Universidad Abierta Interamericana

Facultad de Medicina y Ciencias de Salud.

Lic. En producción de Bioimágenes

Aportes de la Medicina Nuclear en la detección del secundarismo óseo de cáncer de próstata

Candela Vanegas

2024

RESUMEN

La finalidad de este escrito es dar a conocer los aportes de la Medicina Nuclear para el diagnóstico en secundarismo óseo de cáncer de próstata en pacientes tratados previamente en radioterapia. Asimismo, dar a conocer el procedimiento que se realiza para llegar a un diagnóstico, medidas de radioprotección en el servicio y brindar información específica destinada a los médicos justificantes de dicha orden para evitar exponer al paciente a un procedimiento evitable.

Palabras clave: Medicina Nuclear – Radioterapia – Cáncer de próstata – Concientización – Tratamiento - Justificación

ABSTRACT

The purpose of this paper is to make known the contributions of Nuclear Medicine for the diagnosis of prostate cancer secondary to bone cancer in patients previously treated with radiotherapy. Likewise, to make known the procedure performed to reach a diagnosis, radioprotection measures in the service and to provide specific information for the physicians who justify such an order to avoid exposing the patient to an avoidable procedure.

Keywords: Nuclear Medicine - Radiotherapy - Prostate Cancer - Awareness - Treatment - Nuclear Medicine - Prostate Cancer – Treatment - Justification

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, pilares incondicionales de apoyo, tanto económica como emocionalmente.

A mi novio y amigos, por su amor y apoyo incondicional.

A mis profesores y colegas, por compartir su sabiduría y experiencia.

A mi tutor de tesis, por su paciencia y dedicación.

A todos ellos, ¡Gracias!

ÍNDICE

RESUMEN 2
ABSTRACT 2
AGRADECIMIENTOS 3
INTRODUCCIÓN 8
PROBLEMATICA 9
HIPÓTESIS 9
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS 9
ESTADO DEL ARTE 10
JUSTIFICACIÓN 11
MARCO TEÓRICO 12
Cáncer: origen, definición y clasificación 12
Detección del cáncer 14
Sintomatología del cáncer de próstata 14
Estadios y grados del cáncer de próstata 15
Parámetros clínicos para historial del paciente 16
Anatomia referencial 18
MEDICINA NUCLEAR 19
¿Que es la medicina nuclear (mn)? 19
Radiofármaco 19
Clasificación de los radiofármacos 20
Imágenes obtenidas en mn y administración del radiofármaco 20
Propiedades físico-químicas de los radioisótopos, aplicado a mn. 21
Detección temprana en lesiones óseas como secundarismo óseo del cáncer de próstata 22
CENTELLOGRAMA ÓSEO 22
Protocolo para centellograma óseo 23
Materiales, dosis y administración 23
PET COLINA 25
Generalidades del pet ct 25
ADQUISICION DE IMÁGENES (Proceso físico) 26

Diferencia entre camara gamma y pet *27*
Indicaciones clínicas del pet colina *28*
DISTRIBUCION DE LA SALA DE MEDICINA NUCLEAR 33
RADIOPROTECCIÓN 34
RADIOTERÁPIA 35
Generalidades *35*
Diferencias entre braquiterapia y teleterapia *39*
Reproducibilidad *39*
TRATAMIENTO DEL SECUNDARISMO OSEO, ¿EN MEDICINA NUCLEAR O RADIOTERAPIA? 40
METODOLOGIA 40
Tipo de investigación *40*
Universo/población *41*
Muestra *41*
Criterios de inclusión *41*
Criterios de exclusión *41*
Recoleccion de datos *41*
Variables *42*
Operacionalización *42*
Análsis de datos *44*
Resultados *47*
Conclusion *52*
BIBLIOGRAFÍA 53
ANEXOS 56
Historias clínicas *57*
Caso 1 ..... *57*
Caso 2 ..... *58*
Caso 3 ..... *59*
Caso 4 ..... *60*
Caso 5 ..... *61*
Caso 6 ..... *62*
Caso 7 ..... *63*
Caso 8 ..... *64*
Caso 9 ..... *65*

Caso 10 ..... *66*
Imágenes de los estudios *67*
Caso 1 67
Caso 2 68
Caso 3 69
Caso 4 69

INTRODUCCIÓN

Este texto busca explorar cómo la Radioterapia y la Medicina Nuclear pueden trabajar juntos para lograr una eficacia superior en el abordaje de patologías oncológicas. Dada la histórica complejidad del cáncer en nuestra sociedad, se busca generar conciencia sobre las nuevas tecnologías disponibles actualmente, las cuales permiten no solo tratar y curar, sino también monitorizar posibles recurrencias cancerígenas.

En apoyo a la teoría expuesta, se incluyen imágenes que facilitan la comprensión visual de los procedimientos mencionados. Se utiliza el Cáncer de Próstata como ejemplo, proporcionando una breve reseña anatómica para facilitar la comprensión del concepto de estudio. La elección de esta patología no es casual, sino que responde a su relevancia y a los tabúes asociados, que dificultan su diagnóstico.

En Argentina, el Cáncer de Próstata ocupa el cuarto lugar entre los seis tipos de cáncer más frecuentes y mortales. Según las estadísticas de la Organización Mundial de la Salud en 2020, se registraron 1.41 millones de casos a nivel mundial. Estos datos, sumados a la carga social y los tabúes vinculados a esta enfermedad, subrayan la importancia de la concienciación y la realización de estudios preventivos.

La detección temprana del cáncer de próstata posibilita su tratamiento mediante radioterapia, su control a través de la medicina nuclear, y la complementación con otras modalidades terapéuticas. Es fundamental destacar la relevancia de los estudios preventivos ante la gravedad que implica no abordar oportunamente esta patología.

PROBLEMATICA

¿Es concluyente la Medicina Nuclear para el diagnóstico de secundarismo óseo por cáncer de próstata?
Hoy es clave tanto para un paciente con cáncer de próstata como para los médicos especialistas saber que el cáncer de próstata puede ser controlado de forma ambulatoria dependiendo de la evolución del tumor como así también que el tratamiento por radioterapia es un método frecuentemente utilizado para combatir al tumor. Llegando a resultados altamente eficientes.
La Medicina Nuclear es un servicio no tan mencionado y del cual pocos médicos entienden su correcto funcionamiento y aplicación. Esto debido al escaso interés en concientización respecto de la radiación y sus aplicaciones en pacientes. Es por ello, que en esta problemática entra en discusión si la medicina nuclear es concluyente o no para el secundarismo óseo por cáncer de próstata ya que es frecuente la metástasis en pacientes que ya han tenido el tumor primario en la glándula. Pero, ¿Qué aporta la Medicina Nuclear?
Pues es objetivo de esta investigación llegar a responder estas incógnitas.

HIPÓTESIS

La Medicina Nuclear aporta información específica y es concluyente para la detección de metástasis ósea, consecuente del tumor primario en próstata.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL
Determinar si la medicina nuclear da aportes en diagnóstico y tratamiento de secundarismo óseo en cáncer de próstata tratado en radioterapia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Evaluar la eficacia de la Medicina Nuclear en la detección temprana de lesiones óseas
Comparar la sensibilidad y especificidad de la Medicina Nuclear con otros métodos de diagnóstico en la identificación de metástasis óseas en este grupo de pacientes.
Investigar la viabilidad y eficacia de la terapia con radiofármacos en el tratamiento de lesiones óseas secundarias en pacientes con cáncer de próstata postradioterapia.

ESTADO DEL ARTE

Cáncer de calota

"Las metástasis son la causa más frecuente de tumores óseos. El 60% son carcinomas de mama y pulmón (por la alta incidencia de esta patología en la población). Los carcinomas de próstata, riñón, útero, colon, hígado, ovario y tiroides pueden también producir metástasis en la calota. La enfermedad metastásica del cráneo involucra también al mieloma múltiple, linfoma, sarcoma de Ewing y neuroblastoma"[1]

El fragmento seleccionado de un artículo en Scielo mencionado anteriormente y el presente escrito comparten la afirmación de la probabilidad de metástasis en un caso de cáncer de próstata como tumor primario. Si bien, el fragmento está orientado específicamente a calota, es útil como sustento bibliográfico para la confirmación de secundarismo óseo por cáncer de próstata.

Tumor de células gigantes

" Nosotros creemos que todo paciente con una neoplasia y de quién se sospecha tiene lesión ósea, debería ser sometido a una centellografía ósea corporal total. Resultados dudosos o con zonas de hipercaptación obligan a la búsqueda de metástasis óseas mediante una radiografía o tomografía del área afectada."[2]

El fragmento seleccionado antes comparte con esta investigación que el centellograma óseo es un estudio importante para determinar una posible sospecha en cáncer óseo, ya sea secundario o primario.

[1] T. Funes y otros. Metástasis en calota (s.f.). Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-15322010000300011&script=sci_arttext&tlng=en recuperado el 26/10/2023.

[2] GIGANTES, T. D. C. PSA, T3 T4 TSH (s.f.) Centellografía ósea corporal total. TAC y RNM, PET SPECT.

JUSTIFICACIÓN

Este escrito pretende dar a conocer en profundidad una de las especialidades dentro de lo que es el diagnóstico por imágenes y la importancia de entender que es versátil al momento de generar imágenes funcionales. La medicina nuclear es un aporte fundamental para el diagnóstico y tratamiento de una diversidad de patologías entre ellas: cardíacas, digestivas, hormonales y, de la que es principal protagonista en este escrito, el secundarismo óseo por cáncer de próstata.

Está dirigido a técnicos y licenciados en bioimágenes, médicos, colegas, estudiantes ya que se ven aspectos técnicos como el accionar del profesional en el servicio, la importancia del rol del médico quien gestiona la derivación al mismo. La presentación de casos clínicos enriquece el conocimiento tanto para profesional médico como técnicos y licenciados, teniendo en cuenta que es un trabajo en equipo que requiere del compromiso médico-técnico-paciente.

Además, se destaca la relevancia para las instituciones en términos de bioseguridad radiológica, un aspecto que no todos los centros que brindan este servicio cumplen.

MARCO TEÓRICO

CÁNCER: ORIGEN, DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

El cáncer ha sido motivo de preocupación en la población mundial desde sus primeras apariciones. Con el correr de los años, la tecnología ha avanzado en todos los aspectos y la medicina no quedó excluida de ello. Así como en el ámbito de la radiología la inteligencia artificial intervino para facilitar y agilizar el trabajo del responsable del servicio, pasando de la radiología convencional con revelado a mano, a equipos digitales. Como el surgimiento de nuevas tecnologías que suponen poder realizar manipulación genética con gran eficacia para la modificación de ciertos genes, causantes de patologías, conocido como "Terapia genética". La intervención de la inteligencia artificial en el campo médico y sus ramas de la salud, indiscutiblemente, colaboran en beneficio del profesional. Y aunque no garantiza el 100% de su eficacia, muchos de sus avances han logrado mejorar la calidad de vida de muchos pacientes.[3]

Según el Colegio de Médicos de México dice que, si bien se desconoce el año exacto de su descubrimiento, el cáncer se estima que existe desde el año 1.600 a.C. Y algunos científicos creen que esta patología es tan antigua como el origen de la humanidad. [4]

A pesar de la evolución de la ciencia y sus avances tecnológicos, no se ha podido descubrir con certeza los motivos por los cuales el cáncer aparece. Desde entonces, los pacientes relacionan esta enfermedad con la muerte, como si no hubiese nada que pudiera combatirla. Y la realidad, es que, aunque esto sea cierto en algunos tipos de cáncer, otros se han logrado tratar y hasta sanar inclusive, con la intervención de nuevas tecnologías en el campo medicinal.

El cáncer es una patología caracterizada por el crecimiento incontrolable de células que, según su región anatómica, da origen a distintos tipos. Por ejemplo, el cáncer de próstata se localiza en la glándula productora seminal.

Los tipos de cáncer, en una definición general, se clasifican en **hematológicos** y **tumorales**. Los hematológicos son células que se propagan en la sangre, como la leucemia. Los tumorales, los de aspecto sólido, como el cáncer de mama o cerebral. A su vez, los **cánceres tumorales** pueden ser *benignos*, es decir, que las células no migran a otra región o bien, *malignos* que pueden esparcirse a otros órganos o tejidos. Este concepto mencionado anteriormente, se lo conoce como metástasis. [5]

---

[3] CAEME, Innovación para la salud (2021). "Terapia génica: la innovación que puede transformar vidas". Disponible en: Terapia génica: la innovación que puede transformar vidas » CAEME Recuperado el 24/09/22.

[4] Colegio Médico de México. "El inicio del cáncer en la historia médica". Disponible en: Colegio Médico de México FENACOME: El inicio del cáncer en la historia médica (colegiomedicodemexico.org) Recuperado el 24/09/22

[5] American Cancer Society (2020). "¿Qué es el cáncer? Disponible en: https://www.cancer.org/es/tratamiento/como-comprender-su-diagnostico/que-es-el-cancer.html Recuperado el 20/09/22

Las metástasis pueden migrar a órganos o tejidos, lo hacen a través del sistema linfático en ocasiones. Los tipos de cáncer que más frecuentemente ocasionan metástasis del tipo óseo son el cáncer de mama en mujeres, cáncer de próstata en varones y cáncer de pulmón en ambos sexos. A menudo, se manifiestan como el primer signo de enfermedad en pacientes con cáncer primario que puede ser asintomático, o pueden ser descubiertas al mismo tiempo que se diagnostica el cáncer primario. Cuando esto último ocurre, aumentan la mortalidad y morbilidad de los pacientes. La mayoría de las lesiones tumorales alojadas en tejido óseo son producto de una metástasis del tumor primario. Generalmente se vincula con la fase avanzada de la enfermedad y, en la mayoría de los casos, representa la etapa final de la enfermedad.[6]

Según un estudio de investigación realizado en México por SK Ruiz-Alva y otros: "Autopsias han demostrado que entre 70 y 85% de los fallecidos por cáncer, predominantemente mama y próstata, presentaron metástasis óseas. La metástasis a hueso simboliza el tercer lugar de metástasis precedida de pulmón e hígado". [7]

La incidencia del cáncer de próstata es más elevada que otros tipos de cáncer en hombres, constituyendo aproximadamente el 23% de los nuevos diagnósticos. La probabilidad de desarrollar este tipo de cáncer aumenta con la edad, siendo poco frecuente antes de los 50 años y más común en hombres mayores de 70 años. Aquellos con antecedentes familiares de cáncer de próstata se recomienda que inicien los controles a partir de los 45 años.

Aunque los datos estadísticos del cáncer de próstata en Argentina están desactualizados, siendo los últimos informes del año 2020 y 2021, uno de ellos, realizado por el Instituto Nacional del Cáncer. (2021)[8] indica que: "La tasa de mortalidad por cáncer de próstata para el país en 2020 fue de 10,3 defunciones por cien mil varones. La mayor mortalidad se registró en la provincia de Tierra del Fuego (18,4/100.000 varones), siguiéndole en orden de frecuencia Misiones (16,3/100.000) y Corrientes (14,7/100.000). Presentaron menores tasas ajustadas de mortalidad, Santiago del Estero (6,4/100.000), seguido de La Pampa y La Rioja ambas con tasas de 8,6/100.000 varones"

Los tumores se pueden clasificar según su origen. Existen los carcinomas, sarcomas, mieloma múltiple y leucemia.
CARCINOMAS: su origen es en células epiteliales que recubren la mucosa de los órganos y la piel. Si el carcinoma afecta a un órgano secretor se los denomina **adenocarcinomas.** En cambio, si afecta a los tejidos que protegen a órganos huecos y la piel se los denomina **carcinoma de células escamosas o epidermoide.** A menudo, los cánceres de próstata son adenocarcinomas mientras que en un cáncer de útero serían carcinomas de células escamosas.

[6] SK Ruiz-Alva y otros. (2022). Tumores que producen metástasis óseas. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022021000200201 recuperado el 01/03/2024.
[7] SK Ruiz-Alva y otros. (2022). Tumores que producen metástasis óseas. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022021000200201 recuperado el 01/03/2024.
[8] Instituto Nacional del Cáncer. (2021). Mortalidad por cáncer de próstata en Argentina. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/salud/instituto-nacional-del-cancer/estadisticas/mortalidad-cprost#:~:text=La%20tasa%20de%20mortalidad%20por,14%2C7%2F100.000).

SARCOMAS: su origen se da en tejido óseo generalmente, aunque también se da con frecuencia en tejidos blandos como músculos, tendones y ligamentos. Ocurre, mayormente en población joven. Pueden conocerse también como **osteosarcoma**.

MIELOME MÚLTIPLE: su origen se da en células plasmáticas, en un tipo de glóbulo blanco. Suele asociarse a un tipo de cáncer hematológico ya que produce un espesor de estas células, acumulándose en médula ósea impidiendo la generación de células sanas.

