograma de la Solución de prueba se corresponde con el del pico principal en el cromatograma de la Solución estándar, según se obtienen en la prueba de Pureza radioquímica.

❖ **Pruebas de Endotoxinas Bacterianas** – No contiene más de 175/V Unidades USP de endotoxinas por ml de inyección en donde V es la dosis total máxima administrada, en ml, a la fecha de caducidad. También cumple con los requisitos de Control de Calidad en Radiofármacos para Tomografía por Emisión de Positrones.

❖ **Pruebas de Esterilidad** - Cumple con los requisitos.

❖ **pH** - entre 4.5 y 8.0

⁸ Americano: USP-41 (página N° 2036)

❖ **Pureza química** – Se debe controlar la presencia de ingredientes, reactivos y subproductos no etiquetados que sean específicos del proceso y tener en consideración sus efectos fisiológicos o farmacológicos potenciales.

❖ **Pureza radioquímica** –

Fase móvil – Preparar una solución filtrada y desgasificada de ácido sulfúrico 0,003 N en agua.

Soluciones estándar – Disolver en agua una cantidad de ER Fluoruro de Sodio USP pesada con exactitud y diluir cuantitativamente con agua y en diluciones sucesivas si fuera necesario para obtener una solución con una concentración conocida de aproximadamente 0,1 mg por ml.

Solución de prueba – Emplear la Inyección.

Sistema cromatográfico – Equipar un cromatógrafo de líquidos con un detector de flujo de rayos gamma, un detector de conductividad y una columna de 10mm x 25 cm rellena con material 1.31, de 10um. La velocidad de flujo es de aproximadamente 0.8 ml por minuto. Inyectar en el cromatógrafo la solución de prueba y registrar el cromatograma según se indica en el Procedimiento: la desviación estándar relativa para inyecciones repetidas no es más de 5%.

Procedimiento – Preparar una solución de la Solución de prueba y la Solución Estándar, inyectar aproximadamente 50ul de la solución combinada en el cromatógrafo, registrar los cromatogramas y medir las áreas de los picos radioactivos y no radioactivos (el volumen de inyección puede ajustarse para obtener una sensibilidad del sistema de detección adecuada) la radioactividad del pico principal no es menos del 95% de las radioactividad total medida y el tiempo

de retención de la Solución de prueba se corresponde con el tiempo de retención (aproximadamente 8 minutos) de la solución estándar.

- ❖ **Pureza radionucleídica** – empleando un espectrómetro de rayos gamma adecuado hacer el conteo de la alícuota apropiadas de infección durante un periodo de tiempo suficiente para obtener un espectro gamma. Analizar el espectro gamma resultante para identificar la presencia de fotopicos identificales que no son característicos de la emisión del ^{18}F no menos del 99,5% de las emisiones gamma observadas corresponden a 0,511 MeV 1,022 MeV o a los picos de dispersión Compton del ^{18}F .

1.5 Farmacocinética del ^{18}F -NaF

En 1962 se introdujo por primera vez el ^{18}F -Fluoruro de sodio como agente de imagen ósea. Administrado por vía intravenosa, el fluoruro de sodio se elimina del plasma y se une al hueso o se excreta por riñones. A los 60 minutos sólo el 10% de la dosis administrada permanece en el plasma. El ion fluoruro es intercambiado por un grupo hidroxilo de los cristales de hidroxiapatita en la matriz ósea. La absorción del fluoruro en las lesiones óseas malignas refleja el aumento del flujo sanguíneo regional y la resorción ósea. Sin embargo, debido a un aclaramiento sanguíneo más rápido y una permeabilidad capilar más alta, la captación de fluoruro en las metástasis óseas es significativamente mayor en comparación con la del hueso normal. La PET con ^{18}F -NaF es muy sensible a la detección de lesiones en hueso lítico y esclerótico.

1.6 Indicaciones clínicas aprobadas para estudios de PET CT 18F-NaF

El 7 de febrero de 2011 la CMS aprobó la realización de exploraciones óseas de ^{18}F -NaF PET / CT mediante el NOPR para los pacientes con cáncer conocido o sospechado. Se proporciona cobertura para las siguientes indicaciones de cáncer:

Las áreas clínicas en las que los estudios de PET / TC con ^{18}F -NaF ⁹ son valiosos incluyen: (1) Evaluación de la enfermedad ósea metastásica; (2) Estadificación inicial para pacientes con riesgo de metástasis óseas; (3) Situaciones en las que se requiere la exclusión de la enfermedad ósea antes del inicio de la terapia potencialmente curativa; (4) Seguir pacientes con metástasis óseas dominantes, evaluar la efectividad de la terapia sistémica y excluir nuevas metástasis en sitios anatómicos críticos.

1.7 Uso clínico de 18F-NaF: oncología.

Una de las primeras aplicaciones bien descritas de ^{18}F -NaF para el PET fue la imagen de los tumores óseos primarios. Usando proyecciones Tomográficas, lesiones esqueléticas tanto malignas como benignas fueron identificadas por PET con ^{18}F -NaF. Como en el cáncer de mama con metástasis esqueléticas múltiples se ha observado una mayor captación de fluoruro tanto en lesiones con características escleróticas en la TC y en lesiones líticas, pero no hay una aparente correlación entre la intensidad de captación y la cantidad de matriz ósea.

1.8 Uso de 18F-NaF en enfermedades benignas del esqueleto

La PET con fluoruro proporciona una medida no invasiva del recambio óseo se correlaciona con la histomorfometría ósea. Se ha demostrado el uso de PET ^{18}F -

⁹ Elsinga, P.H. Radiopharmaceutical chemistry for positron emission tomography. Methods 27, 208-217 (2002).

NaF cuantitativo en pacientes con osteodistrofia renal y enfermedad de Paget¹⁰, por ejemplo, en un estudio de 11 pacientes con osteodistrofia renal, la constante de velocidad calculada de la incorporación neta de ¹⁸F- flúor en el hueso fue similar cuando se calculó por un Modelo de 3 compartimientos o análisis de Patlak y correlacionado con marcadores séricos de recambio óseo (p. ej., fosfatasa alcalina) y nivel de PTH. La tasa de incorporación de flúor en hueso también correlacionado con histomorfometría índices de recambio óseo en biopsias de cresta ilíaca y fue mayor en pacientes con osteodistrofia de alto recambio que en pacientes con enfermedad ósea de baja rotación o en pacientes sanos¹¹. Aunque es útil como una herramienta de investigación para ayudar a mejorar la comprensión del metabolismo óseo, ¹⁸F -fluoruro PET no ha ingresado a la práctica clínica de rutina para el diagnóstico y evaluación de la enfermedad ósea metabólica u osteoporosis.

1.9 Ventajas de los estudios de PET CT 18F-NaF sobre los estudios convencionales de 99mTc-MDP.

El 2009, la División de Tratamiento y Detección del Cáncer de los Institutos Nacionales de Salud (NIH) en Bethesda, Maryland, (es el hospital más grande de los Estados Unidos dedicado por completo a la investigación clínica.) realizó una revisión sobre las imágenes PET de fluoruro de sodio ¹⁸F y su utilidad para evaluar las metástasis del cáncer a los huesos. Un resumen del informe señaló que las imágenes diagnósticas han jugado un papel importante en la evaluación de pacientes con metástasis óseas, y esta aplicación es el enfoque de la mayoría de la

¹⁰ Saha G B Fundamentals of Nuclear Pharmacy, 5. ed., New York, Springer: 144,151- 173, 2004.

¹¹ Phelps ME. Positron emission tomography provides molecular imaging of biological processes. Proc Natl Acad Sci 2000. USA, 97: 9226-9233

literatura publicada recientemente sobre el uso de PET con ^{18}F -fluoruro¹². Para la detección de metástasis óseas en pacientes con cáncer, las dosis generalmente oscilaron entre 8-12 mCi. En este rango de dosis, se obtiene una excelente calidad de imagen con una resolución espacial mayor que los Scan Óseos (escaneos óseos convencionales). Hay evidencia de que la PET con ^{18}F -fluoruro es más sensible y selectiva que la gammagrafía ósea convencional para el diagnóstico y la detección de metástasis óseas. El uso de una dosis baja de TC junto con ^{18}F -fluoruro PET mejora la sensibilidad y especificidad y mejora la capacidad de distinguir entre lesiones benignas y malignas. Debido a estas ventajas y los avances en costo-efectividad, se ha sugerido que la PET con ^{18}F -fluoruro reemplazará la exploración ósea convencional para la detección de metástasis óseas dentro de varios años.