LEUCEMIA: su origen es hematológico, no producen tumores sólidos. Ocasiona que la médula ósea empiece a generar glóbulos blancos no maduros en exceso, en consecuencia, el sistema inmunológico se ve afectado, el paciente es más propenso a contraer enfermedades ya que su ADN de las células sanas se ve afectado. Este tipo de cáncer se clasifica en varios tipos:

- Leucemia mielítica aguda (LMA).
- Leucemia mielítica crónica (LMC)
- Leucemia linfática, linfocítica o linfoblástica aguda (LLA)
- Leucemia linfocítica, linfocítica o linfoblástica crónica (LLC)
- Policitemia Vera o eritema

Esta clasificación contiene los tipos de tumores más frecuentes, pero existen también otros tipos conocidos como los linfomas que, a su vez, tiene una amplia caracterización y descripción mucho más compleja.[9]

DETECCIÓN DEL CÁNCER

La aparición de células tumorales, generalmente, no presenta sintomatología en sus primeras etapas. Y aunque esto puede variar según el tipo de región anatómica donde se encuentre, es uno de los mayores problemas de esta patología. Una forma de detectar un cáncer en sus inicios es la realización de los estudios de rutina, y acá la importancia de concientizar a una población.

La detección del cáncer se logra con un sustento de estudios clínicos e imagenológicos.

SINTOMATOLOGÍA DEL CÁNCER DE PRÓSTATA

El cáncer de próstata a menudo comparte la regla general de los cánceres, son asintomáticos en su etapa inicial. Pero una patología avanzada podría dar indicios al paciente de que algo no funciona correctamente, ya que presenta alguno de estos síntomas, o todos:

1. Micción frecuente (ganas de orinar a menudo y aumentando su flujo de noche)

[9] SuportaMed. (s.f.) Clasificación y tipos de cáncer. Disponible en: https://suportamed.com/cancer-clasificacion-tipos/ recuperado el 01/03/2024.

2. Flujo de orina débil, con sensación de tener que hacer fuerza.
3. Presencia de sangre en la orina.
4. Disfunción eréctil.
5. Dolor o ardor al orinar.
6. Dolor o molestias al estar sentado, producto del aumento de tamaño de la próstata.
7. Dolor óseo, en caderas, piernas, costillas y columna.
8. Adormecimiento de pies y piernas.
9. Pérdida de control de la micción en vejiga e intestinos, producto de la compresión que realiza la próstata con la médula espinal.

ESTADIOS Y GRADOS DEL CÁNCER DE PRÓSTATA

El estadio y el grado sirven para orientar al médico/a oncólogo/a sobre la diseminación o crecimiento, como así también, la histología de las células.

El cáncer debe determinarse para dar a conocer su localización, si se propagó (lo que se conoce como metástasis) y hacia dónde. Para determinar el grado y estadio, el equipo médico utiliza varias técnicas y parámetros. Se realizan una serie de pruebas y, es importante aclarar que, hasta no tener todas las pruebas realizadas no es concluyente para confirmar el diagnóstico.

Determinar el estadio y el grado a través de este sistema, proporciona una visión detallada de la progresión del cáncer y ayuda a los médicos a determinar el enfoque adecuado para el tratamiento. En efecto, ayuda al pronóstico del paciente y a dar noción de la probabilidad de recuperación. El sistema que utilizan para determinar se divide, como antes se menciona, en grado y estadio:

TIPOS DE ESTADIOS

La **estatificación clínica** del cáncer de próstata se basa en evaluar los resultados de diferentes pruebas, como el tacto rectal, el análisis del antígeno prostático específico (PSA) y la puntuación de Gleason. Estos resultados ayudan a determinar si se necesitan otras pruebas de imagen, como radiografías, gammagrafías óseas, tomografías computarizadas (TC) o resonancias magnéticas (RM), para obtener más información sobre el estadio clínico del cáncer.

El **estadio patológico** se determina a partir de la información recopilada durante la cirugía y los resultados de laboratorio del tejido prostático extirpado durante la intervención, conocido como patología. En muchas cirugías, se extrae toda la próstata y algunos ganglios linfáticos. El análisis de estos ganglios linfáticos extirpados ofrece información adicional sobre el estadio patológico.

Retomando lo antes mencionado y para entender mejor las pruebas que se realizan para determinar la estatificación clínica, ¿qué es el PSA? ¿Qué es la escala de Gleason?

El antígeno prostático específico, abreviado por sus siglas en inglés, PSA (Prostate-Specific Antigen) es una proteína que se produce en la glándula prostática, que forma parte del

sistema reproductor masculino. La función principal del PSA es mantener el semen en un estado líquido. Normalmente, la sangre contiene pequeñas cantidades de PSA en hombres saludables. Es común tener niveles bajos de antígeno prostático específico (PSA) en la sangre. Un aumento en los niveles de PSA puede deberse a varias razones, que incluyen:

- Cáncer de próstata.
- Agrandamiento de la próstata, también conocido como hiperplasia prostática benigna.
- Otros problemas comunes relacionados con la próstata.
- Uso de ciertos medicamentos.

Es importante destacar que una prueba de PSA por sí sola no puede determinar la causa exacta de los niveles anormales de dicha hormona. Por esta razón, si los niveles son elevados, es posible que se requieran pruebas adicionales para obtener más información y realizar un diagnóstico más preciso.

GRADOS

El cáncer de próstata se divide en diferentes etapas según su alcance y severidad. Se utiliza comúnmente la clasificación TNM, la cual evalúa:

T: tamaño del tumor.

N:la afectación de los ganglios linfáticos, o nodos (proveniente del inglés “nodes”).

M:la presencia de metástasis.

Luego existe una clasificación de tumores según su histología, realizada posterior a la extracción de la muestra de tejido. En esta clasificación se puede resolver si el tumor indica un alto o bajo grado de riesgo. Si el tumor es diferenciado, es de menor grado pero cuando es indiferenciado se habla de un grado más grave y esto es porque las células tumorales se esparcen más allá de su propio tejido externo. En detalle según los niveles:

- Grado/Nivel I: bien diferenciado
- Grado/Nivel II: moderadamente diferenciado
- Grado/Nivel III: poco diferenciado (en este punto afecta al tejido interno y externo)
- Grado/Nivel IV: Indiferenciado (altas probabilidades de metástasis).
- Grado/Nivel X: no es posible determinar (Se debe repetir la biopsia).

PARÁMETROS CLÍNICOS PARA HISTORIAL DEL PACIENTE

ÍNDICE DE GLEASON

Luego de realizar la biopsia, se procede a establecer la puntuación en la escala de Gleason, su nombre en honor al Dr. Donald Gleason, que logró determinar cómo crece el adenocarcinoma prostático en el nivel celular y resumió esa información, conectándose con detalles clínicos como la etapa del tumor y qué tan favorable o desfavorable podría ser el pronóstico.

Tras la observación de la histología de las células tumorales, se distingue el patrón glandular del tumor, identificado a un aumento relativamente bajo. Las características celulares no juegan un papel en la gradación del tumor. Se identifican los patrones arquitectónicos primario (el más prevalente) y secundario (el segundo en prevalencia) y se les asigna un grado de 1 a 5, siendo 1 el grado más diferenciado. Dado que ambos patrones influyen en el pronóstico, se obtiene una puntuación de Gleason sumando estos dos grados. Si un tumor muestra solo un patrón histológico, por consistencia, ambos patrones se le asignan el mismo grado. Las puntuaciones de Gleason van desde 2 (1+1=2), representando tumores uniformes con patrón 1 de Gleason, hasta 10 (5+5=10), que indica tumores completamente indiferenciados. ¿Entre qué rangos se diferencia entonces un estadio grave de uno que no lo es?

Si la puntuación de Gleason diera entre 2 y 6, se consideran tumores de bajo grado y menos agresivos. Para una puntuación de Gleason 7, los tumores son de grado intermedio. Cuando se obtiene una puntuación de Gleason entre 8 y 10, son tumores de alto grado y más agresivos.

En resumen, a mayor grado en escala de Gleason, mayor agresividad manifestará el cáncer y viceversa.

Ahora bien, ¿qué sucede si la escala de Gleason no puede determinarse? Pues, en efecto, quiere decir que la muestra extraída de la biopsia no fue suficiente para determinar el tumor primario y secundario. Se la puede clasificar como Gleason “X” o “GX”. La acción consecuente puede incluir repetir la biopsia, imágenes y, asimismo, consultar con un experto en patología.

ESCALA DE KARNOFSKY

La escala o índice de Karnofsky, es una forma de evaluar el estado general del paciente al momento de ingresar a un servicio, lo podemos encontrar en las historias clínicas del paciente cuando, por ejemplo, se le indica un tratamiento en radioterapia.

Este índice es un método habitual en medicina que se utiliza para evaluar qué tan capaces son los pacientes en términos de su funcionalidad para transitar su vida cotidiana. En oncología, especialmente, se aplica para analizar la habilidad de una persona para llevar a cabo actividades diarias y para evaluar su calidad de vida en general.

El Índice de Karnofsky va de 0 a 100, donde 100 indica un estado de salud completamente normal sin limitaciones, y 0 señala el estado de fallecimiento. Este rango se divide en intervalos de 10 puntos, y cada intervalo describe el nivel de funcionalidad de la persona, proporcionando una medida más detallada de su capacidad en diferentes áreas.

ANATOMIA REFERENCIAL

En lo que va de este escrito, se mencionaron algunas cosas respecto de la próstata, la hormona que segrega y su función. Pero, ¿Qué es la próstata y dónde está ubicada?

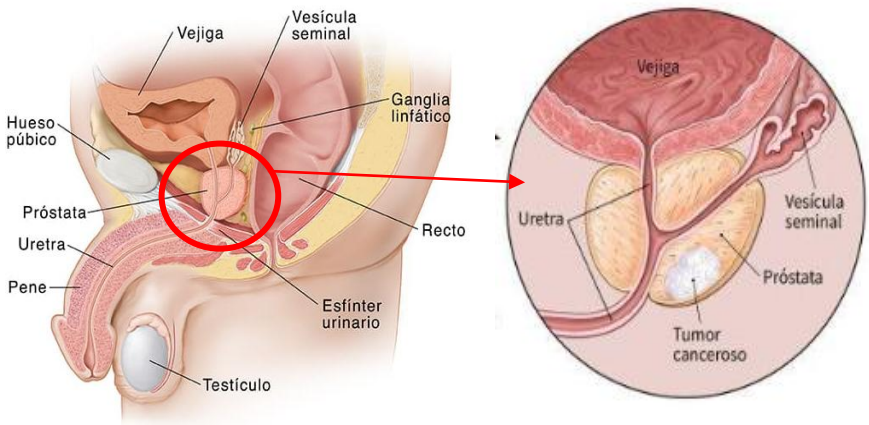
La próstata es una glándula que forma parte del sistema reproductivo masculino. Es del tamaño de una nuez y se encuentra ubicada alrededor de la uretra prostática.

La próstata es atravesada por dos conductos importantes: el conducto eyaculador, que transporta el esperma desde los testículos, y la uretra prostática, que lleva la orina desde la vejiga. Ambos conductos se unen dentro de la próstata, lo que representa la conexión entre el sistema urinario y el sistema reproductivo en los hombres. Además, la próstata está conectada a los testículos a través de los conductos deferentes, que se elevan por encima de la vejiga para evitar que la orina llegue al escroto.

Las hormonas masculinas son las responsables de estimular el crecimiento de la glándula prostática desde la etapa fetal. Esta glándula sigue creciendo hasta llegar a la adultez y mantiene su tamaño, siempre y cuando se sigan produciendo estas hormonas. Si por algún motivo las hormonas masculinas dejan de producirse, la próstata no puede seguir desarrollándose y comienza a reducir su tamaño, pudiendo incluso llegar a desaparecer casi por completo.

La próstata se constituye de tres partes: el istmo, el lóbulo prostático derecho y el lóbulo prostático izquierdo. El istmo, situado en la parte frontal de la uretra, está principalmente formado por tejido fibroso y muscular, con escaso o ningún tejido glandular.

Los lóbulos izquierdo y derecho están separados en la parte frontal por el istmo y en la parte posterior por un surco longitudinal que se extiende a lo largo de la línea media de la cara posterior de la próstata. Cada lóbulo se divide en cuatro lobulillos, categorizados según sus relaciones anatómicas con el conducto eyaculador y la uretra prostática.[10]



[10] OpenAI (2023).ChatGPT (versión del 10 de octubre). Anatomía de la próstata.

MEDICINA NUCLEAR

Retomando con una mención realizada anteriormente, en el ítem 1.1 “Detección del cáncer” se detallaron los síntomas que, según varias bibliografías, sostienen que son los más usuales según el grado de complejidad que tenga la patología. En el punto 7, señala que el paciente puede presentar dolor óseo, y acá es donde la Medicina Nuclear (MN) juega un rol fundamental para la patología. Con presencia o ausencia de dolor óseo, algunos pacientes requieren de un control post radioterapia para poder evaluar a través de centellogramas óseos si hay reincidencia o metástasis del tumor primario, cáncer de próstata.
Entonces, ¿Aporta información, tratamiento o diagnóstico la MN al secundarismo óseo de cáncer de próstata? Para ello, debemos primero entender de qué se trata esta especialidad y cómo funciona.

¿QUE ES LA MEDICINA NUCLEAR (MN)?

La MN es una modalidad que utiliza sustancias radioactivas, las cuales emiten radiación gamma y son captadas por un equipo que logra obtener una imagen interna del organismo. Su objetivo puede ser de diagnóstico o tratamiento, utilizado en un 95% y 5%, respectivamente. Cuando se le indica a un paciente recurrir al servicio de MN para tratamiento, la función del radiofármaco es llevar a esas células anómalas al deletéreo. Mientras que, en su función diagnóstica, brinda información respecto a ubicación, tamaño y posible daño en tejidos.

RADIOFÁRMACO

Antes de continuar, es importante establecer algunos conceptos… Los términos "radioisótopo" o "radionucleido" se utilizan de manera intercambiable (siendo el segundo un término más general) y se refieren a un átomo que tiene un núcleo inestable y emite radiación ionizante en su proceso de desintegración.

Dicho lo anterior, el radionucleído elegido va a depender del tipo de estudio que se requiera, y este no va a ir solo, ya que el material radiactivo por sí mismo no tiene capacidad de distribución. Es decir, no puede ser absorbido por un órgano, tejido, proceso metabólico o varios de estos. Depende de un fármaco que sirva de vehículo. Como los fármacos sí tienen capacidad de distribución, al ligarlo con un radioisótopo obtenemos un radiofármaco. El “órgano blanco”, donde el radiofármaco marque o se fije, va a depender exclusivamente del fármaco. A menudo, suele indicar la nomenclatura, el tipo de isótopo y el fármaco a administrar, por ejemplo, el “Tc99m MDP”, comúnmente utilizado en centellogramas óseos, de los cuáles se hablará más adelante. Este es el isótopo tecnecio-99m, que se utiliza comúnmente en medicina nuclear para la creación de imágenes. La "m" en Tc99m indica que se refiere a un estado metaestable del tecnecio-99, que emite radiación gamma y se utiliza para obtener imágenes en procedimientos diagnósticos. El MDP se refiere al ligando (o

compuesto) que se une al tecnecio-99m para formar el radiofármaco. En este caso, MDP significa Metilen Difosfonato. Este compuesto tiene afinidad por el tejido óseo.

CLASIFICACIÓN DE LOS RADIOFÁRMACOS

Los radiofármacos se clasifican según su estructura química, pudiendo ser radionucleidos primarios o compuestos marcadores. El radionucleído primario es un compuesto inorgánico del radioisótopo mientras que los compuestos marcadores son la asociación de 2 componentes: 1 radionucleído más 1 molécula vehículo, encargada de dirigir al radiofármaco al órgano o tejido de interés.

IMÁGENES OBTENIDAS EN MN Y ADMINISTRACIÓN DEL RADIOFÁRMACO

Retomando con algunos conceptos básicos de la MN, las imágenes obtenidas en esta modalidad serán funcionales y no anatómicas, a diferencia de otras especialidades como la tomografía computada (TC) o la resonancia magnética (RM) que sus imágenes son anatómicas, (ver figura 2). La MN como ya se mencionó antes, nos mostrará un proceso metabólico, un órgano o tejido que marca en la imagen algún tipo de anomalía, disfunción, atrofia, entre otros. Lo que se visualiza en la imagen para detectar una lesión es un acúmulo anormal del radiofármaco; denominado **lesión caliente** o, bien, una disminución de concentración; denominado **lesión fría**. Pero, ¿de qué depende la imagen adquirida en un estudio? Pues, depende del radiofármaco empleado, el tipo de marcación de este y la vía de administración.
La administración del radiofármaco puede ser por vía endovenosa, oral o subdérmica.