Los estudios de PET /CT de fluoruro de sodio ^{18}F (NaF) tienen una serie de ventajas sobre los estudios convencionales de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP, que incluyen:

- ❖ Mayor precisión en la detección de metástasis tanto osteolíticas como osteoblásticas.
- ❖ Mayor diferenciación de lesiones benignas versus malignas
- ❖ Mayor sensibilidad sobre $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -scans.
- ❖ Aumento de la especificidad en escaneos $^{99\text{m}}\text{Tc}$
- ❖ Mayor resolución espacial y de contraste
- ❖ Fusión con información anatómica obtenida de CT integrado

¹² Hawkins, E. (2003). Medicina Nuclear, ed. Buenos Aires: pp. 97-99.

- ❖ Observación de 3 ejes y todo el cuerpo similar a los estudios con FDG PET
- ❖ El suministro no está restringido, como es el caso con ^{99m}Tc

Desde un punto de vista operativo, la finalización más rápida del escaneo de todo el cuerpo con fluoruro de ^{18}F -Sodio (NaF) PET / CT es importante, proporcionando una mayor comodidad y conveniencia para el paciente. Mientras que el tiempo de espera entre la inyección del radiofármaco y el escaneo real es de 45-60 minutos para el PET / TC con fluoruro de sodio ^{18}F (NaF), el tiempo de espera para un escaneo óseo convencional es de unas 3 horas. El tiempo de exploración real para la PET /CT de fluoruro de sodio ^{18}F (NaF) generalmente es de 15-20 minutos, en comparación con 45-60 minutos para la exploración ósea convencional.

1.10. Dosimetría

Varios factores afectan la dosis de radiación de ^{18}F en relación con la de los emisores de fotones individuales (como ^{99m}Tc). Con un positrón emisor como ^{18}F , la energía es entregada por el positrón mismo (energía media, 250 keV) y por los dos fotones de aniquilación de 511-keV, mientras que ^{99m}Tc emite uno sólo de 140 keV, así como electrones de conversión en baja abundancia¹³. Estas diferencias afectan la dosimetría interna relativa de ^{18}F y ^{99m}Tc . El positrón ^{18}F depositará esencialmente toda su energía cinética en el órgano fuente, mientras que las diferentes energías de los fotones de 511-keV y 140-keV resultan en diferentes patrones de dosis de radiación interna. El valor medio de los tejidos blandos las

¹³ Villanueva-Meyer, D., PET-CT: Principios generales, Galenus 01 www.galenusrevista.com/-Galenus-01.html, Consulta: 20/09/15.

capas para los fotones de 511 y 140 keV son de 7.3 y 4.6 cm, respectivamente, para que los fotones 511-keV puedan entregar sus energías a órganos distantes del órgano fuente, mientras que los fotones de 140 keV entregarán más de su energía a órganos cerca del órgano de origen.

Por otro lado, el periodo de semidesintegración del Flúor es de 109.7 minutos, en comparación con 6 horas para ^{99m}Tc , lo que lleva a un período de exposición más corto y, a su vez, a una reducción de la dosis de radiación para ^{18}F .

Con la consideración de todos estos factores, la dosimetría para la radiación de NaF marcado con ^{18}F y ^{99m}Tc -MDP fue calculado utilizando los datos proporcionados por los informes 53 y 80, respectivamente, de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) (28,29).

Las dosis efectivas por unidad de la actividad administrada para NaF marcado con ^{18}F y ^{99m}Tc -MDP se calcularon, al igual que la dosis de radiación a varios órganos individuales. También se enumeran las dosis absolutas para pacientes de diferentes tamaños por Kg de peso actividades de 2.11 y 7.40 MBq / kg para NaF marcado con ^{18}F y ^{99m}Tc -MDP, respectivamente. En la actividad prescrita administrada, la dosis efectiva para NaF marcado con ^{18}F y ^{99m}Tc -MDP son similares para la mayoría de los pacientes 4.0 y 3.0 mSv (miliSiervert, para equivalente de dosis), respectivamente, para un paciente de 70 kg.

Para pacientes que pesan menos de 20 kg, la dosis efectiva es relativamente menor con ^{99m}Tc -MDP (2,0 mSv) que con NaF marcado con ^{18}F (aproximadamente 3.5 mSv).

La dosis de la superficie ósea es más alta para ^{99m}Tc -MDP relativo al de NaF marcado con ^{18}F 32.6 y 5.9 mGy, miliGray, para dosis absorbida respectivamente,

para un paciente de 70 kg, mientras que la dosis a la pared de la vejiga es ligeramente más alta para la etiqueta ^{18}F NaF que para $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP (32.6 y 24.9 mGy, respectivamente, para un paciente de 70 kg).

Por lo tanto, hay poca diferencia en general en la dosis de radiación estimada para ^{18}F -etiquetado NaF PET y $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP de una gammagrafía.

2. CONCLUSIONES

- ❖ Los estudios de fluoruro de sodio ^{18}F -NaF proporciona una alternativa clínica superior para el escaneo óseo, con ventajas significativas sobre los escáneres óseos de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP "convencionales"
- ❖ Los estudios prospectivos deben ser implementados para establecer el rol y uso de ^{18}F -NaF PET- CT en metástasis óseas.
- ❖ El ^{18}F -NaF PET - CT tiene mayor sensibilidad y especificidad, además de los tiempos de captación y scán más cortos y dosis de radiación comparable a los estudios de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP.
- ❖ ^{18}F -NaF-PET-CT es capaz de evaluar la respuesta a la terapia con mayor precisión y detectar metástasis óseas ocultas en niveles de antígeno prostático más bajos cuando se compara con la gammagrafía ósea de cuerpo entero marcada con $^{99\text{m}}\text{Tc}$.
- ❖ Las gammagrafías óseas convencional serían reemplazadas por ^{18}F -NaF-PET / CT en la evaluación de la enfermedad ósea metastásica donde los escáneres PET / CT estén disponibles.
- ❖ ^{18}F -NaF es importante en el estudio de tumores óseos, en la tipificación ósea del Cáncer de Próstata y Cáncer de mama y Otras neoplasias con metástasis óseas blásticas
- ❖ Una de las más importantes ventajas que presenta el ^{18}F -NaF es que presenta avidéz sólo por el tejido óseo, proporcional a la actividad osteoblástica o formadora de hueso, uniéndose a los cristales de hidroxiapatita en la matriz.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Blau, M.; Nagler, W. and Bender, M.A., “F-18. A new isotope for bone scanning”, *J. Nucl. Med.*, 3, pp.332–334 (1962).
- 2.-Elsinga, P.H. Radiopharmaceutical chemistry for positron emission tomography. *Methods* 27, 208-217 (2002).
- 3.-Even-Sapir E, Metser U, Flusser G, et al. Assessment of malignant skeletal disease with 18F-fluoride PET/CT. *J Nucl Med.* 2004;45:272–278. (Rev Mex Ortop Traum 2002; 16(2): Mar.-Abr: 51-55)
- 4.-Hawkins RA, Choi Y, Huang SC, et al. Evaluation of skeletal kinetics of fluorine 18-fluoride ion and PET. *J Nucl Med.* 1992;33:633–642.
- 5.-Iagaru A, Mitra E, Yaghoubi SS, et al. Novel strategy for a cocktail 18F-fluoride and 18F-FDG PET/CT scan for evaluation of malignancy: results of the pilotphase study. *J Nucl Med.* 2009; 50:501–505
- 6.-Iagaru A, Mitra E, Dick DW, Gambhir SS. Prospective evaluation of 99mTc MDP scintigraphy, 18F NaF PET/CT, and 18F FDG PET/CT for detection of skeletal metastases. *Mol Imaging Biol.* 2012; 14:252–259.
- 7.-Jadvar H. Molecular imaging of prostate cancer with 18F-fluorodeoxyglucose PET. *Nat Rev Urol.* 2009;6:317–323.
- 8.-Langsteger W, Rezaee A, Pirich C, Beheshti M. 18F-NaF-PET/CT and 99mTc-MDP bone scintigraphy in the detection of bone metastases in prostate cancer. *Semin Nucl Med.* 2016; 46:491–501
- 9.-Lin FI, Rao JE, Mitra ES, et al. Prospective comparison of combined 18F-FDG and 18F-NaF PET/CT vs. 18F-FDG PET/CT imaging for detection of malignancy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2012; 39:262–270.
- 10.-Lin FI, Rao JE, Mitra ES, et al. Prospective comparison of combined 18F-FDG and 18F-NaF PET/CT vs. 18F-FDG PET/CT imaging for detection of malignancy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2012; 39:262–270.
- 11.-Manual de Protocolos de Calidad de Radiofármacos, São Paulo, ARCAL XV: 10, 1999.
- 12.-Manual de Buenas Practicas Radiofarmaceuticas, Montevideo, ARCAL XV: 12, 1998.
- 13.-Meirelles GS, Schoder H, Ravizzini GC, et al. Prognostic value of baseline [18F] fluorodeoxyglucose positron emission tomography and 99mTc-MDP bone scan in progressing metastatic prostate cancer. *Clin Cancer Res.* 2010;16: 6093–6099.