Las cantidades de material radiactivo administradas al paciente son mínimas, pero suficientes para ser funcional al objetivo. Uno de los radionucleidos utilizados es el Tecnecio noventa y nueve metaestable (Tc99m) que se obtiene de la elución de su radionucleido madre, el molibdeno noventa y nueve (Mo99). Entonces, tenemos un Tc99m hija. Se hace énfasis en esta aclaración ya que tiene un sustento físico- químico detrás, importante para la ejecución del estudio.

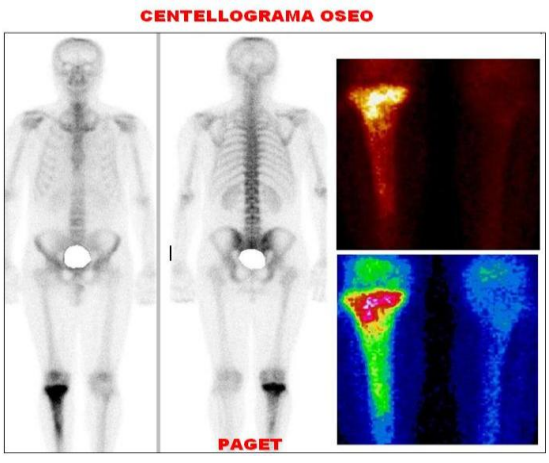
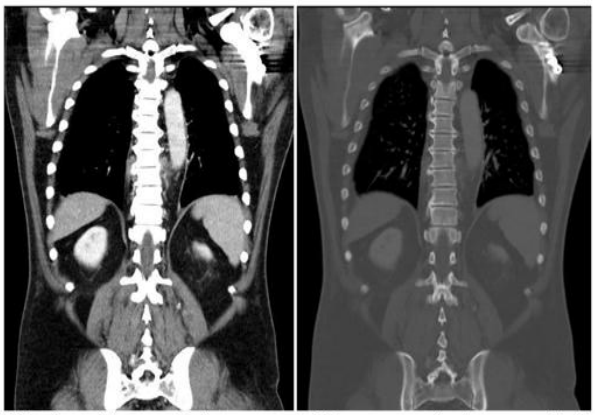


Figura 2.
Paciente con patología de Paget en un centellograma óseo. Se visualizan las lesiones óseas en tibia y probablemente peroné en la imagen que se encuentra a la izquierda. En las imágenes de la derecha, se visualiza la lesión propiamente dicha con mayor concentración de radiofármaco en el extremo proximal de la tibia. Imágenes que muestran función y no especificidad anatómica. (Centro de Medicina Nuclear de el Salvador (2020). Recuperado de https://www.medicinanuclearelsalvador.com/galeria-de-resonancias-magneticas/)

En este caso y, como se describe anteriormente, la tomografía a diferencia de las imágenes obtenidas en MN, dan especificidad anatómica ya que su objetivo es poder confirmar un diagnóstico.



TC de tórax, abdomen y pelvis con contraste EV, cortes coronales (ventana mediastinal y ósea).

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS RADIOISÓTOPOS, APLICADO A MN.

Los radionucleidos tienen un tiempo de vida media (T1/2), esto es, el tiempo que tarda el material para decaer a la mitad su actividad original. En un caso hipotético, si el Mo99 originalmente emite una actividad de 300 mCi (milicurios/milicurie), a sus 66 hs emitirá una actividad de 150 mCi, y a las 66 hs posteriores, 75 mCi, y sucesivamente hasta decaer a niveles insignificantes de actividad.

Los radionucleidos madre, en este caso el Mo99, tiene un T1/2 de 66hs mientras que el Tc99m tiene un T1/2 de 6 hs. Si se recurre al pensamiento lógico, el Mo99 debe tener suficiente actividad como para ser envasado, luego trasladado a la institución y mantener aún actividad para ser eluído y llegar a la obtención del Tc99m. En cambio, el Tc99m debe tener suficiente actividad como para ser administrado al paciente, generar actividad durante la exploración y evitar radiación excesiva para el entorno del paciente como así también, del técnico/a a cargo del servicio.

La elución es un proceso que se lleva a cabo en el servicio de MN implica la liberación o extracción de sustancias de un material o una fase específica. Para lograr una elución se requiere de un generador, en este caso, de Tc99m. Un generador es un sistema que permite obtener un radionucleido de T1/2 corto, (ver figura 3).



Figura 3.
Generador de Mo99/Tc99.

DETECCIÓN TEMPRANA EN LESIONES ÓSEAS COMO SECUNDARISMO ÓSEO DEL CÁNCER DE PRÓSTATA.

La medicina nuclear es clave para entender y tratar las lesiones óseas causadas por la propagación del cáncer de próstata. Usualmente, se utiliza la gammagrafía ósea con Tc99m, que detecta zonas donde el metabolismo óseo está aumentado de manera anormal.

En el caso del cáncer de próstata que se ha extendido a los huesos, la medicina nuclear ayuda en:

Localización precisa de las lesiones: La gammagrafía ósea identifica con precisión las áreas afectadas, crucial para un tratamiento específico.

Evaluación de la extensión: Permite medir la gravedad y extensión de las metástasis, información clave para planificar el tratamiento y entender el pronóstico.

Seguimiento del tratamiento: Después de iniciar el tratamiento, los estudios de medicina nuclear se usan para evaluar cómo responde el paciente y ajustar el plan según sea necesario.

En lo que respecta a la reducción del tamaño en sí, la medicina nuclear no actúa directamente para disminuir las lesiones. Pero al ofrecer detalles sobre la ubicación y extensión de las metástasis, guía a los médicos en intervenciones terapéuticas como radioterapia, terapias sistémicas o cirugía, que buscan reducir el tamaño de las lesiones o controlar su crecimiento.

CENTELLOGRAMA ÓSEO

Si bien la MN es muy amplia, realiza estudios con PET-CT (Tomografía por emisión de positrones), SPECT-CT (Tomografía por emisión única de fotón), Gammagrafías o cámara gamma, entre otros… El centelleo es la sección que colabora para el diagnóstico temprano de un secundarismo óseo por cáncer de próstata y metástasis, ya que presenta una alta sensibilidad y especificidad. A este estudio se lo denomina centellograma óseo corporal. Consta de un procedimiento no invasivo que se utiliza para investigar la presencia, características y ubicación de lesiones en los huesos. Este estudio permite diagnosticar diversas condiciones óseas, además de los ya mencionados tumores malignos o benignos, primarios o secundarios, puede detectar también procesos infecciosos, inflamatorios, degenerativos, fracturas por estrés o aquellas no detectadas por otros métodos diagnósticos, incluyendo infartos óseos.

Para llevar a cabo este procedimiento, se administra una sustancia llamada bifosfonato asociada al Tc 99m. Esta sustancia, similar a las drogas utilizadas en el tratamiento de la osteoporosis, se distribuye rápidamente por todo el cuerpo, se deposita en los huesos y facilita la evaluación de su metabolismo.

La droga específica (o fármaco/vehículo) inyectada junto con el Tc99m es el MPD, un bifosfonato utilizado como agente antirresortivo[11] en pacientes con osteoporosis, enfermedad de Paget ósea, hipercalcemias malignas y metástasis óseas.

PROTOCOLO PARA CENTELLOGRAMA ÓSEO

Para este tipo de estudio, como en la mayoría de los que se hacen en MN, es de suma importancia la anamnesis al paciente. Y, aunque pueda sonar como una obviedad, en esta especialidad, hay que tener presente que su proceso para la adquisición de imágenes, es metabólico y podríamos observar como puntos calientes zonas en las que el paciente pudo haberse golpeado recientemente, por ejemplo, y no necesariamente estamos visualizando un proceso tumoral, sino uno inflamatorio. En este aspecto, es que se hace énfasis en realizar una correcta anamnesis.

MATERIALES, DOSIS Y ADMINISTRACIÓN

RADIOTRAZADOR

Para la realización del centellograma óseo se utiliza como radiotrazador MDP o HMDP con Tc99m. La elección de utilizar un fármaco de otro dependerá meramente de los estudios que se realicen luego del centellograma. Esto es porque el MDP solo está indicado para centellograma óseo, mientras que el HMDP se utiliza también para otros estudios. Teniendo en cuenta que los radiofármacos son muy costosos y no es tan simple su distribución, como técnicos o licenciados, se debe utilizar de forma inteligente para no desperdiciar.

DOSIS

La dosis administrada a un paciente adulto oscila entre los 25 a 30 mCi.

ADMINISTRACION

La administración del radiofármaco es intravenosa y se debe tener en cuenta el lado donde se inyecta ya que marcara un punto caliente al adquirir la imagen. No se trata de un proceso inflamatorio y tampoco patológico. Simplemente, es un cúmulo de material que queda al inyectarse.

PREPARACIÓN DEL PACIENTE.

Para hacer este estudio el paciente no requiere de preparación previa.

[11] Antirresortivo: fármaco que se utiliza para prevenir la pérdida de masa ósea y reducir la resorción ósea, que es el proceso natural de reabsorción y disolución del tejido óseo.

ESTUDIO

Una vez llega el paciente al servicio. Se debe leer la orden con suma atención, se realiza la anamnesis correspondiente, se explica el estudio al paciente y luego se procede a la inyección del radiofármaco. Se le pide al paciente que regrese al servicio a las 3 horas posteriores de la inyección para poder comenzar.

En estas 3 horas, el paciente puede hacer vida normal.

Transcurrido dicho período, lo primero que se le pide al paciente antes de comenzar es que se dirija al baño para vaciar vejiga. El motivo es porque se vería como un punto caliente todo ese órgano, pudiendo ocultar una patología.

POSICIONAMIENTO

El paciente debe ingresar a cámara gamma en decúbito supino con los pies hacia el gantry. Los detectores, que son paralelos, deben ir posicionados anteroposterior en el área de estudio.

ADQUISICIÓN DE IMÁGENES.

Se inicia el estudio con un barrido corporal total. Es indispensable tomar imágenes planares anteroposteriores de cuerpo y laterales de calota. Hay que tener presente que, si bien el secundarismo óseo suele hallarse en huesos largos y vertebras, son muy frecuentes también en calota.

Para la adquisición de las imágenes laterales de calota hay dos posibles formas de hacerlo, si el paciente no tiene dificultades para movilidad, se le pide que mire hacia un lado y luego al otro y los detectores seguirían anteroposteriores. Pero si el paciente tuviera dificultad de movilidad, el paciente mirando hacia arriba, se ubican los detectores laterales.

INDICACIONES CLÍNICAS

Como se mencionó anteriormente, los hallazgos que se pueden encontrar en el centellograma óseo son varios. Los principales diagnósticos referenciales por los que se suele enviar al paciente al servicio son:

- Tumores óseos benignos o malignos.
- Secundarismo óseo.
- Osteomielitis.
- Sacroileitis.
- Estudio de cartílago de crecimiento.
- Osteodistrofia renal.

PET COLINA

GENERALIDADES DEL PET CT

Este estudio es una rama de las distintas aplicaciones de la MN que, a diferencia del centelleo, las imágenes adquiridas se fusionan con tomografía, lo que permite obtener, no solo imágenes funcionales sino también, anatómicas.
La definición de PET viene de sus siglas en inglés, positron emission tomography, lo que se traduce a tomografía por emisión de positrones. Esta técnica de diagnóstico por imágenes sitúa sus inicios entre 1950 y 1960 que contempla, al igual que en las generalidades de la medicina nuclear, la administración de un radiofármaco con propiedades de farmacocinética y farmacodinamia, características propias de un fármaco, y un átomo radiactivo encargado de la emisión de positrones para la adquisición de las imágenes. El fármaco, por su parte, tiene una distribución biológica predefinida, mientras que el átomo que emite positrones señala la ubicación de este compuesto, tras ser rastreado mediante un escáner PET. Los pioneros en este campo fueron Wrent, quien propuso el uso de tales dispositivos en 1951, seguido por Brownell y Sweet en 1953, quienes detallaron el primer aparato de este tipo.
La principal indicación clínica son las enfermedades oncológicas.

En sus inicios, esta técnica no empleaba información anatómica certera, motivo por el cual se empezó a fusionar con la tomografía. En la década de los 90, de la mano de D. Townsend, se diseñó el primer equipo híbrido utilizado para la aplicación clínica.[12]

La PET Colina es precisa para captar procesos metabólicos y químicos en el cuerpo del ser vivo. Tal como se ha mencionado anteriormente. Este estudio recibe su nombre debido al radiofármaco utilizado que es la 18F colina, conocida también como luorometilcolina, 18F-FMCH y flúor F 18-fluorometilcolina.[13] La colina como tal, es un nutriente esencial que se encuentra, generalmente, en alimentos que permite al ser humano llevar a cabo funciones de diversos tipos. Entre ellas, y la fundamental de saber para entender cómo funciona este estudio, es que son las responsables de crear y mantener las membranas que rodean a las células de diferentes tejidos. Como se mencionó a principios de este escrito, los tumores tienen la particularidad de ser células que se desarrollan a un ritmo acelerado, con respecto a células no tumorales. La glucosa, es su principal fuente de energía para su evolución.

El estudio de PET colina es un estudio que consta de un proceso metabólico que, al administrar el radiofármaco, este es atraído por procesos con un alto metabolismo químico,

[12] Fundora Saraff T. y otros (2019). Tomografía por emisión de positrones asociada con tomografía computarizada en la estadificación de los linfomas. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892020000100004#:~:text=La%20historia%20del%20desarrollo%20de,Sweet%20describieron%20el%20primer%20dispositivo. Recuperado el 27/02/2024.
[13] Instituto Nacional del Cáncer (s.f.) 18F COLINA. Disponible en https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/18f-colina recuperado el 19/01/2024.

como los tumores, que se adhiere a la membrana celular y si se trata de células cancerosas, permite un diagnóstico precoz, previo a la aparición de metástasis, de cáncer de próstata. [14]

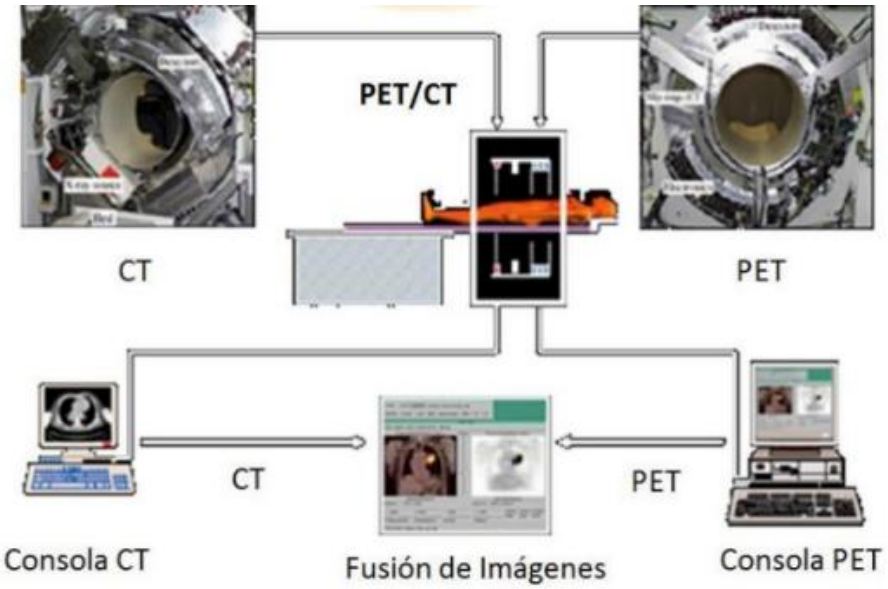


Figura 4. Proceso de digitalización de la imagen.
Luciano Urso (2022). La especificidad del PET-TC (18F-FDG) en el control evolutivo del cáncer Pulmonar. Ver en página 12.

ADQUISICION DE IMÁGENES (Proceso físico)

Resumiendo lo antes mencionado, la imagen en los estudios de PET se genera cuando la radiación emitida por los positrones, proveniente del radiofármaco, se liberan a causa de su desintegración y estos impactan con electrones de la materia, en este caso tejido del cuerpo humano. La energía de 511 keV liberada, viaja en direcciones opuestas de 180º, estos son capturados por una corona detectora en el gantry. A este fenómeno físico se lo denomina aniquilación de pares. Esta señal se procesa, de forma automatizada por el sistema de digitalización, devolviendo las imágenes en consola. Estas imágenes las podemos obtener en 3 planos: axial, coronal y sagital. De esta forma, se llega a observar el comportamiento del radiofármaco. [15]

[14] Centro de Diagnóstico Granada (s.f.) PET COLINA. Disponible en https://centrodiagnostico.com/pet-colina/#:~:text=El%20PET%20Colina%20es%20una,tempranos%20el%20carcinoma%20de%20pr%C3%B3stata. Recuperado el 19/01/2024.
[15] J. Borrajo-Sánchez y F. J. Cabrero-Fraile (s.f.) Tomografía por emisión de positrones (PET): fundamentos y limitaciones tecnológicas. Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-66912010000400001 recuperado el 19/01/2024.

Haciendo un poco más de hincapié en la corona de detectores, este sistema está formado por un conjunto de anillos dispuestos en módulos independientes, a estos módulos se los conoce como bloque de detectores.

Los bloques de detectores están anexados de tubos fotomultiplicadores encargados de convertir la energía electromagnética en impulsos eléctricos recibidos al mismo tiempo, es decir, "en coincidencia".

Luego de la conversión de energía electromagnética a impulsos eléctricos en coincidencia existen dos términos importantes a tener en cuenta: ventana de coincidencia y ventana temporal. El tiempo que demora la conversión en coincidencia lleva de 4 a 20 nanosegundos. Si un fotón de aniquilación llega al detector después del tiempo establecido por la ventana de coincidencia, el evento se descarta y la información asociada se desecha.

Por otro lado, las coincidencias pueden ser verdaderas, dispersas o fortuitas:

- **Verdaderas,** este tipo de información detectada es certera, permite localizar al proceso de aniquilación (ver figura 5).
- **Dispersas**, se da el principio de Compton, fotones que son dispersados producto de la colisión con otros fotones que no llegaron a ser captados por los detectores y tienen energía menor a 511 keV (ver figura 6).
- **Fortuitas,** es un evento desafortunado y poco ideal, considerando que se genera a partir de la aniquilación de dos positrones distintos y ambos pueden ser detectados simultáneamente. Es desfavorable porque no proviene de un único suceso (ver figura 7).[16]

Figura 5.
Coincidencia verdadera

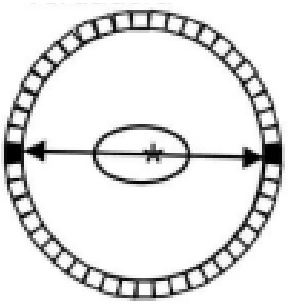


Figura 6.
Coincidencia dispersa

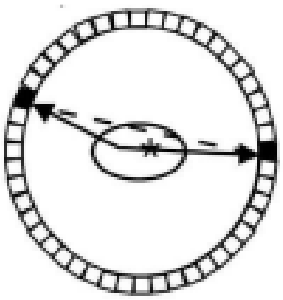
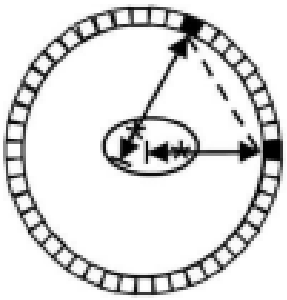


Figura 7.
Coincidencia fortuita



DIFERENCIA ENTRE CAMARA GAMMA Y PET

Si bien el sistema de detección en cámara gamma y PET son similares, este último es más preciso al momento de detectar la energía, ya que puede captar un punto específico, mientras

[16] Luciano Urso (2022). La especificidad del PET-TC (18F-FDG) en el control evolutivo del cáncer Pulmonar. Ver en página 13.

que en la cámara gamma se requieren colimadores para filtrar la energía recibida. Una comparación similar podría ser la del acelerador lineal y el tomógrafo, si se tomara una imagen bidimensional o planar en un equipo de rayos sin colocar colimadores a la región de interés, resultaría mayor la radiación dispersa, generando, no solo una exposición innecesaria al paciente, sino que se perdería calidad de imagen.[17]

INDICACIONES CLÍNICAS DEL PET COLINA

Este estudio es indicado para evaluar, entre otras patologías, un cáncer de próstata primario, reincidencias luego de tratamientos y secundarismo óseo.
Tanto el centellograma como la TEP/PET Colina buscan llegar al diagnóstico de una misma patología. La diferencia principal, es que utilizando el centellograma óseo es posible que no sea concluyente y se requieran de otros estudios. Además, la TEP/PET al ser una imagen fusionada de actividad metabólica más la tomografía arroja un resultado más preciso brindando información funcional y anatómica. La imagen únicamente de la captación del radiofármaco no sería suficiente para poder localizar el órgano donde se encuentra el punto caliente.
En la siguiente imagen (Figura 4) puede observarse cómo se vería una imagen únicamente de la captación, una solo de la tomografía y otra de estas dos fusionadas.

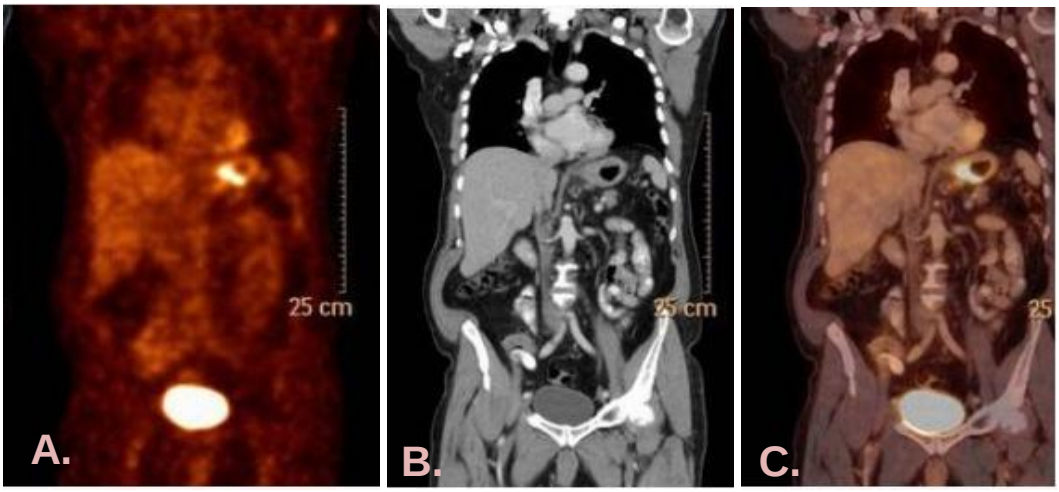


Figura 4. En la imagen **A**. se encuentra la captación de radiofármaco por sí sola. En la imagen **B**., la tomografía. La imagen **C**. es la fusión de ambas técnicas.
Grupo Scanner Vizcaya. (2022) ¿Qué es el PET COLINA? Disponible en https://www.gruposcanner.biz/pet-colina-bilbao/ recuperado el 19/01/2024.

A continuación, se muestra un protocolo a seguir en el servicio de MN para la realización de un estudio por PET/CT. Tal como indica el Licenciado Luciano Urso (2022): "Indicaciones para el estudio:

[17] J. Borrajo-Sánchez y F. J. Cabrero-Fraile (s.f.) Tomografía por emisión de positrones (PET): fundamentos y limitaciones tecnológicas. Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-66912010000400001 recuperado el 19/01/2024.

Una vez pedido el turno, es importante acudir al centro con la orden médica original, carnet de la obra social o prepaga y autorización (dirigida al centro) en caso de ser requerida.

El paciente debe asistir con:

• 5 horas de ayuno (dentro de esas 5 horas puede tomar agua, mate, té, sin azúcar ni leche. Amargo o con edulcorante).
• No tomar gaseosas, jugos, café ni aguas saborizadas.
• No comer chicles, caramelos o pastillas.
• No realizar actividad física intensa el día anterior, ni tampoco el día del estudio.
• Cenar liviano la noche anterior.
• Asistir con ropa cómoda y abrigada (nada que tenga botones ni cierres metálicos).
• Los pacientes que sean diabéticos (insulinodependientes) deben inyectarse 5 hs. previas a su turno y en caso de tomar metformina deberán suspenderla 3días posteriores a la realización del estudio.

Es importante recordarles a los pacientes que acudan al centro con todos sus estudios previos ya que aportan una mayor información y ayudan al personal médico a comparar con mayor precisión.

Estos estudios pueden ser:

• Tomografías computadas (últimas dos realizadas, imágenes e informes).
• Resonancia Magnética (últimas dos realizadas, imágenes e informes).
• Pet-tc (últimos dos realizados, imágenes e informes).
• Centellograma Óseo (ultimo realizado, imagen e informe).
• Laboratorio (informe).
• Anatomía patológica (copia del informe).
• Colonoscopia y Endoscopia (ultima, imagen e informe).
• Parte quirúrgico (si fue operado, copia del informe).

Por último, se le recuerda al paciente que puede estar en el centro aproximadamente 5 horas.

Historia clínica

El médico entrevistador es el encargado de realizar una historia clínica del paciente con datos que nos serán útiles, no solo para caracterizar lesiones, sino también, para evaluar la evolución de la enfermedad o fin del tratamiento.

La misma contiene información clave tanto para los técnicos (nombre, apellido, peso altura, tipo de tumor, protocolo a realizar, contraste endovenoso si/no), los médicos radiólogos encargados de informar el estudio (hora de inyección, dosis, glucosa, si el paciente fue operado, si realizo tratamiento, que medicación toma actualmente) y el personal encargado de compaginación y envío de estudios (teléfonos de contactos y mail donde enviaran el mismo).

Procedimiento

Una vez que el paciente se encuentre en la institución y posterior a la entrevista médica para la realización de su historia clínica es llamado por los técnicos, los mismos serán los encargados de canalizarlo (colocación de vía endovenosa), medir glucosa, fraccionar el

radiofármaco e inyectarlo además de brindarle el paso a paso del procedimiento. Toda esta información se agrega al interrogatorio clínico, ya que estos datos los requerirá el equipo para comenzar a adquirir las imágenes.
El paciente es acompañado a un box donde se encontrará solo (ya que está emitiendo radiación) y entre los 45Min/1hora podremos comenzar el estudio. Por lo general y según la institución, durante ese periodo de tiempo el paciente deberá ingerir un contraste oral (yodado) que ese utiliza para una mejor visualización de cavidades en la tomografía computada.
Una vez alcanzado el tiempo (necesario para la correcta biodistribución del radiofármaco) el paciente deberá vaciar la vejiga y quitarse elementos metálicos si es que los tiene (como pueden ser botones, cierres, piercing, prótesis dental, aros, etc.).”[18]



Figura 8. Sala de inyección y espera. *Luciano Urso (2022). La especificidad del PET-TC (18F-FDG) en el control evolutivo del cáncer Pulmonar. Ver en página 16, 17, 18.*

Una vez transcurrido el tiempo desde la inyección al comienzo del estudio, el paciente se coloca en decúbito supino sobre la camilla. Los brazos, idealmente, posicionados arriba, tal como se realizaría una tomografía de tórax, abdomen y pelvis. En pacientes añosos, es posible que realizar este posicionamiento de brazos no sea nada soportable y hay que recordar ante todo, la comodidad del paciente. Estos son estudios largos y se requiere de la

[18] Luciano Urso (2022). La especificidad del PET-TC (18F-FDG) en el control evolutivo del cáncer Pulmonar. Ver en página 16, 17, 18.

colaboración de ellos y como profesionales, debemos poder facilitarles cierta comodidad. Retomando con el posicionamiento, en caso de no poder poner sus brazos arriba, se posicionan a los costados. En este último caso, se sujeta con abrojos a la camilla para evitar movimiento (ver figura 9).

Una vez posicionado el paciente, se procede en consola como en cualquier otro estudio de tomografía. Se ingresan los daos del paciente, altura, peso, edad, dosis de radiofármaco inyectada, hora de la administración y glucosa. Tanto la dosis administrada como el índice de glucosa son indispensables para los médicos, ya que con ello calculan el SUV (ver figura 10).



Figura 9. Sala de PET-CT. Equipo General Electric Healthcare . *Luciano Urso (2022). La especificidad del PET-TC (18F-FDG) en el control evolutivo del cáncer Pulmonar. Ver en página 16, 17, 18.*

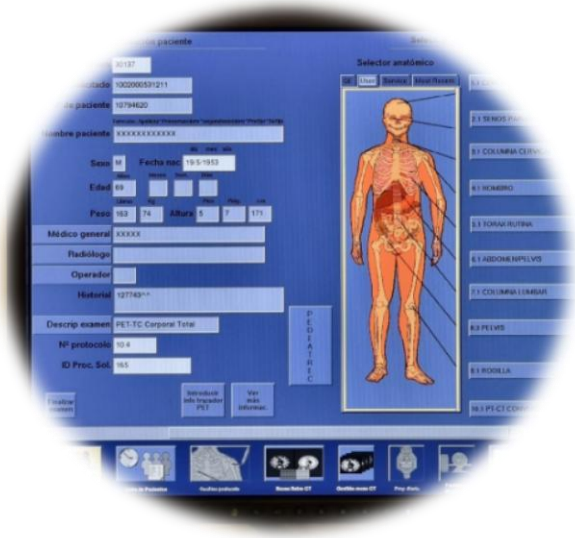


Figura 10. Consola de con sistema de ingreso del paciente.
Luciano Urso (2022). La especificidad del PET-TC (18F-FDG) en el control evolutivo del cáncer Pulmonar. Ver en página 21.

Los protocolos pueden ser armados por un especialista de la marca como así también por el técnico y médico del servicio. Dependerá de una elección u otra la metodología de la institución y la necesidad de cada paciente. Existen protocolos estandarizados para lograr llevar a cabo el estudio de forma objetiva, a menudo, los que vienen de fábrica. Si el paciente llegara con indicación de estatificación de tumor, idealmente, se debería ejecutar un protocolo completo, se realiza el barrido desde calota hasta la planta de los pies. Este protocolo finaliza con una tomografía de cerebro. En cambio, si el paciente llegara con indicación de linfomas o cáncer de cuello, por ejemplo, se utiliza un protocolo convencional. El barrido se realiza desde muslos hasta órbitas. En caso de ser necesario, se realiza tomografía de cerebro.

Tanto para un protocolo completo como para uno convencional, la forma de proceder es la misma. La diferencia estará en el primer y último paso, este puede realizarse o no según lo mencionado anteriormente:

1. **Realización del SCOUT**, es una imagen radiográfica de baja dosis y, al igual que un tomógrafo convencional, nos permite seleccionar la región que se quiere estudiar, desde el inicio del barrido hasta el final. Si es completo se hará desde centímetros más arriba de calota hasta unos cm después de las plantas de los pies. Si es convencional, desde orbitas hasta base de los muslos.
2. **TC de tórax**, es el método comúnmente elegido para la administración de contraste yodado endovenoso cuando lo requiere. Podría ser también vía oral según el requerimiento del estudio.
3. **Tomografía de fusión**, no aporta calidad diagnóstica. Es una referencia. Se utilizan cortes gruesos y serán las elegidas para fusionar con el PET.
4. **Adquisición de imágenes del PET**, en este momento, es preciso que el paciente se mantenga tan quieto como sea posible ya que el proceso de fusión comienza. Si el paciente se moviera, no coincidirían las imágenes y habría que repetir el proceso.
5. **TC de cerebro**, se realizan cortes finos para evaluar con precisión la patología del paciente. [19]

[19] *Luciano Urso (2022). La especificidad del PET-TC (18F-FDG) en el control evolutivo del cáncer Pulmonar. Ver en página 22.*

DISTRIBUCION DE LA SALA DE MEDICINA NUCLEAR

Como se ha mencionado anteriormente, en el servicio de MN se utilizan materiales radiactivos. Es esencial en este servicio tener en cuenta el lugar que va a ser destinado para la sala ya que la misma debe cumplir con algunos requisitos para mantener la radioprotección tanto del personal, como del público y paciente.

En primera instancia, se debe tener en cuenta la zona geográfica, si está rodeado de edificios o no, si es recurrente el paso del público o no. Idealmente, un servicio de medicina nuclear que forma parte de un centro de imágenes o institución como Sanatorio, Hospital o Clínica, debería tenerse en cuenta que la sala de ingreso del paciente puede ser compartida con los demás ingresos de otras especialidades. Pero no así, la salida. Y es que, por obvias razones, el paciente que ingresa al servicio, lo hace sin un radiofármaco consigo. Al salir, este no debería tener contacto, o evitar lo más posible sobre todo cuando se trata de un tratamiento en el servicio, ya que la dosis del radiofármaco es mayor, y así también la contaminación radiológica.

Entiéndase que no se trata de un riesgo mayor si el paciente sale de forma directa de la institución, de ahí a su domicilio, pero si hay que tener presente que emite radiación ese paciente y cuanto menor sea el contacto con otras personas, menos riesgo de contaminación existe.