- 14.-Minamimoto R, Mosci C, Jamali M, et al. Semiquantitative analysis of the biodistribution of the combined ¹⁸F-NaF and ¹⁸F-FDG administration for PET/ CT imaging. *J Nucl Med.* 2015; 56:688–694.
- 15.-Mosavi F, Johansson S, Sandberg DT, Turesson I, Sorensen J, Ahlstrom H. Whole-body diffusion-weighted MRI compared with ¹⁸F-NaF PET/CT for detection of bone metastases in patients with high-risk prostate carcinoma. *AJR.* 2012; 199:1114–1120.
- 16.-Phelps ME. Positron emission tomography provides molecular imaging of biological processes. *Proc Natl Acad Sci* 2000. USA, 97: 9226-9233.
- 17.-Quirce R, Martínez-Rodríguez I, Banzo I, Jiménez-Bonilla J, Martínez-Amador N, Ibáñez-Bravo S, et al. New insight of functional molecular imaging into the atheroma biology: ¹⁸F-NaF and ¹⁸F-FDG in symptomatic and asymptomatic carotid plaques after recent CVA. Preliminary results. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016; 36:499–503.
- 18.-Richmond K, McLean N, Rold T, Szczodroski A, Dresser T, Hoffman T. Optimizing a F-18 NaF and FDG cocktail as a preclinical cancer screening tool for molecular imaging [abstract]. *J Nucl Med.* 2011;52(suppl 1):2455.
- 19.-Thrall JH, Ziessman HA. *Medicina Nuclear*, 2ª ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan: 57-59, 2003.
- 20.-Schirrmester, H., *et al* “Sensitivity in detecting osseous lesions depends on anatomic localization: planar bone scintigraphy versus ¹⁸F PET” *Journal of Nuclear Medicine* 1999; 40:1623-1629.
- 21.-Schirrmester, H., *et al* “Early detection and accurate description of extent of metastatic bone disease in breast cancer with fluoride ion and positron emission tomography”. *Journal of Clinical Oncology.* 1999; 17: 2381-2389.
- 22.-Schirrmester, H., *et al* “Prospective evaluation of the clinical value of planar bone scans, SPECT, and ¹⁸F-labeled NaF PET in newly diagnosed lung cancer”. *Journal of Nuclear Medicine.* 2001; 42: 1800-1804.
- 23.-Saha G B *Fundamentals of Nuclear Pharmacy*, 5. ed., New York, Springer: 144,151- 173, 2004.
- 24.-Villanueva-Meyer, D., PET-CT: Principios generales, Galenus 01 www.galenusrevista.com/-Galenus-01.html, Consulta: 20/09/15
- 25.-Wolf, A. P. Fluorine-18 chemistry and its application to positron emission tomography. *J. Fluorine Chem.* 23(5), 412 (1983).

- 26.-Yoon SH, Kim KS, Kang SY, et al. Usefulness of 18F-fluoride PET/CT in breast cancer patients with osteosclerotic bone metastases. *Nucl Med Mol Imaging*. 2013; 47:27–35.
- 27.- Lin FI, Rao JE, Mittra ES, et al. Prospective comparison of combined 18F-FD and 18F-NaF PET/CT vs. 18F-FDG PET/CT imaging for detection of malignancy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2012; 39:262Y270.
- 28.- Even-Sapir E, Metser U, Mishani E, et al. The detection of bone metastases in patients with high-risk prostate cancer: 99mTc-MDP planar bone scintigraphy, single- and multi-field-of-view SPECT, 18F-fluoride PET, and 18F-fluoride. PET/CT. *J Nucl Med*. 2006; 47:287Y297.
- 29.- Cook GJR. Combined 18F-fluoride and 18F-FDG PET/CT scanning for evaluation of malignancy: results of an international multicenter trial. *J Nucl Med*. 2013; 54:173Y175.
- 30.- G.M. Blake, SJ. Park-Holohan, GJ. Cook, I. Fogelman, Quantitative studies of bone with the use of F18-Fluoride and Tc99m-methylenediphosphanate, *Semin. Nucl.Med*.1(2001)28–49.
- 31.- N. Damle, C. Bal, G. Bandopadhyaya, L. Kumar, P. Kumar, A.Malhotra,etal., Role of 18F-fluoride PET/CT in the detection of bone metastases in breast cancer patients (abstract), *J.Nucl.Med*.48(Suppl.2) (2007)142P.
- 32.- P. Bhargava, M. Hanif, C. Nash, Whole-body F-18 sodium fluoride PET-CT in a patient with renal cell carcinoma, *Clin.Nucl.Med*.33(2008)894–895.
- 33.- Hetzel M, Arslan demir C, König HH, et al. F-18 NaF PET for detection of bone metastases in lung cancer: accuracy, cost-effectiveness, and impact on patient management. *J Bone Miner Res* 2003; 18 (12): 2206 – 2214.
- 34.- Drubach LA, Sapp MV, Laffin S, Kleinman PK. Fluorine-18 NaF PET imaging of child abuse. *Pediatr Radiol* 2008; 38 (7): 776 – 779.
- 35.- Hillner BE, Siegel BA, Hanna L, Duan F, Shields AF, Coleman RE. Impact of 18F-fluoride PET in patients with known prostate cancer: initial results from the National Oncologic PET Registry. *J Nucl Med* 2014; 55: 571-581.
- 36.- LEY N° 28028 Ley de Regulación del Uso de Fuentes de Radiación Ionizante.
- 37.- Decreto Supremo N° 021-2018-SA Reglamento para Registro, Control y Vigilancia Sanitaria de Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Productos Sanitarios
- 38.- Americano: USP-41 (página N° 2036)

- 39.- Decreto Supremo N° 014-2011-SA Reglamento de Establecimientos Farmacéuticos.
- 40.- DS N° 021-2018 SA Manual de Buenas Prácticas de Manufactura de Productos Farmacéuticos MINSA.
- 41.- Norma para la Elaboración de Documentos Normativos del Ministerio de Salud. Resolución Ministerial N° 850-2016/MINSA.
- 42.- Ley N° 29459, Ley de los Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Sanitarios.
- 43.- Ley General de Salud. Ley N° 26842. Lima (1997).