Ahora bien, la distribución del servicio en cuanto a ubicación se trata, idealmente es en planta baja, y si tuviera ingreso y salida de forma independiente, mucho mejor. También hay que tener en cuenta la distribución del servicio en sí mismo. El mismo debe tener los espacios definidos para cada actividad o función:

Cuarto caliente, es una habitación utilizada para el almacenamiento de los radioisótopos de forma segura. Para cumplimentar con la seguridad del espacio, según la ARN (Autoridad Regulatoria Nacional) (s.f.): “paredes de mampostería de ladrillo macizo de 15 cm de espesor o de material que provea atenuación equivalente para todos los radionucleidos consignados en la Licencia de Operación. Sus medidas mínimas deben ser de 1,50 m por 2,00 m. El mismo deberá contar con:

a) Una puerta con llave;

b) Mesada de material no absorbente y de superficie continua. La pared sobre la mesada deberá estar impermeabilizada hasta una altura de 50 cm por encima de la misma. La unión de la mesada con la pared deberá efectuarse de forma tal que una sea continuación de la otra, evitándose los ángulos rectos. Los materiales a utilizar puede ser acero inoxidable, laminado plástico liso o cemento alisado impermeabilizado con pintura a base de resinas epoxi.

c) Dos piletas, separadas entre sí por una distancia mínima de 1,50 m, una de ellas deberá ser impermeable (por ejemplo acero inoxidable) sin sifón, destinada al lavado de elementos contaminados.

d) Piso de material no absorbente y de fácil limpieza (por ej.: goma, plástico, etc.)

e) Elementos/dispositivos de uso exclusivo para las prácticas de fraccionamiento que se realicen en el cuarto caliente blindados de acuerdo a la naturaleza y actividad de los radionucleidos a emplear:

e.1. Depósito de guarda de material radiactivo.
e.2. Pantalla de fraccionamiento con visión directa o indirecta.
e.3. Contenedor para efectuar la elución del generador.
e.4. Contenedor para el transporte de jeringas.
e.5.Contenedores para el almacenamiento y decaimiento de residuos sólidos contaminados."[20]

RADIOPROTECCIÓN

La radioprotección es de carácter sumamente importante para el profesional técnico o licenciado, para médicos, personal, público e incluso directores o dueños de las instituciones. La radiación desempeñó un rol muy significativo para mejorar ámbitos médicos como así también industriales. Todo en su justa dosis. Además de cumplimentar normas como las mencionadas anteriormente por la ARN, cada área especializada en el manejo de radiaciones debe tener su dosimetría correspondiente.

En normas generales, los que trabajan en el área de salud, específicamente con el manejo de radiaciones deben tener presente siempre los tres principios de radioprotección:

Justificación
Este parte del ejercicio médico. Destinado a los médicos que indican realizar estudios que impliquen radiación al paciente. Basándose en la relación costo-beneficio. Irradiar al paciente ¿Justifica o no la realización del estudio? ¿Puede ser útil para su diagnóstico? Alguna de estas preguntas son las que deben realizarse antes de indicar un estudio con radiación ionizante.

Optimización
En este punto están incluidos tanto los médicos como los técnicos y licenciados encargados de los servicios donde se realice el estudio. Se basa en el principio de ALARA, por sus siglas en ingles "As low as reasonably Achievable", es decir, tan bajo como sea razonablemente posible. Es importante que el técnico/licenciado corrobore desde los datos del paciente, como la anamnesis y, de ser necesario, consultar o sugerir con el médico que ordenó el estudio la realización de otra práctica que se adecúe a las necesidades del paciente. Por ejemplo, si se indicó una tomografía y solo se busca ver una fractura. Saltar la radiología convencional en estos casos no es lo ideal ya que indica al paciente someterse a un estudio con mayor exposición a la radiación y demora más tiempo. Entonces, estar atentos todos los profesionales y trabajar en conjunto.

Limitación de dosis
La dosis de radiación absorbida en las personas no debe superar lo legalmente establecido según la Norma básica de seguridad radiológica (AR 10.1.1).

[20] ARN (Autoridad Regulatoria Nacional). (s.f.) REQUISITOS A CUMPLIR POR ENTIDADES PARA UTILIZAR FUENTES ABIERTAS EN MEDICINA NUCLEAR EN SERES HUMANOS. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/f102_r0_requisitos_usar_fuentes_abiertas_medicina_nuclear.pdf recuperado el 02/02/2024.

RADIOTERÁPIA

GENERALIDADES

La radioterapia es un tratamiento oncológico no invasivo que utiliza radiaciones ionizantes para irradiar al tumor. La radiación puede ser proveniente de una fuente natural, es decir, emplear los rayos gamma. O bien, emitida por un acelerador lineal, rayos X.

Si la fuente emisora de radiación proviene de los rayos gamma, una fuente natural, como el Co-60, se clasifica como **braquiterapia**.

Si la fuente emisora es de Rayos X, como más comúnmente se utiliza hoy en día, se lo denomina **teleterapia**.

Tanto la braquiterapia como la teleterapia son métodos de radioterapia externa.

Para la realización de un tratamiento en esta especialidad, se requiere de varios profesionales especializados en el área ya que cada uno desarrollará una parte fundamental.

Existen varias técnicas para emplear la radioterapia. La elección de una de ellas dependerá del tumor del paciente, de su locación y de la disponibilidad que tenga cada institución respecto al equipamiento.

Para 1960 y 1970, se empleaba la radioterapia 2D. Esta, a diferencia de la que se emplea actualmente; conocida como radioterapia inversa, dentro de sus pasos a seguir no contaba con un pre TAC ni tampoco con una TAC para la planificación. El médico, definía las incidencias por sus conocimientos médicos y referencias anatómicas y con ayuda de imágenes biplanares con rayos X convencional

Se empleaba el tratamiento con la utilización del equipo “simulador fluoroscópico”, similar a la metodología de la radiología convencional. A pesar que los tiempos eran mucho más veloces con esta técnica y le permitía al paciente comenzar incluso ese mismo día que se definía el tratamiento por radioterapia, la falta de precisión de la marcación y sus incidencias, volvía al tratamiento menos preciso y más susceptible en irradiar tejido sano.

Luego, con los avances tecnológicos, se logró llegar a la radioterapia inversa. Es “inversa” porque en lugar del médico planificar según referencias anatómicas y a través de sus conocimientos, ahora existe un pre TAC y una TAC que, bajo ciertas condiciones, se realiza una tomografía para definir el volumen y tamaño del tumor para luego continuar con el procedimiento.

Los pasos a seguir para un tratamiento de radioterapia inversa son:

1)PRE-TAC: este paso es realizado por el médico, no consta de acciones sobre el paciente sino de un análisis mental para idear la técnica adecuada. Luego, en una de las hojas que

conforman la historia clínica, se detalla posición de los brazos, accesorios y si lleva o no inmovilizadores.

2) TAC: junto con técnicos radiólogos o licenciados en Bioimágenes, se evalúa mediante un primer barrido si es necesario inyectar contraste. Es necesario que la tomografía este realizada con una camilla plana (en estudios para diagnóstico por tomografía convencional la camilla es cóncava). Cuando se realiza el scout (primera obtención de imagen radiológica) es fundamental considerar que los bordes cutáneos estén incluidos, esto ayuda a llevar una precisión al momento de hacer las marcaciones de los tatuajes pudiendo seguir una escala real. Una vez obtenidas las imágenes, se localiza al tumor y realizan mediciones para llegar a definir las mediciones pertinentes del tumor.

3) PLANIFICACIÓN: en este paso se desglosan otros pasos a seguir. Se deben definir volúmenes (GTV, CTV, PTV), tipo de terapia (3D, IMRT, VMAT) y las incidencias. Este procedimiento se realiza SIN EL PACINTE.

El médico es quien define los volúmenes junto con un físico médico y técnico/licenciado en Bioimágenes. Los volúmenes se marcan en consola luego de haber realizado la tomografía, sobre dicha imagen marcarán:

• **GTV (volumen tumoral grueso),** refiere a la marcación del volumen en sí mismo del tumor.

• **CTV (volumen clínico objetivo),** engloba al GTV adicionando el margen de lesiones malignas microscópicas, es decir, posible expansión del células tumorales más allá del propio tumor.

• **PTV (volumen blanco),** engloba al CTV más un margen por error en el posicionamiento, una enfermedad subclínica o movimiento.

Luego de definir los volúmenes, se definen las marcaciones de los órganos de riesgo, aquellos que por ser adyacentes al tumor corren un alto riesgo de ser irradiados.

Una vez realizados los pasos anteriores el paciente puede ir a tratamiento con 3 técnicas diferentes. Que sea concluyente una u otra dependerá, en primer lugar del tipo de tumor, del paciente (considerando si podría tolerar 20 min en una misma posición o no, ya sea por edad o por síntoma propio de la enfermedad).

Las técnicas que pueden emplearse tienen algunas cosas en común y otras que no. Para ello, se resume en una tabla las comparaciones:

	3D	IMRT	VMAT
COLIMADOR	**fijas**	**dinámicas**	**dinámicas**
GANTRY	**fijo**	**fijo**	**Móvil**
DURACIÓN	**8min**	**20min**	**8min**
+INFO	• **1° técnica de RI**	• **2° técnica de RI.**	• **3° técnica de RI.**
	• **Pensada para protegertejido sano.**	• **Busca mejorar la3D.**	• **Busca perfeccionar laIMRT.**
	• **Irradia homogéneamente altumor.**	• **Ventajas respecto a colimadores ya que son múltiples laminillas capaces de adaptarse al tumor en cada incidencia, evitando irradiar tejido sano.**	• **Mantiene ventajas respecto a colimadores.**
	• **Sus colimadores son conformados, unificados. Pueden ser de plomo, hechos para cada paciente yse colocan debajo del tubo de RX o varias placas porincidencia.**	• **Desventaja, el tiempo de duración esmucho mayor a la 3D.**	• **Se adiciona el movimientodel gantry, reduciendo el tiempo de tratamiento.**

Las incidencias se indican y detallan en una hoja de ruta de la historia clínica. En esa hoja, encontraremos una imagen de la planificación, con los distintos volúmenes marcados en colores y hacia sus bordes los tipos se incidencias, con respectivas siglas, que se harán. Estas pueden ser:

- Oblicua Anterior Derecha (OAD
- Oblicua Anterior Izquierda (OAI)
- Oblicua Posterior Derecha (OPD)
- Oblicua Posterior Izquierda (OPI)
- Anteroposterior (AP)
- Posteroanterior (PA)

4) VERIFICACIÓN: se cita al paciente por primera vez para comprobar si los parámetros ya establecidos en la planificación coinciden a escala real. Además, el paciente se enfrenta al lugar que va a tener que concurrir durante varias sesiones. Por lo tanto, es un paso fundamental para conocer el lugar donde estará y lo que verá, bajando el nivel de incertidumbre y posibles miedos e incomodidades.
Además, se programa al equipo con el gantry en 0° y con el momento de la camilla los profesionales determinarán la distancia foco piel (DFP) real. Esto es importante ya que la medición que se realiza en la planificación, es decir, en la teoría no suele coincidir con la real cuando se cita al paciente. Por ende, debe volver a establecerse y por supuesto y muy importante, anotarlo en la historia clínica.

5) QA: este paso aplica únicamente si la técnica a utilizar es IMRT o VMAT. Consta de un control de calidad para evaluar el haz de radiación. Se lo conoce como "Exteral Beam Planning".
Es importante realizarlo ya que se trabaja con altas dosis de radiación y con incidencias heterogéneas entre sí, por lo tanto, debe estar perfectamente calibrado para evitar errores durante el tratamiento.

6) INICIO DEL TRATAMIENTO.
Se debe realizar con el paciente, todos los pasos antes planificados y hacer anotaciones en caso que la distancia foco piel (DFP) no coincida con la planificada. Esto suele suceder a menudo.
A continuación, se pondrá en una tabla, 3 casos de pacientes del Instituto de Oncología Ángel H. Roffo a modo ejemplificativo de los ítems a tener en cuenta como técnico y físico como así también el médico a cargo.

	3D	IMRT	VMAT
PATOLOGÍA	CASO 1 Tiroides	CASO 2 CA orofaringe (CyC)	CASO 3 C.A. Próstata A.R
VOLUMEN A IRRADIAR	Ptv1=838,8 ptv2=206,2 cm3	PTV 70=394,4 cm3 PTV 63= 569,3 cm3 PTV 56= 712,7 cm3	PTV 1 = 125.1 cm3 PTV 2 = 89,5 cm 3
INCIDENCIAS	AP – PA – OPD – AP -OPI	OPD 1 – OPD2 – OAD –AP – OAI – OP1 – OPI2	181° aprox.
DOSIS DIARIA	400 cGy	28/29	102 cGy
DOSIS TOTAL	5000 cGy		5400 cGy
CANTIDAD DE DÍAS DE TTO.	5	35	39
FECHA INICIO	24/08/2020	02/09/2020	05/12/2016
FECHA FIN	30/09/2020	23/10/2020	02/02/2017

IMNOVILIZADORES	Máscara	Máscara	Apoya talones
ACCESORIOS	BH/B	Colchoneta debajo de espalda	Almohada, triangulo

DIFERENCIAS ENTRE BRAQUITERAPIA Y TELETERAPIA

La diferencia entre estas clasificaciones, además de ser la fuente emisora de radiación, es que en la braquiterapia se utiliza una corta distancia entre el paciente y la fuente. En cambio, la teleterapia, suele estar más distante.
Esta terapia es utilizada de forma complementaria con tratamientos estándar como la quimioterapia.

REPRODUCIBILIDAD

Para proceder con la terapia, se marca la zona a irradiar con pequeños tatuajes, en forma de puntos milimétricos para evitar tener que marcar la zona a tratar cada vez que el paciente acude a las sesiones y también de irradiar tejido sano. Aunque inevitablemente, en la mayoría de los casos, el tejido circundante llega a dañarse por la radiación. Para ello, un equipo interdisciplinario se encarga de tomar las medidas necesarias y así contemplar los menores efectos secundarios posibles.

Los tatuajes se usan exclusivamente en radioterapia externa para asegurar la reproducibilidad. Se realizan en el momento de tomar la imagen con la que se planificará el tratamiento (TAC, RNM, PET) y con los accesorios y/o inmovilizadores ya colocados (material termoplástico, apoyacabezas, breastboard, colchones inflables, etc.).

Con respecto a las fuentes naturales, algunos isótopos radiactivos son naturales, pero en particular el cobalto-60 se produce bombardeando cobalto-59 natural con neutrones, proceso físico conocido como fisión nuclear.

Respecto a los equipos de radioterapia externos (Teleterapia), algunos equipos más antiguos, pero actualmente usados (aún funcionan en hospitales públicos de la ciudad de Buenos Aires, de la provincia de Buenos Aires y de otras partes del país), utilizan Cobalto 60, su configuración externa se asemeja a un acelerador, tienen un brazo, gantry que aloja la pastilla de Cobalto 60 blindada y colimador.

Respecto a la braquiterapia (corta distancia) o radioterapia interna, utiliza también otros radioisótopos como Iridium, Yodo, Oro entre otros. Antiguamente usaban Radium y/o Cesio pero ya fueron retirados para uso en medicina.

Una vez planificado el tratamiento se usan como referencia para posicionar al paciente reproduciendo la imagen que surge de la planificación (realizada a partir de la reconstrucción por apilamiento de los cortes de la tomografía, con la ubicación de los órganos de riesgo y del tumor en todos los cortes).

Es impredecible aclarar que la radioterapia no es aplicable en todos los tipos de cáncer. Hay que tener en cuenta, principalmente, que debe ser un tumor físico y aprobado por profesionales para ser tratado con este método. Además, los tumores tratados son aquellos que muestran cierta radiosensibilidad y que son pasibles de ser tratados con una técnica de carácter local. Los tumores más presentes en un servicio de radioterapia son: cáncer de próstata, cérvix, mama, pulmón, sistema nervioso central, laringe y las metástasis óseas o de sistema nervioso central de estos tumores. Otros con menos presencia son los de parótida, ovario, sarcomas (de músculo), órbita, piel, entre otros.

TRATAMIENTO DEL SECUNDARISMO OSEO, ¿EN MEDICINA NUCLEAR O RADIOTERAPIA?

Respecto al tratamiento para el secundarismo óseo en medicina nuclear, las fuentes bibliográficas consultadas no indican, mayoritariamente, que sea uno de los métodos más elegidos. Incluso, son primordiales las cirugías, radioterapia, hormonoterapia, entre otros.[21] Aquellos tratamientos que se realizan en radioterapia utilizan la técnica de braquiterapia con la utilización del radiofármaco radio-223.[22] Como se mencionó anteriormente, la braquiterapia instala pequeñas dosis de material radiactivo, llámese semillas, en la zona a irradiar para llegar al deletéreo de las células tumorales. Este objetivo lo tiene en común con la medicina nuclear.

Podría llegar a debatirse entonces, si el tratamiento por braquiterapia, a pesar de corresponderle a la especialidad de radioterapia, podría ser ejercido o no por un licenciado o técnico en medicina nuclear. La realidad es que la diferencia principal entre el procedimiento en braquiterapia y los tratamientos realizados en MN es que, en el primero lo realiza un equipo de profesionales, conformado por médicos, enfermeros, anestesista, similar al equipo que opera en quirófano, ya que se necesita de campos estériles, sumo cuidado y precisión. Ellos son los encargados de llevar a cabo el procedimiento en sí. En MN, el procedimiento lo lleva adelante el técnico o licenciado, en conjunto con el médico oncólogo que luego evalúa el estudio. La braquiterapia es un tratamiento invasivo comparado con los procedimientos en MN.

METODOLOGIA

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es del tipo mixta entre los enfoques cualitativos y cuantitativos. Es observacional, transversal y retrospectiva.

[21] A.J. Garbayo y otros (2004). Enfermedad metastásica ósea. Diagnóstico y tratamiento. Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272004000600014 recuperado el 22/02/24.

[22] Instituto Nacional del Cancer (s.f.). Dicloruro de radio Ra 223. Disponible en https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/dicloruro-de-radio-ra-223 recuperado el 22/02/24.

UNIVERSO/POBLACIÓN

El universo o población son un grupo de pacientes que han sido tratados en radioterapia y que posteriormente derivaron al servicio de medicina nuclear en el Instituto de Oncología "Ángel H. Roffo", como así también, pacientes que concurren al servicio de medicina nuclear con la indicación de realizarse PET-CT con el fin de evaluar si existe o no una metástasis por secundarismo óseo o reincidencia del tumor primario. Este último análisis se realizará con datos brindados de IMAXE, Centro de Diagnostico por Imágenes.

MUESTRA

Para la muestra se seleccionan casos de pacientes masculinos de entre 60 a 90 años, diagnosticados con cáncer de próstata y derivados al servicio de radioterapia. La muestra y el tamaño se limita a 10 casos entre el Instituto Ángel H. Roffo (3) y IMAXE (7) entre los años 2022 a 2023.
Todos los casos clínicos presentados en esta investigación serán resguardados bajo el anonimato para proteger su identidad.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Pacientes masculinos, historia de tratamiento en radioterapia por cáncer de próstata. Rango etario: 60 a 90 años. Gleason ≥7. Reducido a la Ciudad de Buenos Aires.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Pacientes del sexo opuesto al antes mencionado (femenino), antecedentes clínicos o de tratamiento por un cáncer diferente al de próstata, pacientes fuera del rango etario especificado. Pacientes con índice Gleason <7.

RECOLECCION DE DATOS

La recolección de datos es extraída de casos clínicos de pacientes concurrentes al servicio de medicina nuclear entre los años 2022 y 2023.

VARIABLES

Las variables de esta investigación son:

Variables	Clasificación	Justificación
Edad	Cuantitativa continua	✓ Es cuantitativa porque permite operar algebraicamente, es continua porque entre cada valor entero se encuentran infinitos números.
Sensibilidad de la imagen	Cualitativa ordinal	✓ Cualitativa porque no permite hacer operaciones algebraicas. Es ordinal porque sus valores pueden ser ordenados por intensidad o niveles.
Agresividad del tumor	Cuantitativa discreta	✓ Permite operar con los datos y es discreta porque son valores enteros.
Tipo de estudio de MN	Cualitativa nominal	✓ Cualitativa porque no permite hacer operaciones algebraicas. Es nominal porque sus valores no pueden ser ordenados por intensidad o niveles.
Hipercaptación	Cualitativa nominal dicotómica	✓ Representa solo dos valores y no permite operar algebraicamente con ellos.
Región anatómica hipercaptante	Cualitativa nominal	✓ Representa uno o varios valores que no permiten operar algebraicamente entre ellos y tampoco pueden ordenarse.
Secundarismo	Cualitativa nominal dicotómica	✓ Representa solo dos valores y no permite operar algebraicamente con ellos.

OPERACIONALIZACIÓN

Definición de los indicadores: Edad

Definición de rango: pacientes entre 60 a 65, 65 a 70, 70 a 75, 75 a 80, 80 a 85, 85 a 90.

Herramienta de medición: Dato recolectado de las historias clínicas.

Definición de los indicadores: sensibilidad de imagen

Definición de rango:

Alta: imágenes obtenidas con PET CT ya que arroja información metabólica fusionada con tomografía, por lo tanto, da una calidad de imagen tanto anatómica como funcional y multiplanares volumétricos.

Baja: Imágenes planares en cámara gamma, utilizado en el protocolo de centellograma óseo.

Herramienta de medición: Identificar en las historias clínicas los protocolos indicados.

Definición de los indicadores: Agresividad del tumor

Definición de rango:

Sin índice Gleason: -

Gleason entre 2 y 6: de bajo grado

Gleason 7: de Grado intermedio

Gleason entre 8 y 10: de Grado alto

Herramienta de medición: Registrar los datos obtenidos de los resultados de biopsias en Historias clínicas. Aquellos pacientes con índice Glasgow nulo, no fueron biopsiados ya que fueron diagnosticados por clínica, imágenes y tacto rectal.

Definición de los indicadores: Tipo de estudio

Definición de rango:

Centellograma óseo, imagen obtenida de tipo planar.

PET CT, imágenes obtenidas funcionales, multiplanares y fusionadas en tomografía.

Herramienta de medición: identificar en las historias clínicas el tipo de estudio empleado.

Definición de los indicadores: hipercaptación

Definición de rango:

Positivo, visualiza en la imagen puntos calientes (lesión caliente)

Negativo, imagen sin puntos calientes.

Herramienta de medición: visualización de las imágenes obtenidas en los casos clínicos.

Definición de los indicadores: región anatómica del secundarismo

Definición de rango: Tipo de región: *huesos largos, calota, parrilla costal, columna, etc.*

Herramienta de medición: Identificar los puntos calientes en las imágenes obtenidas de las historias clínicas.

Definición de indicadores: concluyente para secundarismo óseo.

Definición de rango:

Sí, se confirma metástasis ósea.

No, negativo para metástasis óseas. La hipercaptación puede indicar procesos inflamatorios o procesos degenerativos.

Herramienta de medición: Informe de los estudios realizados a los pacientes, extraídos de las historias clínicas.

ANÁLSIS DE DATOS

Para el plan de análisis de los datos, se detalla una tabla a continuación con el objetivo de poder brindarle al lector una vista simplificada de los datos recolectados.

	EDAD	AGRESIVIDAD DEL TUMOR	TIPO DE ESTUDIO	CALIDAD DE IMAGEN	HIPERCAPTACIÓN	REGIÓN ANATÓMICA HIPERCAPTANTE	CONCLUYENTE
CASO 1	65 a 70	7	Pet-CT	Alta	Positivo	• Calota (región frontoparietal izquierda) • Cara externa de órbita derecha • Clavícula izquierda. • Manubrio esternal. • Cuerpos vertebrales de T3/T9/L2. • Hueso ilíaco derecho. • Techo del acetábulo derecho.	Sí
CASO 2	65 a 70	7 (3+4)	Pet-CT	Alta	Positivo	• Cuerpo vertebral de T1/T4/T7/T10. • Apófisis espinosas de L4. • Techo del acetábulo izquierdo. • Hueso ilíaco derecho. • Tercio medio de la diáfisis femoral derecha.	Sí

CASO 3	65 a 70	7 (3+4)	Centellograma óseo	Baja	Positivo	• L3, L4 • Manubrio esternal. • Hombro bilateral. • Captación irregular en raquis. • Rodillas. • Tarsos. • Tobillos.	No
CASO 4	85 a 90	-	Pet-CT	Alta	Positivo	• Base de apófisis coracoides de la escápula derecha. • Sector lateral del 3° arco costal izquierdo. • Sector medio de la escápula izquierda. • Sector posterior del 9° arco costal izquierdo. • Cuerpo vertebral de L4 y L5. • Sacro, a nivel de S1. • Sector posterior del hueso ilíaco izquierdo. • Proceso oncológico en próstata.	Sí
CASO 5	65 a 70	-	Pet-CT	Alta	Positivo	• Sector lateral derecho del clivus, hueso occipital. • Escápula derecha. • Cuerpo de T6 y T8. • 5° arco costal izquierdo. • 6° arco costal derecho. • Hueso ilíaco izquierdo. • Región apical de glándula prostática.	Sí

CASO 6	80 a 85	-	Pet-CT	Alta	Positivo	• Bifurcación iliaca izquierda. • Apófisis articular derecha de C7. • Sector anterior izquierdo el cuerpo vertebral de L1. • Apófisis espinosa L4, en donde se observa una imagen osteocondensante. • Sector proximal de la unión epifiso-diafisaria del fémur izquierdo. • Tercio proximal de la diáfisis femoral izquierda,	Sí
CASO 7	75 a 80	7 (3+4)	Pet-CT	Alta	Positivo	• 3° arco costal posterior derecho. • 4° arco costal izquierdo. • Hueso ilíaco izquierdo, próximo a la articulación sacroilíaca. • Hueso ilíaco derecho. • Cóndilo femoral interno izquierdo.	Sí
CASO 8	75 a 80	7 (3 + 4)	Pet-CT	Alta	Positivo	• hemiglandula prostática • izquierda, a nivel de su tercio medio. • Cuerpo vertebral T5.	Sí
CASO 9	60 a 65	7 (4 + 2)	Pet-CT	Alta	Positivo	• Proceso inflamatorio en rodilla a causa de golpe. • Hipercaptación en articulaciones de hombros y tobillos.	No
CASO 10	60 a 65	7(3 + 4)	Centellograma óseo	Baja	Positivo	• Captación en L3 lateroposterior derecho. • Procesos osteoarticulares degenerativos.	No

RESULTADOS

Luego de observar la tabla de operacionalización de datos, a simple vista se puede confirmar que, el centellograma óseo a pesar de ser útil en diagnóstico de patologías, no siempre es preciso para la confirmación de secundarismo óseo sin complementar con otros estudios. En cambio, el estudio por PET-CT otorga mayor precisión en cuanto a la localización de la lesión hipercaptante producto, en parte, de la fusión con tomografía. Solo 1 de 10 casos dio negativo para metástasis ósea. En resumen, incluso el PET-CT aporta información confirmando la negatividad del secundarismo.

Se puede concluir también que, en ambos técnicas, aunque la hipercaptación sea positiva no está ligada directamente con la confirmación de la metástasis ósea. Debe tenerse en presente que, al ser un proceso metabólico, también capta procesos degenerativos e inflamatorios. El PET aporta un dato más que es el SUV, valor que permite determinar a médico en una vista rápida si la región hipercaptante se encuentra entre los valores normales o patológicos (Ver en tabla 1).

CASOS	TIPO DE ESTUDIO	HIPERCAPTACION	CONCLUYENTE
CASO 1	PET-CT	POSITIVO	SI
CASO 2	PET-CT	POSITIVO	SI
CASO 3	CENTELLOGRAMA OSEO	POSITIVO	NO
CASO 4	PET-CT	POSITIVO	SI
CASO 5	PET-CT	POSITIVO	SI
CASO 6	PET-CT	POSITIVO	SI
CASO 7	PET-CT	POSITIVO	SI
CASO 8	PET-CT	POSITIVO	SI
CASO 9	PET-CT	POSITIVO	NO
CASO 10	CENTELLOGRAMA OSEO	POSITIVO	NO

Tabla 1. Detalla los casos junto con respectivos estudios, confirmando que la hipercaptación positiva no siempre es concluyente con secundarismo óseo.

En cuanto a regiones anatómicas se puede analizar que el raquis constituye la mayor región de puntos calientes comparando los estudios, siendo las vértebras lumbares las más predispuestas a presentar signos de metástasis óseas. Entre 10 casos, se describen al menos una región hipercaptante por paciente. El segundo hueso con mayor predisposición es el de las vértebras dorsales, se encuentran en 9 pacientes entre los 10 evaluados. A estas estructuras anatómicas le siguen, hueso ilíaco al menos con 1 región hipercaptante por paciente, arco costal en 6 de cada 10 pacientes, fémur en 5 de cada 10 casos, escápula y esternón en 3 de cada 10 pacientes. En articulaciones como hombros, tobillos y rodillas, al menos se presentan hipercaptante en 2 de 10 pacientes. En calota, clavículas, hueso, occipital, orbitas, sacro, tarsos, vértebras cervicales en 1 de cada 10 casos (véase en gráfico 1).

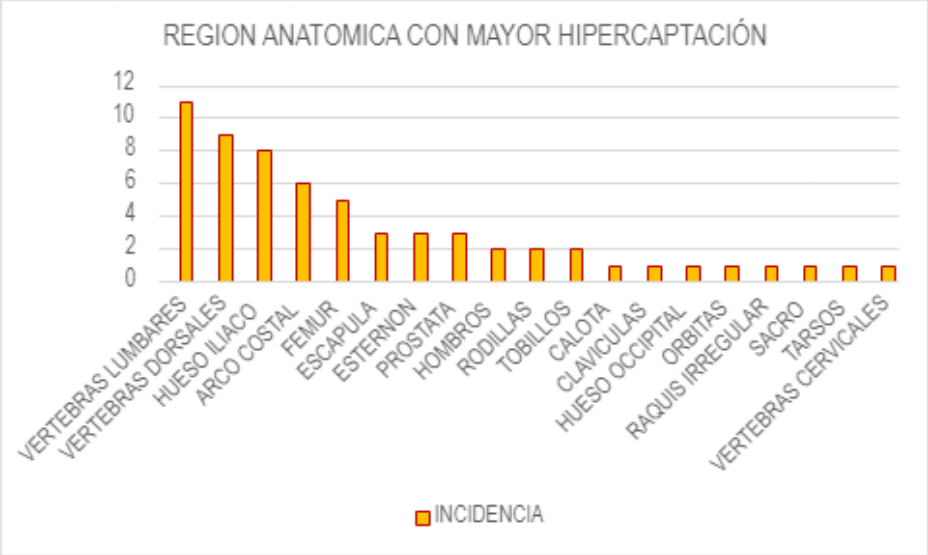


Gráfico 1. Puede observarse la región más frecuente de hipercaptación de los 10 casos analizados, siendo las vertebras lumbares las que tienen mayor incidencia.

Continuando con el análisis, en el cuadro de operacionalización se observa que no todos los casos comprenden un dato específico de agresividad del tumor (índice Gleason), sucede esto ya que no todos los pacientes fueron sometidos a biopsia y se llegó a la confirmación del cáncer de próstata por otros estudios, entre ellos, el nivel de PSA y tacto rectal. En la tabla 2 se detalla el nivel normal de PSA, los niveles que cada paciente tenía al momento de la realización del estudio por PET/centellograma y su respectivo índice de agresividad tumoral. En esta tabla se deja expresa la importancia de realizar todos los estudios necesarios para llegar al diagnóstico del tumor primario (CA de próstata), ya que no siempre el nivel de PSA indica posible tumor. Los casos 4,5 y 6 probablemente se hayan apoyado en estudios secundarios para la confirmación del diagnóstico, sobre todo, los casos 5 y 6 que el PSA no supera el índice de referencia para sospechar patología.

CASOS	AGRESIVIDAD DEL TUMOR	PSA
CASO 1	7 (4 + 3)	20.55ng/ml.
CASO 2	7 (3+4)	1.7ng/ml.
CASO 3	7 (3+4)	1.7 ng/ml.
CASO 4	-	25ng/ml.
CASO 5	-	0.07 ng/ml.
CASO 6	-	0.02 ng/ml.
CASO 7	7 (3+4)	7.5 ng/ml.
CASO 8	7 (3 + 4)	5.36 ng/ml.
CASO 9	7 (3 + 4)	11 ng/ml.
CASO 10	7 (3 + 4)	4,37 ng/ml
Referencia: PSA normal <4ng/ml		

Tabla 2. Puede observarse que en los casos 1, 4 y 11 se tuvo que calcular el porcentaje libre/total de PSA ya que supera el rango entre 4 y 10 ng/ml. En los casos 2, 3, 5, 6, 7, 8 y 10 que están dentro del rango, probablemente se hayan comparado junto con el índice Gleason y la historia clínica del paciente para confirmar el diagnóstico. Sin necesidad de calcular el porcentaje libre/total.

Respecto al análisis de los pacientes y sus datos personales se encuentra que, la edad más frecuente de los paciente se encuentra entre 60 a 69 años (siendo 5 los pacientes entre 10), en base a ello, se calcula una tabla de frecuencias, obsérvese en la tabla 3 a continuación con respectivo gráfico (gráfico 2):

EDADES	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ABS. ACUMULADA	FRECUENCIA REALATIVA ACUMULADA
60 a 69	5	0,5	5	0,5
70 a 79	3	0,3	8	0,8
80 a 89	2	0,2		

Tabla 3. Véase en las columnas las distintas frecuencias calculadas.