ANEXOS

PET and prostate cancer

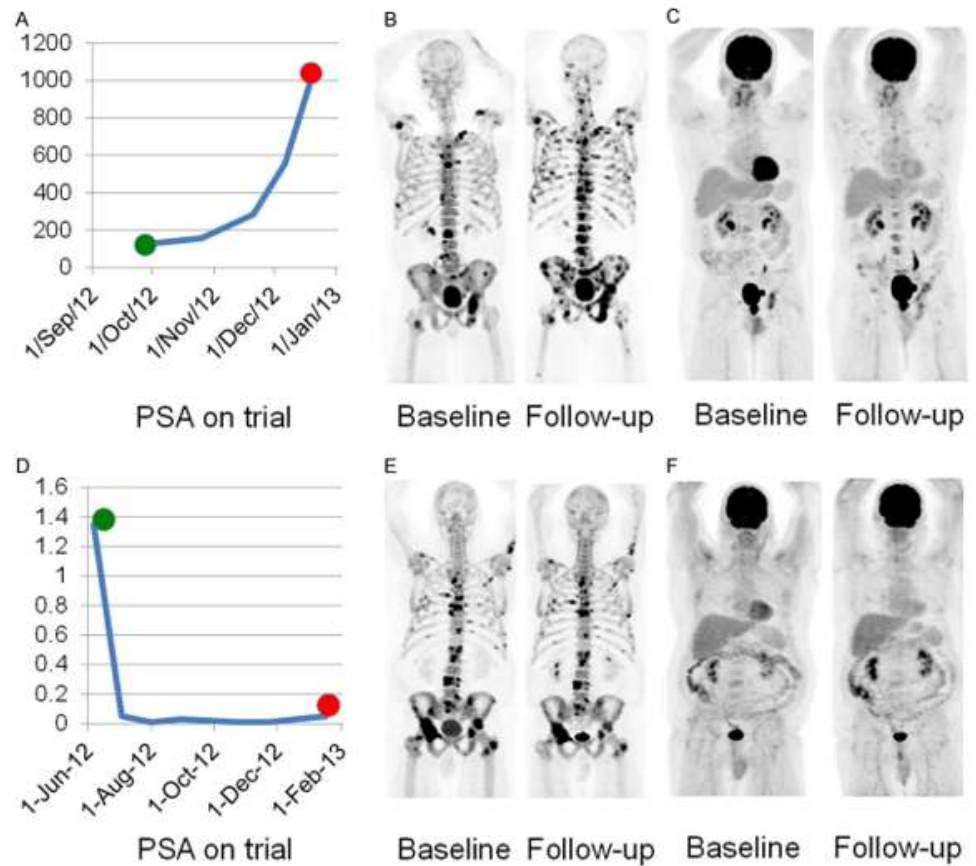


Fig.1 tomado de www.ajnmami.us /ISSN:2160-8407/ajnmami0002215

Cambio en PSA (A), 18F-NaF-PET / CT (B) y 18F-FDG-PET / CT (C) al inicio y 8 semanas de seguimiento en un hombre con mCRPC y 18F-NaF-ávido generalizado y 18F -FDG-avid enfermedad que permaneció en el ensayo durante 53 días; Cambio en PSA (D), 18F-NaF-PET / CT (E) y 18F-FDG-PET / CT (F) al inicio y 8 semanas de seguimiento en un hombre con mCRPC, generalizado 18F-NaF-ávido y no -18F-FDG-avid enfermedad que permaneció en prueba durante 225 días

PET and prostate cancer

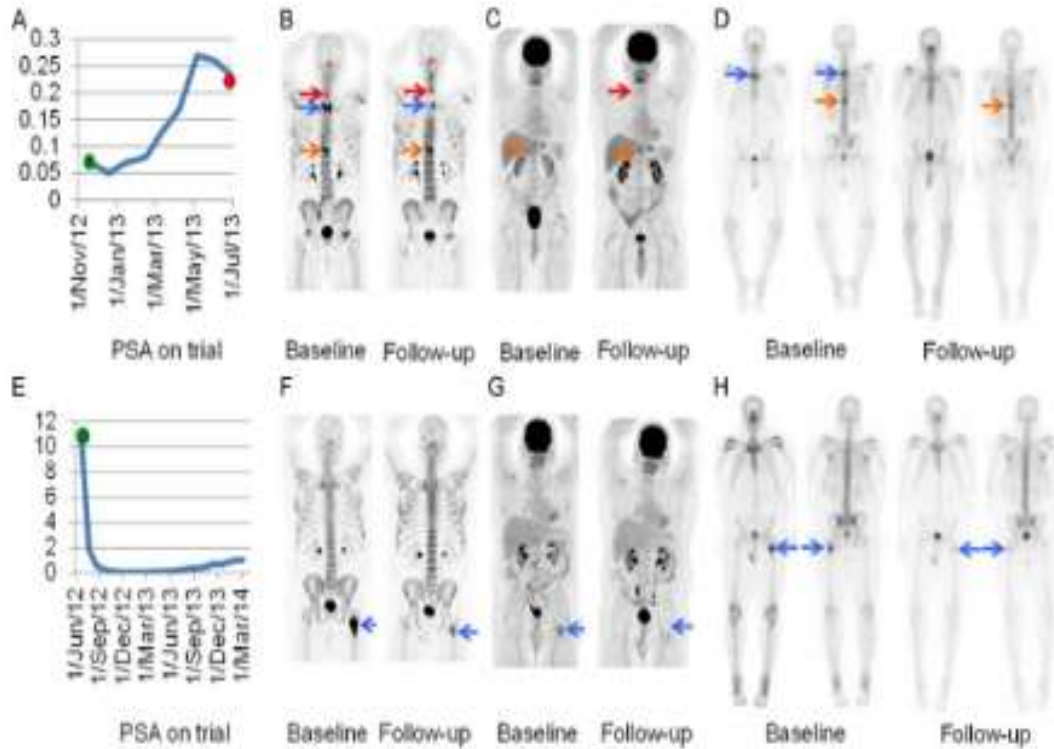


Fig.2 Tomado de Am J Nucl Med Mol Imaging 2015;5(1):72-82
www.ajnmml.us /ISSN:2160-8407/ajnmml0002215

Cambio en el PSA (A), 18F-NaF-PET / CT (B), 18F-FDG-PET / CT (C) y 99mTc-MDP gammagrafía ósea (D) al inicio y 8 semanas de seguimiento en un hombre con referencia enfermedad oligometastásica 18F-FDG-ávid, progresión de la enfermedad metabólica en 18F-FDG-PET / CT, cambio mixto en 18F-NaF-PET / CT y respuesta en 99mTc-MDP gammagrafía ósea después de radiación de T1 a T4 antes de inscribirse en la prueba. Es de destacar que la gammagrafía ósea de 99mTc-MDP realizada después de 6 meses de tratamiento (no se muestra) sugirió empeoramiento de la enfermedad similar a la 18F-FDG-PET / CT realizada a las 8 semanas. Las flechas rojas, azules y naranjas representan las lesiones C7, T2 y T10. Cambio en PSA (E), 18F-NaF-PET / CT (F), 18F-FDG-PET / CT (G) y 99mTc-MDP gammagrafía ósea (H) al inicio y 8 semanas de seguimiento en un hombre con referencia enfermedad oligometastásica 18F-FDG-ávid y respuesta a la enfermedad metabólica en 18F-FDG-PET / CT, 18F-NaF-PET / CT y 99mTc-MDP gammagrafía ósea después de la radiación a la lesión femoral izquierda (flecha azul) antes de inscribirse en la prueba.

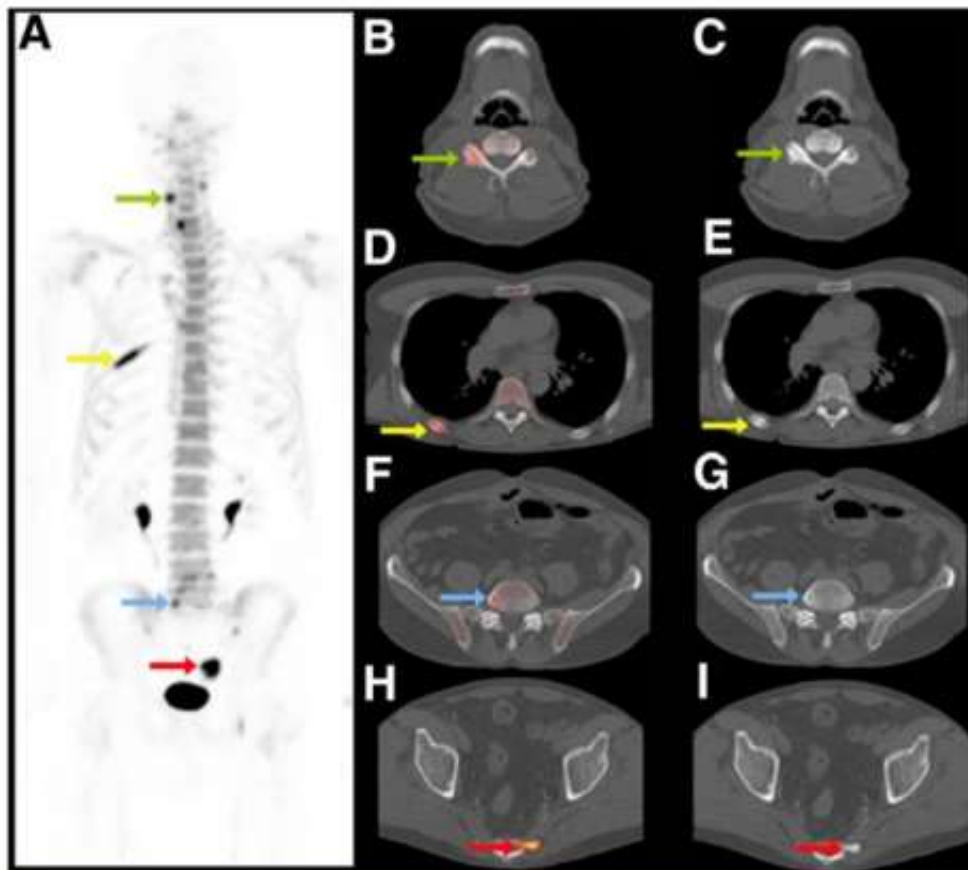


Fig.3 Tomado de J Nucl Med. 2010 Dec; 51(12): 1826–1829

Imagen de PET con proyección de intensidad máxima (A) y PET / TC axial seleccionada (B, D, F, H) y CT (C, E, G, I) imágenes de ^{18}F -NaF PET / TC de 63-y- anciano con cáncer de próstata. Se puede observar una mayor captación de ^{18}F -NaF en cambios benignos de la articulación facetaria cervical derecha (flecha verde en A, B y C), fractura costal curativa (flecha amarilla en A, D y E), quiste óseo vertebral lumbar benigno (azul flecha en A, F y G), y metástasis blástica en el sacro (flecha roja en A, H e I). El valor adicional de la TC para caracterizar la captación focal aumentada del marcador es evidente

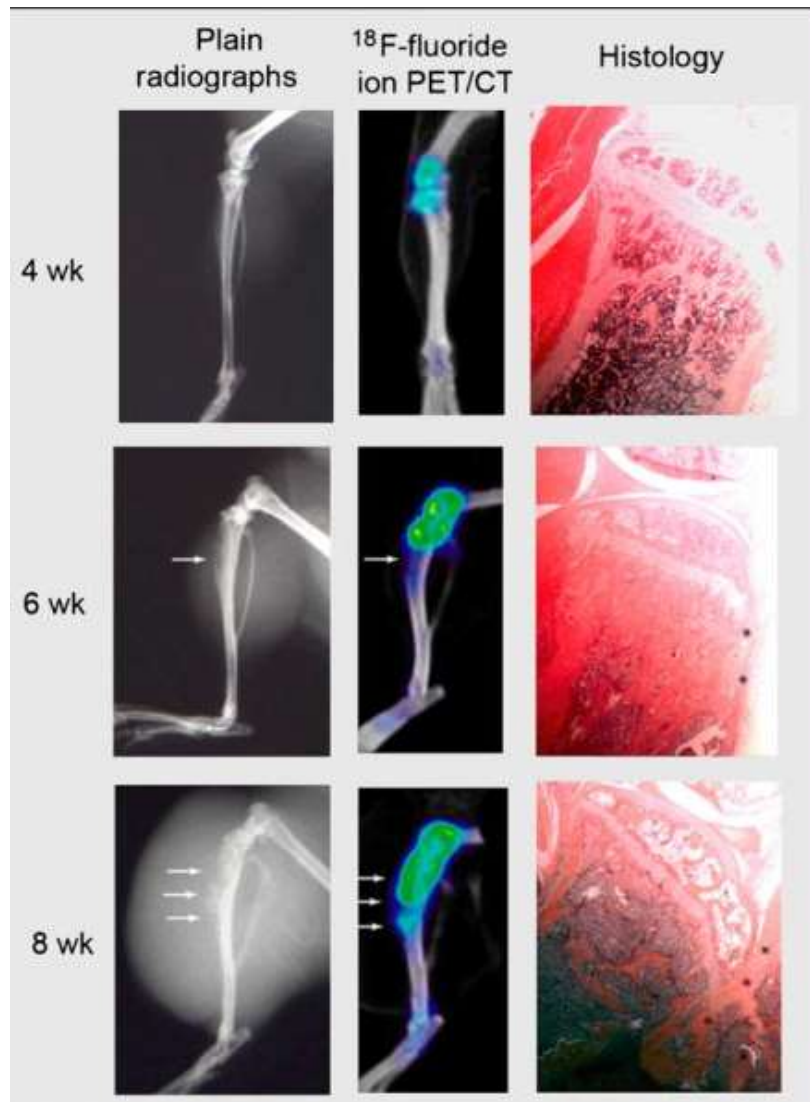


Fig. 4 Tomado de J Nucl Med. 2010 Dec; 51(12): 1826–1829.

Radiografías (izquierda), ^{18}F -NaF PET / TC (centro) y fotomicrografías de la muestra histológica (derecha). Las imágenes PET / CT revelan lesiones osteoblásticas más temprano (4 semanas) que la radiografía (las flechas indican lesiones óseas). El aumento de la captación de ^{18}F -NaF con el tiempo corresponde a una mayor formación ósea observada en la histología (asteriscos).

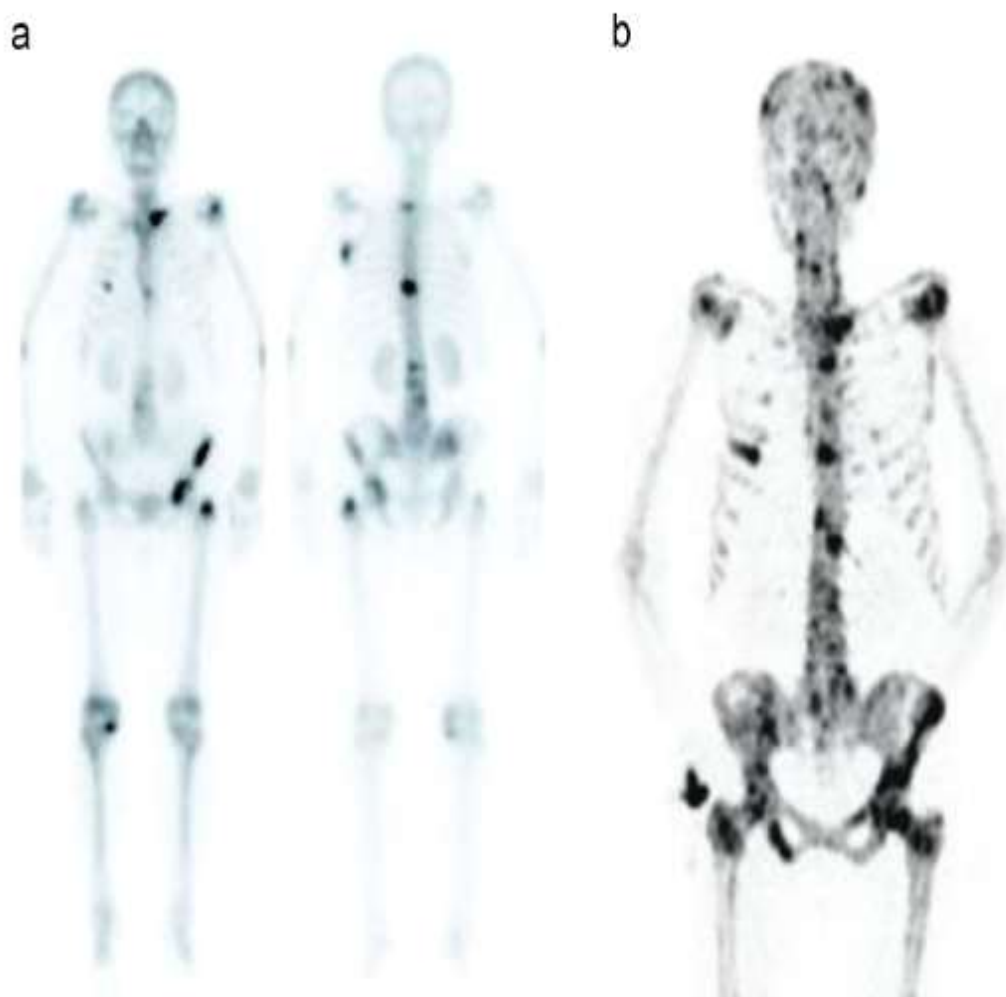


Fig.5: Tomado de M. Arazetal./JournalofBoneOncology4 (2015)92–97

Demonstración de un número mayor de lesiones en 18F-NaF PET / CT (b) comparado con un estudio de gamma ósea con 99mTc-MDP (a)