Entre los 10 casos recolectados se encuentre que la media se inclina hacia uno de los extremos positivos ya que el mínimo y el máximo están lo suficientemente alejados para que la media y la mediana no coincidan. A simple vista, se puede confirmar que no corresponde a una curva Gaussiana. La edad que más se repite es 60 años y el número que divide a la mitad el total de la muestra en edad es el 74. (Véase en la tabla 4)

N° DE LA MUESTRA	10
MEDIA O PROMEDIO	72
MODA	60
MEDIANA	74

Tabla 4. Representación de datos estadísticos que determinan total de pacientes, media, moda y mediana.

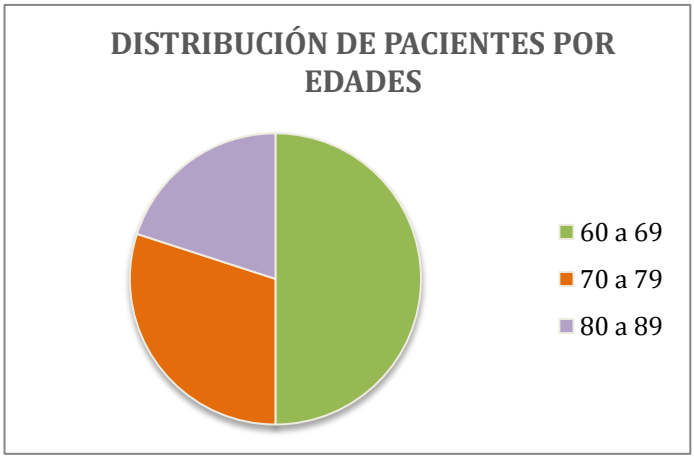


Gráfico 2. Representación de las edades según la frecuencia.

De los 10 pacientes detallados en esta investigación, 2 son fumadores activos de entre 5 a 20 cigarrillos por día, 4 de los 8 restantes fueron fumadores entre 15 a 25 años consecutivos y actualmente no lo son, fumaron entre 15 a 60 cigarrillos por día, a uno de ellos se le adiciona, también, el consumo de alcohol. Hay 4 pacientes que no son fumadores activos ni lo fueron. Aunque la probabilidad de contraer CA de próstata aumenta con los malos hábitos, incluyendo, entre ellos, fumar y consumir alcohol, no se pudo correlacionar con los índices de PSA. Los fumadores tuvieron un índice bajo en algunos casos y no fumadores un índice incrementado a pesar de no tener consumo de tabaco ni alcohol (Ver en tabla 5 y gráfico 3).

N° DE CASO	EDAD	FUMADOR	N° DE CIGARRILLOS POR DIA	PSA	DATO ADICIONAL
9	60	si	5	11 ng/ml	
10	60	no	0	4,37 ng/ml	
5	65	no	0	0,07 ng/ml	
1	69	no	0	20,55 ng/ml	
3	69	si	20	71,6 ng/ml	alcohólico
2	71	ex	15	1,7 ng/ml	
7	76	ex	20	7,56 ng/ml	
8	77	ex	60	5,36 ng/ml	
6	85	ex	20	8,79 ng/ml	
4	87	no	0	25,03 ng/ml	

Tabla 5. Se detallan los pacientes y puntos claves de las causas probables del CA de próstata.

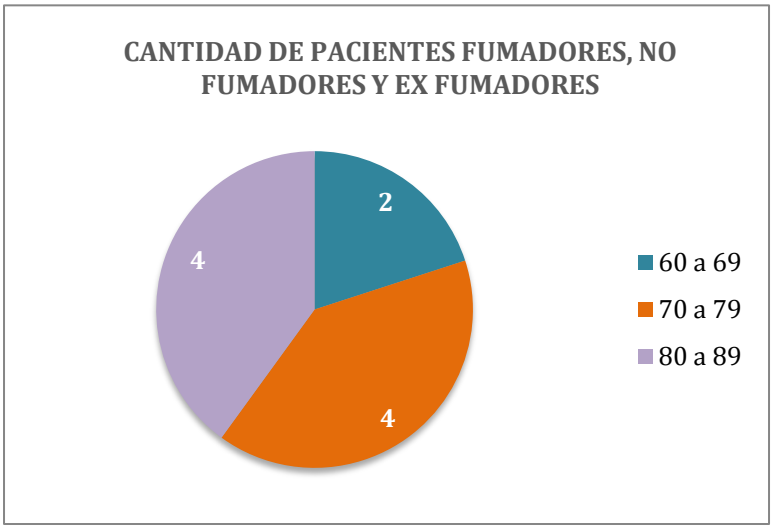


Gráfico 3.Representación de los pacientes fumadores.

Continuando con lo mencionado anteriormente, para lograr una vista rápida de los valores generales de PSA en los distintos pacientes, se presenta una tabla a continuación con los valores de media y mediana, considerando que los valores no se repiten, no es posible establecer una tendencia, es decir, la moda (ver en tabla 6).

	PSA (ng/ml)
MEDIA	15,60
MEDIANA	8,18
MODA	

Tabla 6. Demostración de la media y mediana para los niveles de PSA en los pacientes.

CONCLUSION

En base a los resultados obtenidos, se puede determinar que la medicina nuclear da aportes relevantes en diagnóstico de secundarismo óseo en cáncer de próstata tratado en radioterapia. Es eficiente en la detección temprana de lesiones óseas, comparando el PET-CT con el centellograma óseo, se obtuvo mayor especificidad en PET que en centellograma y, respondiendo a la hipótesis planteada al comienzo de esta investigación, se afirma que la Medicina Nuclear aporta información específica y es concluyente para la detección de metástasis ósea, consecuente del tumor primario en próstata.

BIBLIOGRAFÍA

1. A.J. Garbayo y otros (2004). Enfermedad metastásica ósea. Diagnóstico y tratamiento. Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272004000600014 recuperado el 22/02/24.
2. American Cancer Society (2020). "¿Qué es el cáncer? Disponible en: https://www.cancer.org/es/tratamiento/como-comprender-su-diagnostico/que-es-el-cancer.html Recuperado el 20/09/22
3. American Cancer Society (s.f.). Signos y síntomas del cáncer de próstata. Recuperado de https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-prostata/deteccion-diagnostico-clasificacion-por-etapas/senales-sintomas.html el 10/10/2023.
4. ARN (Autoridad Regulatoria Nacional). (s.f.) REQUISITOS A CUMPLIR POR ENTIDADES PARA UTILIZAR FUENTES ABIERTAS EN MEDICINA NUCLEAR EN SERES HUMANOS. Disponible en https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/f102_r0_requisitos_usar_fuentes_abiertas_medicina_nuclear.pdf recuperado el 02/02/2024.
5. Bolaños Morera, P. - Chacón Araya, C. (2017). Escala patológica de Gleason para el cáncer de próstata y sus modificaciones. Scielo. Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152017000100237
6. CAEME, Innovación para la salud (2021). "Terapia génica: la innovación que puede transformar vidas". Disponible en: Terapia génica: la innovación que puede transformar vidas » CAEME Recuperado el 24/09/22.
7. Cancer.net. (s.f.). Cáncer de próstata: síntomas y signos. Recuperado de https://www.cancer.net/es/tipos-de-c%C3%A1ncer/c%C3%A1ncer-de-pr%C3%B3stata/s%C3%ADntomas-y-signos el 10/10/2023.
8. Cancer.net. (s.f.). Estadios y grados del cáncer de próstata. Recuperado de https://www.cancer.net/es/tipos-de-cancer/cancer-de-prostata/estadios-y-grados el 09/10/2023.
9. Centro argentino de urología (2023). Cáncer de próstata. Recuperado de https://centroargentinodeurologia.com.ar/cancer-prostata/ el 11/10/2023.
10. Centro de Diagnóstico Granada (s.f.) PET COLINA. Disponible en https://centrodiagnostico.com/pet-colina/#:~:text=El%20PET%20Colina%20es%20una,tempranos%20el%20carcinoma%20de%20pr%C3%B3stata. Recuperado el 19/01/2024.
11. Clínica Universidad de Navarra (2022). "Gammagrafía Nuclear". Disponible en: https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/pruebas-diagnosticas/gammagrafia
12. Colegio Médico de México. "El inicio del cáncer en la historia médica". Disponible en: Colegio Médico de México FENACOME: El inicio del cáncer en la historia médica (colegiomedicodemexico.org) Recuperado el 24/09/22

13. Fundora Saraff T. y otros (2019). Tomografía por emisión de positrones asociada con tomografía computarizada en la estadificación de los linfomas. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892020000100004#:~:text=La%20historia%20del%20desarrollo%20de,Sweet%20describieron%20el%20primer%20dispositivo. Recuperado el 27/02/2024.

14. Grupo Scanner Vizcaya. (2022) ¿Qué es el PET COLINA? Disponible en https://www.gruposcanner.biz/pet-colina-bilbao/ recuperado el 19/01/2024.

15. Hernández Buitrago, K. A. (2021). Estudio de los cambios ínter e intrafracción en radioterapia hipofraccionada guiada por imágenes en cáncer de próstata. Recuperado el 24/10/2022.

16. Illanes, L., & Etcheverry, M. E. (2016). Física de la medicina nuclear. *Series: Libros de Cátedra*. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52723. Recuperado el 21/09/2022.

17. Initia Oncología. (2021). Escala de Karnofsky. Recuperado de https://initiaoncologia.com/glosario/escala-de-karnofsky/ el 11/10/2023.

18. Instituto Nacional del Cáncer (s.f.) 18F COLINA. Disponible en https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/18f-colina recuperado el 19/01/2024.

19. Instituto Nacional del Cancer (s.f.). Dicloruro de radio Ra 223. Disponible en https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/dicloruro-de-radio-ra-223 recuperado el 22/02/24.

20. Instituto Nacional del Cáncer. (2021). Grado del tumor. Recuperado de https://www.cancer.gov/espanol/cancer/diagnostico-estadificacion/diagnostico/grado-del-tumor el 11/10/2023.

21. J. Borrajo-Sánchez y F. J. Cabrero-Fraile (s.f.) Tomografía por emisión de positrones (PET): fundamentos y limitaciones tecnológicas. Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-66912010000400001 recuperado el 19/01/2024.

22. Junta de Castilla y León y consejería de sanidad (2018). "Tomografía por emisión de fotón simple: SPECT y SPECT-TC". Disponible en: https://www.saludcastillayleon.es/AulaPacientes/es/pruebas-diagnosticas/pruebas-diagnostico-imagen/pruebas/pruebas-medicina-nuclear/tomografia-emision-foton-simple-spect-spect-tc#:~:text=La%20tomograf%C3%ADa%20computarizada%20por%20emisi%C3%B3n,la%20c%C3%A1mara%20que%20se%20utiliza. Recuperado el 24/10/2022.

23. Luciano Urso (2022). La especificidad del PET-TC (18F-FDG) en el control evolutivo del cáncer Pulmonar. Ver en página 13.

24. MedlinePlus. (s.f.). Prueba de PSA (antígeno prostático específico). Recuperado de https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/prueba-de-psa-antigeno-prostatico-especifico/ el 09/10/2023.

25. Open IA (2023). Introducción. Recuperado de https://chat.openai.com/c/52382275-d6ca-4c66-9dde-8336173bc4be el 25/11/2023.

26. SK Ruiz-Alva y otros. (2022). Tumores que producen metástasis óseas. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022021000200201 recuperado el 01/03/2024.
27. SuportaMed. (s.f.) Clasificación y tipos de cáncer. Disponible en: https://suportamed.com/cancer-clasificacion-tipos/ recuperado el 01/03/2024.
28. Tesla diagnóstico (2020). Centellograma óseo. Recuperado de https://www.diagnosticotesla.com/estudio-medico/centellograma-oseo-total/ el 10/10/2023.
29. Zapote-Hernández, B., Cruz-Santiago, J. C., González-Vargas, E., & Jaramillo-Núñez, A. (2016). Concordancia diagnóstica entre los métodos visual e informático en la detección de metástasis por gammagrafía ósea en cáncer de próstata. Anales de Radiología, México, 15(2). Recuperado el 24/10/2022.

ANEXOS

En esta sección podrán encontrar las historias clínicas recolectadas, tanto del Instituto de Oncología Ángel H. Roffo como del Centro de diagnóstico IMAXE. Se incluyen datos pertinentes para esta investigación y algunas de las imágenes de los casos.

HISTORIAS CLÍNICAS

A continuación, podrán encontrar los detalles de las historias clínicas de cada paciente. Recolectada su información para objeto de esta investigación y no en su totalidad.

CASO 1

INSTITUCIÓN: IMAXE

AÑO DE LA HISTORIA CLÍNICA: 2023

IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE:

- *Edad:* 69 años
- *Fumador:* no
- *Cantidad de cigarrillos por día: -*

MOTIVO DE CONSULTA: control post tratamiento de radioterapia

SÍNTOMAS: dolores óseos en parrilla costal derecha, mucho cansancio y pérdida de apetito.

PSA: 20,55 ng/ml.

GLEASON: 7 (4 +3)

ESTUDIO REALIZADO: Pet – Colina

RADIOFÁRMACO: F18 COLINA

DOSIS: 10 mCi.

DIAGNÓSTICO: Metástasis ósea

TUMOR PRIMARIO: Adenocarcinoma de próstata. Tumor maligno.

CASO *2*

INSTITUCIÓN: IMAXE

AÑO DE LA HISTORIA CLÍNICA: 2023

IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE:

- *Edad:* 71 años
- *Fumador:* ex fumador
- *Cantidad de cigarrillos por día:* solía fumar 15 por día.

MOTIVO DE CONSULTA: control post tratamiento de radioterapia.

SÍNTOMAS: asintomático

PSA: 1.7 ng/ml.

GLEASON: 7 (3 + 4)

ESTUDIO REALIZADO: Pet – Colina

RADIOFÁRMACO: 68Galio-PSMA.

DOSIS: 5 mCi.

DIAGNÓSTICO: Metástasis ósea

TUMOR PRIMARIO: Adenocarcinoma de próstata. Tumor maligno.

CASO *3*

INSTITUCIÓN: Ángel H. Roffo

AÑO DE LA HISTORIA CLÍNICA: 2022

IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE:

- *Edad:* 69 años
- *Fumador:* Sí
- *Cantidad de cigarrillos por día:* 20 por día
- *Alcoholismo:* sí

MOTIVO DE CONSULTA: Control post tratamiento en radioterapia.

SÍNTOMAS: asintomático

ESTUDIOS REALIZADOS:

Julio del 2022, se realizó un centellograma óseo, no concluyente para secundarismo óseo, se solicitó correlacionar con otros estudios.

Octubre del 2022, realizó Pet-colina.

PSA: 71,6 ng/ml.

GLEASON: 7 (4 +3)

ESTUDIOS REALIZADOS: Centellograma óseo/Pet – Colina

RADIOFÁRMACO: MDP / F18 COLINA

DOSIS: Centellograma (MDP – 20mCi) / Pet-Colina (F18 Colina – 10 mCi)

DIAGNÓSTICO:

- Centellograma óseo, negativo para secundarismo óseo.
- Pet-Colina: Positivo de reincidencia de CA en próstata.

TUMOR PRIMARIO: carcinoma en próstata. Tumor maligno.

CASO 4

INSTITUCIÓN: IMAXE

AÑO DE LA HISTORIA CLÍNICA: 2023

IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE:

- *Edad:* 87 años
- *Fumador:* no
- *Cantidad de cigarrillos por día*: -

MOTIVO DE CONSULTA: Control post radioterapia

SÍNTOMAS: asintomático

ESTUDIO REALIZADO: Pet-Colina

PSA: 25,03 ng/ml.

GLEASON: 7 (4 +3)

RADIOFÁRMACO: 68Galio-PSMA.

DOSIS: 5 mCi.

DIAGNÓSTICO: metástasis ósea

TUMOR PRIMARIO: Adenocarcinoma de próstata. Tumor maligno.

CASO 5

INSTITUCIÓN: IMAXE

AÑO DE LA HISTORIA CLÍNICA: 2023

IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE:

- *Edad:* 65 años
- *Fumador:* no
- *Cantidad de cigarrillos por día:* -

MOTIVO DE CONSULTA: control post radioterapia

SÍNTOMAS: dolor de espalda generalizado, cansancio.

PSA: 0,07 ng/ml.

GLEASON: 7 (4 +3)

TRATAMIENTO REALIZADO: Pet – Colina

RADIOFÁRMACO: F18 COLINA

DOSIS: 10 mCi.

DIAGNÓSTICO: Reincide el tumor primario en próstata, positivo para secundarismo óseo en primera instancia.

TUMOR PRIMARIO: adenocarcinoma de próstata. Tumor maligno.

CASO 6

INSTITUCIÓN: IMAXE

AÑO DE LA HISTORIA CLÍNICA: 2023

IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE:

- *Edad:* 85 años
- *Fumador:* ex fumador
- *Cantidad de cigarrillos por día:* solía consumir 20 por día, durante 25 años.

MOTIVO DE CONSULTA: control post radioterapia

SÍNTOMAS: asintomático

PSA: 8,79 ng/ml y en aumento.