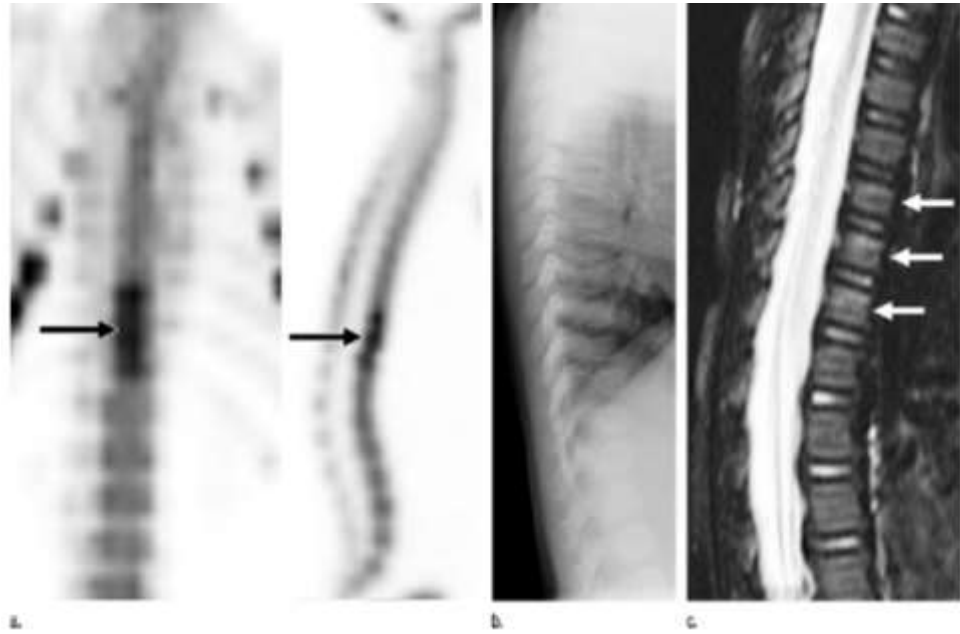


Fig. 6 Tomado *de Radiology*: Volume 255: Number 1—April 2010
radiology.rsna.org

Imágenes obtenidas en niños de 10 meses. (a) proyección de máxima intensidad anterior (izquierda) y lateral (derecha) 18 imágenes de PET de ^{18}F -NaF muestran aumento de la intensidad De la captación (flechas) en los cuerpos vertebrales torácicos: noveno, décimo y undécimo. (b) La radiografía lateral de la columna vertebral no muestra ninguna anomalía definida. (c) Imagen de RM sagital potenciada en T2 de la columna vertebral obtenida después de ^{18}F -NaF PET muestra una intensidad de señal de fluido aumentada (flechas) en la cara superior de los cuerpos vertebrales torácico noveno, décimo y undécimo, con pérdida mínima de la altura vertebral que se correlaciona con los hallazgos de ^{18}F -NaF PET.

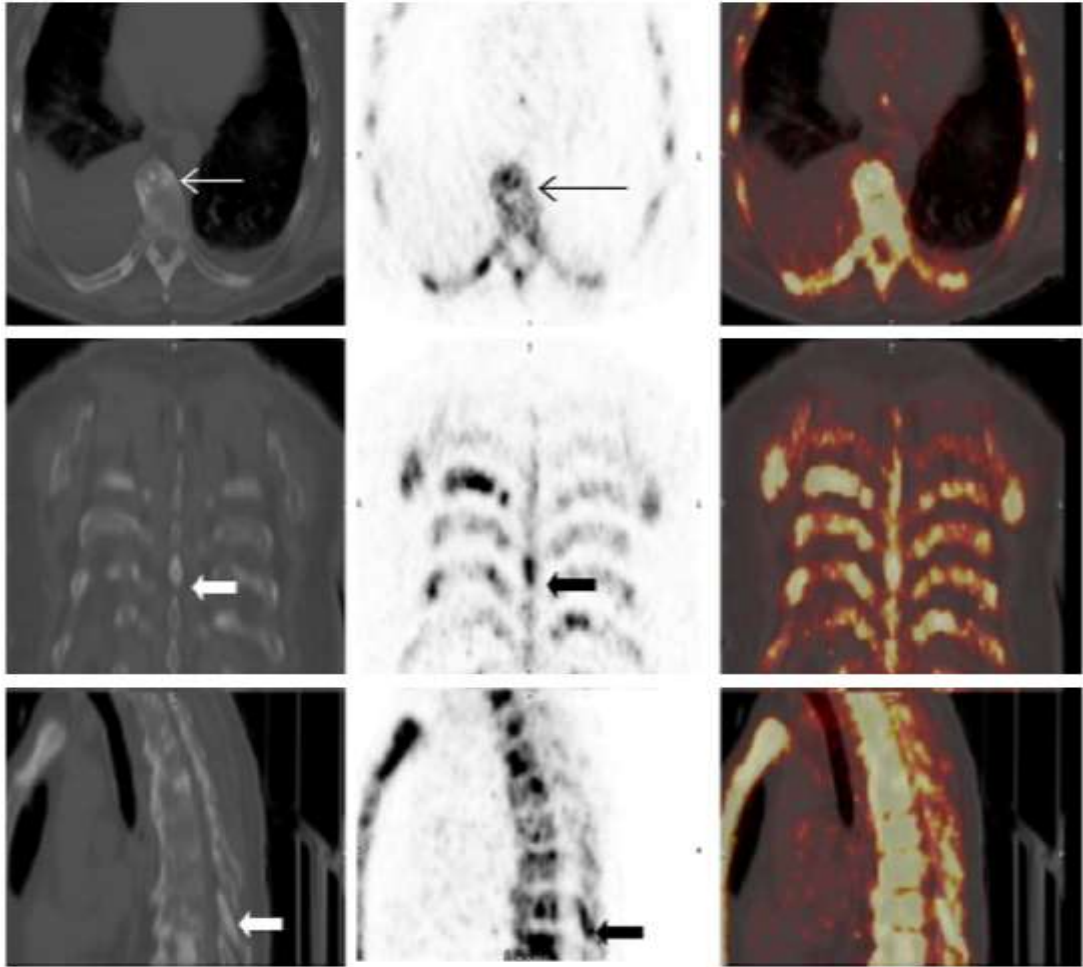


Fig. 7: Tomado de [Am J Nucl Med Mol Imaging](http://www.ajnmml.us) 2015;5(2):162-168
www.ajnmml.us/ISSN:2160-8407/ajnmml0002089

Varón de un año con CRPC (cáncer de próstata resistente a Castrate). Imágenes ^{18}F -NaF PET / CT de la columna dorsal superior. CT (izquierda), PET (medio) y imágenes fusionadas de PET / CT (derecha) en vistas axial, coronal y sagital. Se observa un aumento prominente en la lesión metastásica del proceso espinoso en las imágenes de PET (flecha negra gruesa); Las imágenes de TC muestran una lesión esclerótica en la apófisis espinosa. (Flecha blanca gruesa). También se observa un aumento en la captación (flecha negra delgada) en una vértebra torácica que corresponde a un osteofito en las imágenes de CT (flecha blanca delgada). La intensidad de captación en el osteofito es mucho menor en comparación con la captación observada en la apófisis espinosa.

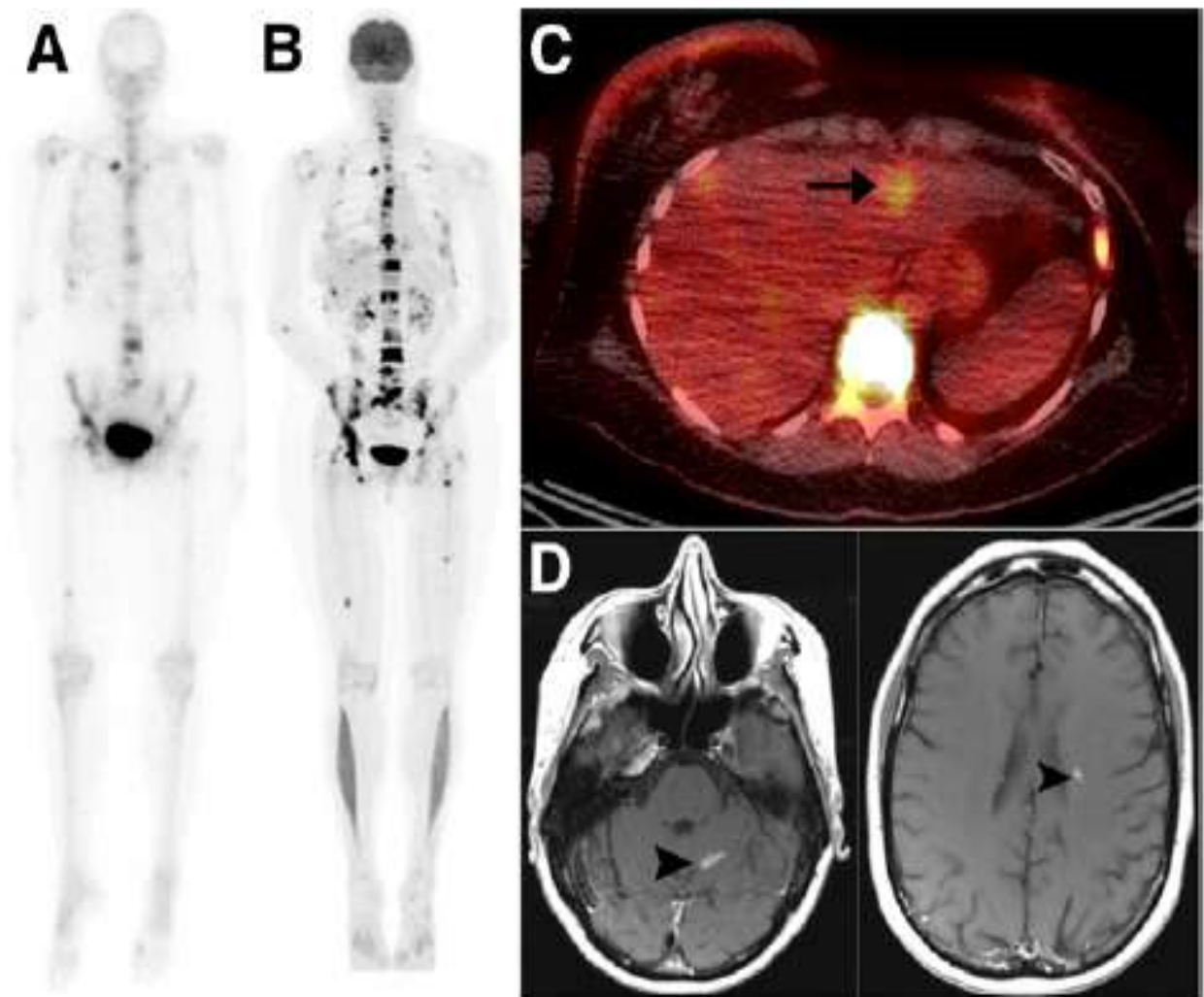


Fig. 8: Tomado de jnm.snmjournals.org by SNM headquarters on December 10, 2015

Una mujer de 49 años con cáncer de mama. (A) Planar todo el cuerpo vista anterior del escáner óseo ^{99m}Tc -MDP y (B) proyección de intensidad máxima. Las imágenes PET ^{18}F - / ^{18}F -FDG muestran metástasis óseas múltiples, más conspicuo en PET. (C) El escáner PET / CT fusionado transaxial demuestra metástasis hepática (flecha). (D) Las metástasis cerebrales se identifican en imágenes de RM potenciadas en contraste potenciadas en T1 (puntas de flecha). Éstas eran no visto en ^{18}F - / ^{18}F -FDG PET / CT.

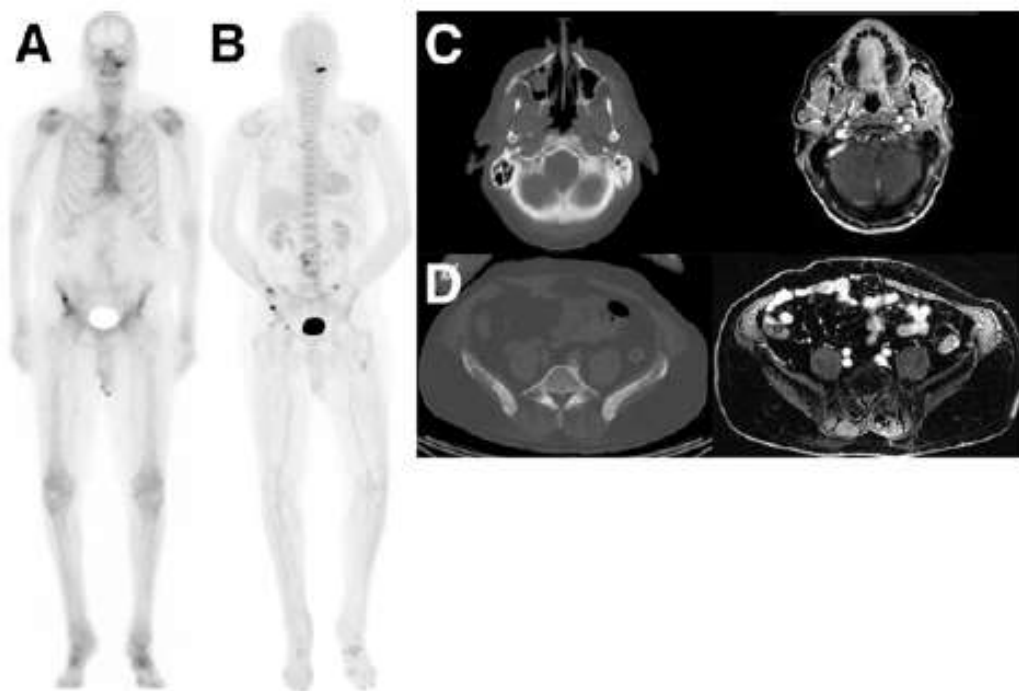


Fig. 9: Tomado de jnm.snmjournals.org by SNM headquarters on December 10, 2015

Un hombre de 70 años con cáncer de próstata. (A y B) Planar vista anterior de todo el cuerpo a partir de gammagrafía ósea ^{99m}Tc -MDP (A) y máxima intensidad-Proyección Las imágenes PET ^{18}F - / ^{18}F -FDG (B) muestran metástasis óseas en la base del cráneo y el hueso ilíaco derecho, más notorio en la PET. (C) Cráneo la lesión de base no se identificó prospectivamente en la TC o con contraste T1-Ponderada MRI. (D) La lesión ósea ilíaca derecha no se identificó prospectivamente CT o MRI ponderada en T1 con contraste.