GLEASON: 7 (4 +3)

TRATAMIENTO REALIZADO: Pet – Colina

RADIOFÁRMACO: F18 COLINA

DOSIS: 10 mCi.

DIAGNÓSTICO: secundarismo óseo

TUMOR PRIMARIO: Carcinoma de próstata. Tumor maligno.

CASO 7

INSTITUCIÓN: IMAXE

AÑO DE LA HISTORIA CLÍNICA: 2023

IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE:

- *Edad:* 76 años
- *Fumador:* ex fumador
- *Cantidad de cigarrillos por día:* solía consumir 20 por día.

MOTIVO DE CONSULTA: control post radioterapia

SÍNTOMAS: dolor óseo generalizado

PSA: 7,56 ng/ml.

GLEASON: 7 (4 +3)

TRATAMIENTO REALIZADO: Pet – Colina

RADIOFÁRMACO: F18 COLINA

DOSIS: 10 mCi.

DIAGNÓSTICO: secundarismo óseo y posible reincidencia en próstata, se envio a correlacionar con resonancia magnética.

TUMOR PRIMARIO: Adenocarcinoma de próstata. Tumor maligno.

CASO 8

INSTITUCIÓN: IMAXE

AÑO DE LA HISTORIA CLÍNICA: 2023

IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE:

- *Edad:* 77 años
- *Fumador:* ex fumador
- *Cantidad de cigarrillos por día:* solia consumir 60 por día.

MOTIVO DE CONSULTA: control post radioterapia.

SÍNTOMAS: asintomático

PSA: 5,36 ng/ml.

GLEASON: 7 (3 + 4)

TRATAMIENTO REALIZADO: Pet – Colina

RADIOFÁRMACO: F18 COLINA

DOSIS: 10 mCi.

DIAGNÓSTICO: reincidencia del tumor primario. Se envió a correlacionar con resonancia los resultados obtenidos en MN ya que podría corresponder a metástasis ósea.

TUMOR PRIMARIO: Adenocarcinoma de próstata. Tumor maligno.

CASO 9

INSTITUCIÓN: Ángel H. Roffo

AÑO DE LA HISTORIA CLÍNICA: 2022

IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE:

- *Edad:* 60 años
- *Fumador:* sí
- *Cantidad de cigarrillos por día:* 5 por día

MOTIVO DE CONSULTA: control post radioterapia

SÍNTOMAS: asintomático

PSA: 11 ng/ml.

GLEASON: 7 (4 +3)

TRATAMIENTO REALIZADO: Pet – Colina

RADIOFÁRMACO: F18 COLINA

DOSIS: 10 mCi.

DIAGNÓSTICO: negativo para secundarismo óseo, negativo para reincidencia de tumor primario.

TUMOR PRIMARIO: adenocarcinoma de próstata. Tumor maligno.

CASO 10

INSTITUCIÓN: Ángel H. Roffo

AÑO DE LA HISTORIA CLÍNICA: 2022

IDENTIFICACIÓN DEL PACIENTE:

Edad: 60 años

Fumador: no

Cantidad de cigarrillos por día: -

MOTIVO DE CONSULTA: control post radioterapia

SÍNTOMAS: asintomático

PSA: 4,37 ng/ml.

GLEASON: 7 (3 + 4)

TRATAMIENTO REALIZADO: Centellograma óseo

RADIOFÁRMACO: MDP

DOSIS: 20 mCi.

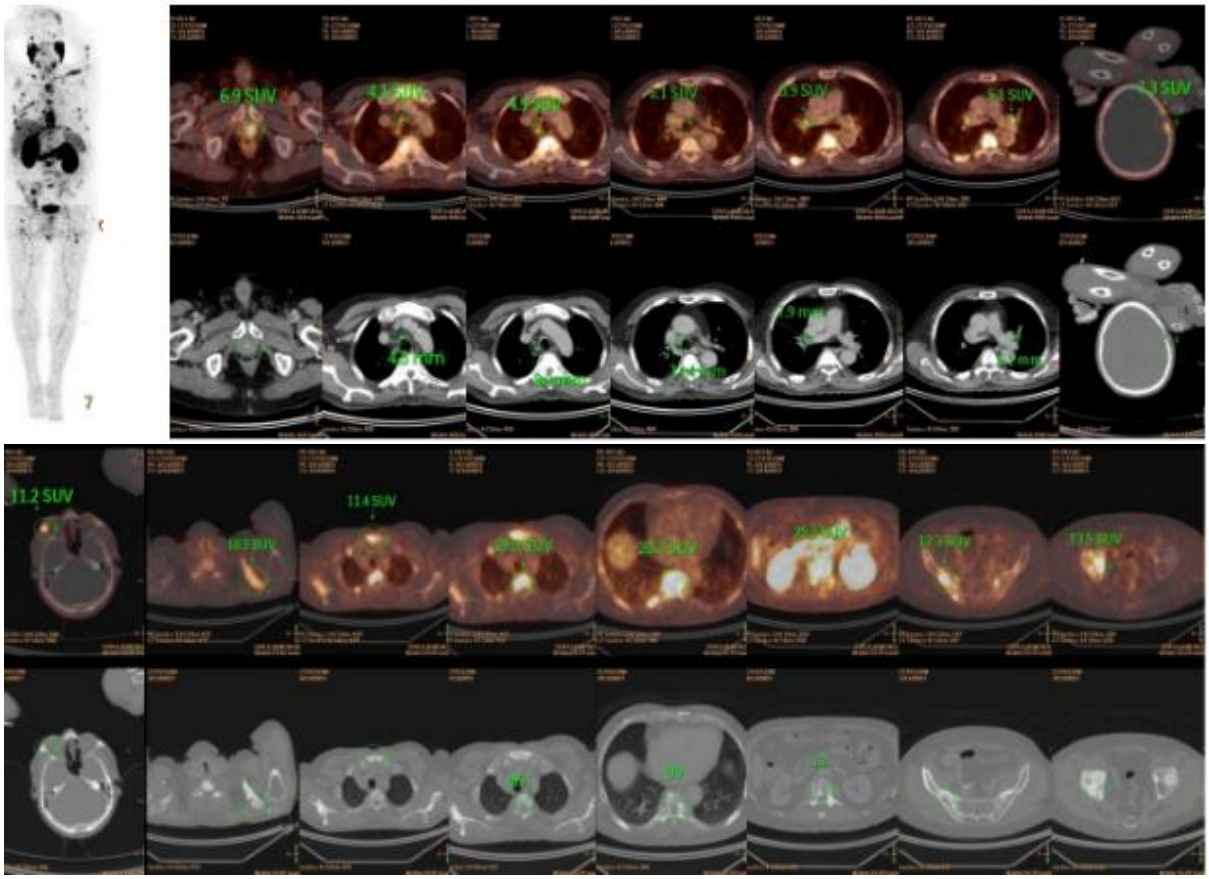
DIAGNÓSTICO: Negativo para secundarismo óseo por tumor primario.

TUMOR PRIMARIO: carcinoma de próstata. Tumor maligno

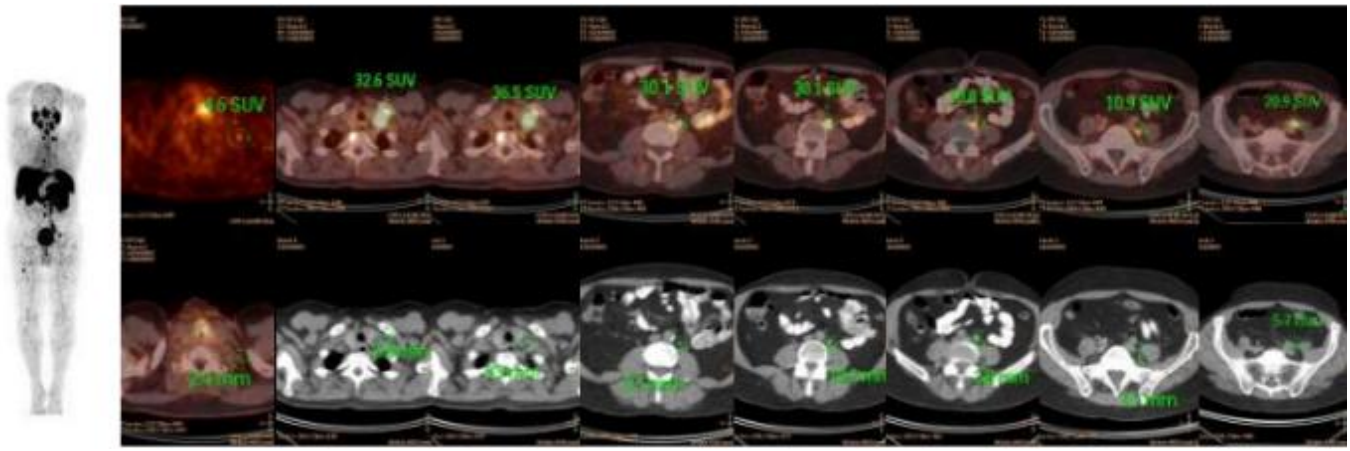
IMÁGENES DE LOS ESTUDIOS

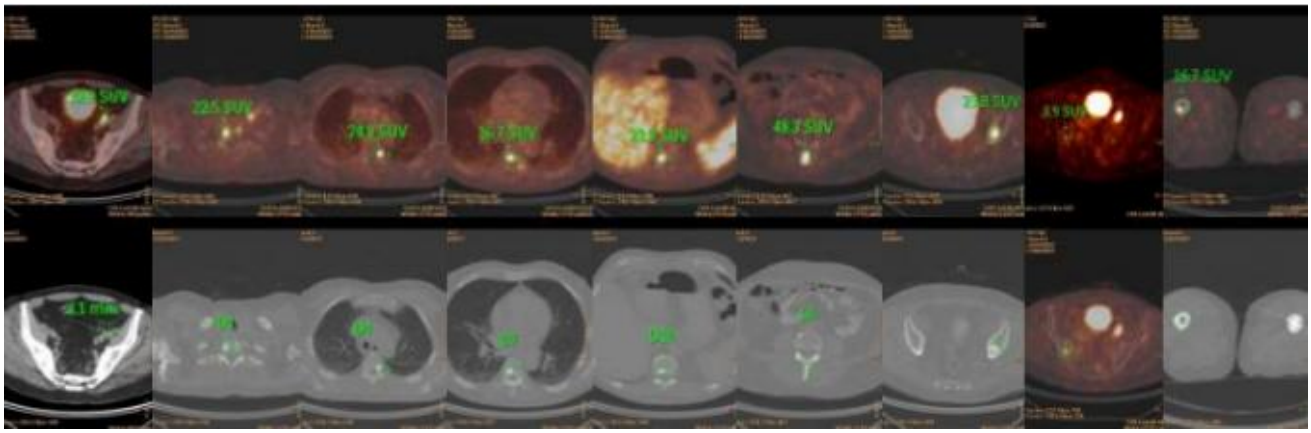
En esta sección se muestran solo algunas de las imágenes a modo informativo y para constatar que los casos de esta investigación son reales.

CASO 1

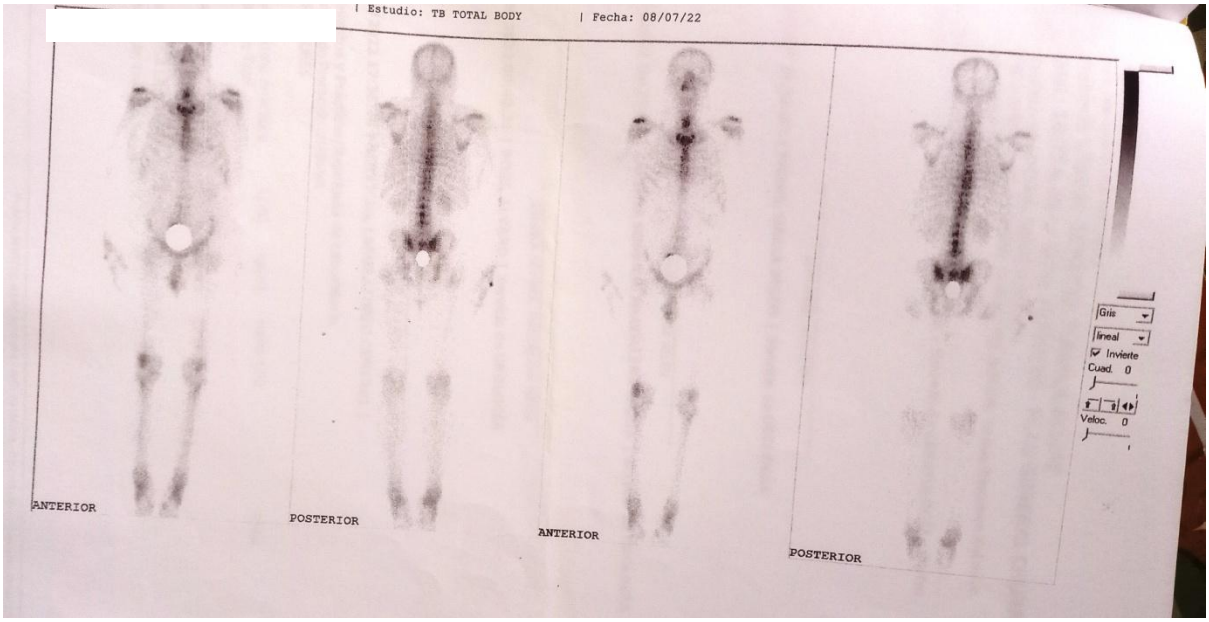


CASO *2*

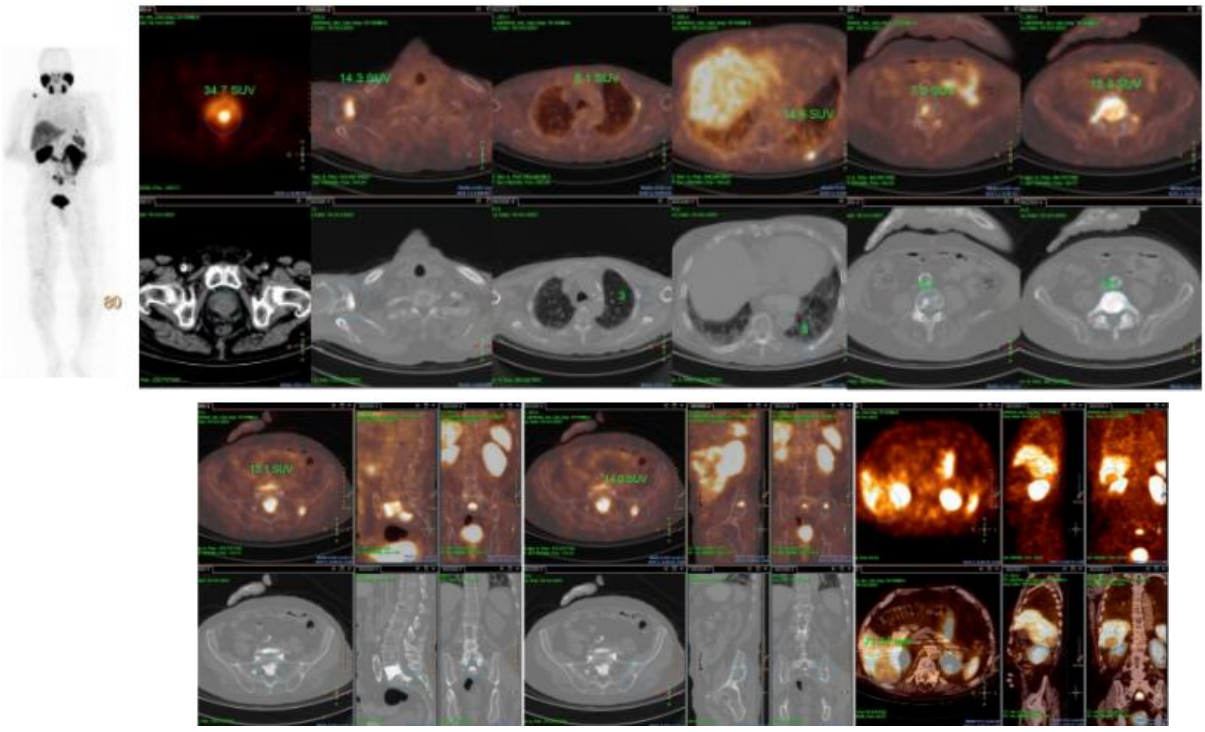




Caso 3


Estudio: TB TOTAL BODY
Fecha: 08/07/22
ANTERIOR
POSTERIOR
ANTERIOR
POSTERIOR
Gris
lineal
Invierte
Cuad. 0
Veloc. 0

CASO 4



Mis más sinceros agradecimientos a Luciano Urso y María Cristina Middonno por su invaluable contribución a esta investigación.

Con gratitud, concluyo este trabajo académico.