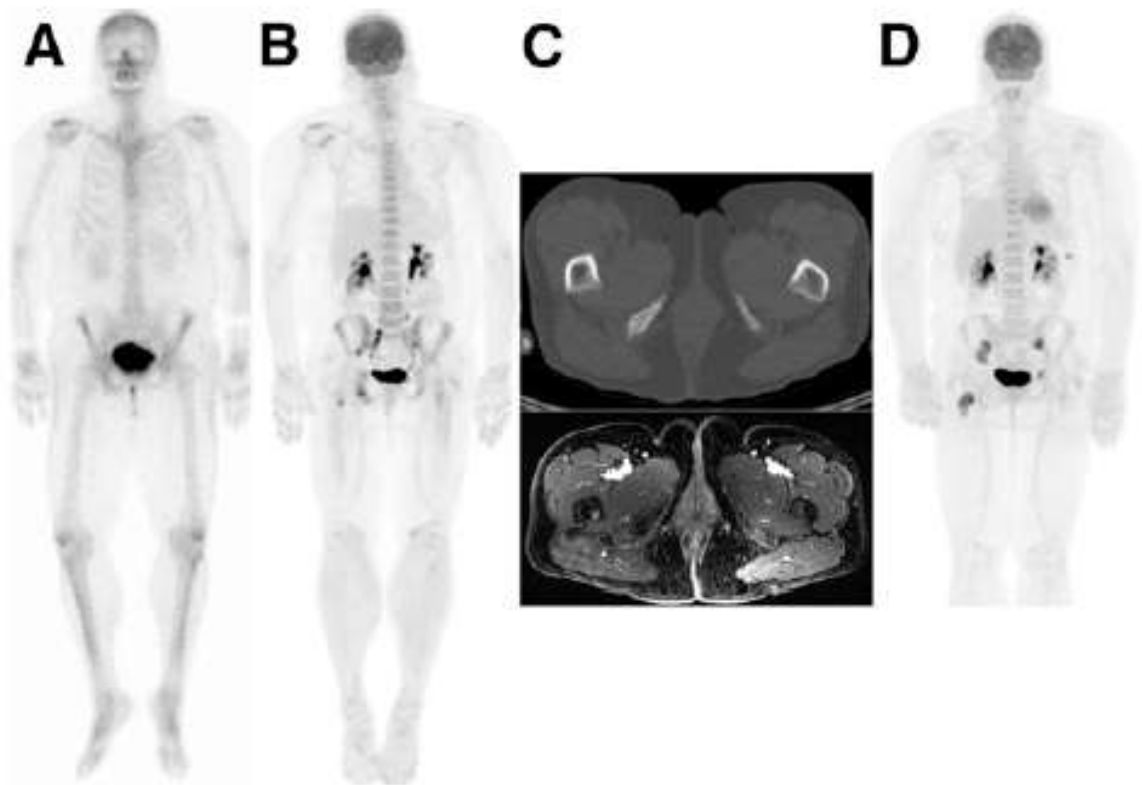


Fig.10 Tomado de jnm.snmjournals.org by SNM headquarters on December 10, 2015

Una mujer de 53 años con cáncer de mama. (A y B) Planar la vista anterior de todo el cuerpo a partir de la gammagrafía ósea de ^{99m}Tc -MDP (A) es negativa para metástasis óseas, mientras que la proyección de máxima intensidad ^{18}F - / ^{18}F -FDG Las imágenes PET (B) muestran metástasis óseas en múltiples ubicaciones, que incluyen fémur derecho (C) La metástasis del fémur derecho proximal no se identificó prospectivamente en CT o MRI ponderada en T1 con contraste. (D) máxima intensidad proyección del seguimiento ^{18}F - / ^{18}F -FDG PET realizado 6 meses después demuestra la progresión de metástasis óseas, incluso en el fémur derecho.

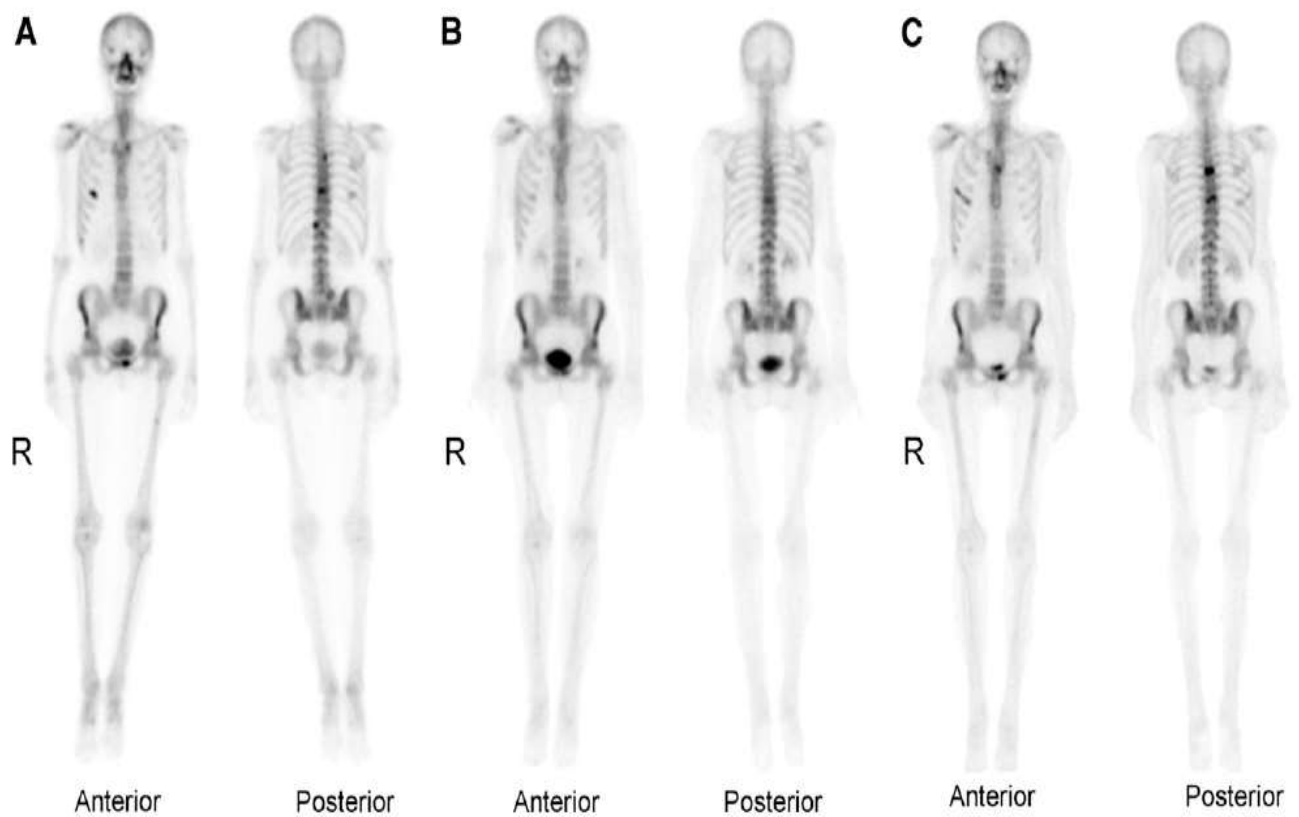


Fig. 11: Tomado de jnm.snmjournals.org by on February 21, 2016.
Metástasis óseas de cáncer de mama identificadas en la proyección ósea de todo el cuerpo de proyección anterior y posterior en costillas, columna vertebral, pelvis y eje izquierdo del fémur (A). El tratamiento con denosumab produce una casi normalización de los hallazgos de la exploración (B), aunque con un aumento continuo del tumor marcador CA15-3. Tres meses después del tratamiento, la gammagrafía ósea identifica de nuevo la progresión aparente de la enfermedad (C).

GLOSARIO DE TERMINOS

- ❖ MDP: Acido Metilendifosfónico
- ❖ FDG: 2-fluoro-2-desoxi-D-glucosa
- ❖ FDA: Food and Drug Administration
- ❖ mSv : Milisiervert
- ❖ NCI: National Cáncer Institute
- ❖ NDA: National Drug Application
- ❖ ^{18}F –NaF: Fluoruro de Sodio
- ❖ USP: United States Pharmacopeia
- ❖ ICRP: Comisión Internacional de Protección Radiológica