



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA
FACULTAD DE MEDICINA

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

TÍTULO:

**ARTEFACTOS EN ESTUDIOS TOMOGRÁFICOS POR
EMISIÓN DE POSITRONES – TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA (PET-CT) EN PACIENTES
ONCOLÓGICOS. HOSPITAL NACIONAL EDGARDO
REBAGLIATI MARTINS, 2016-2017**

**ARTIFACTS IN TOMOGRAPHIC STUDIES BY ISSUANCE
OF POSITRONS - COMPUTED TOMOGRAPHY (PET-CT) IN
ONCOLOGICAL PATIENTS. NATIONAL HOSPITAL
EDGARDO REBAGLIATI MARTINS, 2016-2017**

ALUMNO(S):

LIZ BRAVO CHUQUILLANQUE

ASESOR(ES)

DR. PAUL RUBEN ALFARO FERNANDEZ

LIMA - PERÚ

-2018-

ASESOR(ES):

Dr. Paul Ruben Alfaro Fernández

Doctor en Medicina

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida, salud y permitirme realizar mis sueños.

Mis queridos Padres por sus sabios consejos.

Mi pequeño hijo Mathias por ser mi principal motivación de trabajar cada día más fuerte para alcanzar mis objetivos en mis metas trazadas.

Agradecimiento especial a todos mis profesores y compañeros por compartir el crecimiento de la Medicina Nuclear en el Perú como Tecnólogos Médicos especialistas en esta área y en esta noble profesión de servicio al prójimo.

El presente trabajo de investigación es autofinanciado.

DECLARACION DEL AUTOR

El Presente trabajo académico es original y no es el resultado de un trabajo en colaboración con otros, sigue con los lineamientos respectivos para respetar la ética en la investigación.

El mismo será utilizado para obtener el título de Segunda Especialidad de Tecnología en Medicina Nuclear Molecular.

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	14
Objetivo general:	14
Objetivos específicos:	14
III. MATERIAL Y MÉTODOS	15
Diseño del estudio:	15
Población	15
Muestra:	15
Definición operacional de variables	17
Procedimientos y técnicas:	19
Aspectos éticos del estudio	19
Plan de análisis	20
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
V. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA	25
PRESUPUESTO	25
CRONOGRAMA	26
VI. ANEXOS	27
FICHA DE RECOLECCIÓN	27

RESUMEN

Objetivo: Determinar la incidencia y características de artefactos en estudios Tomográficos por Emisión de Positrones–Tomografía Computarizada (PET-CT) en pacientes oncológicos. Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins. 2016-2017.

Tipo y diseño de estudio: Estudio tipo observacional, diseño descriptivo, retrospectivo y transversal; la población estará conformada 1000 pacientes oncológicos que fueron sometidos a evaluación PET-CT en el periodo de 2016 a 2017, el tamaño de la muestra será de 278 pacientes y se utilizará muestreo probabilístico, la técnica de selección aleatoria simple; recolección de datos será documental, debido a que se revisará imágenes de los estudios PET-CT guardados en dicho equipo del hospital, la marca y modelo del equipo es GEMINI TF 64W/TOF PHILIPS PERFORMANCE. En los resultados del estudio se presentará la incidencia de artefactos, se cuantificará el tipo de artefactos y se describirá las características del artefacto. Con los resultados del estudio se podrá conocer los artefactos más frecuentes y su caracterización en los estudios PET-CT, lo cual beneficiará para anticiparse al momento de la exploración para presentar imágenes y resultados fidedignos en el reconocimiento del estadio de cáncer y si existe diseminación lo que ayudará en el criterio para establecer un tratamiento acorde.

Palabras clave: Tomografía computarizada por emisión positrones-Tomografía Computarizada (PET-CT), artefactos, oncología (DeCS).

I. INTRODUCCIÓN

La aparición de estudios por imágenes ha permitido diferenciar tejidos neoplásicos y normales, el avance de estas tecnologías proporciona información desde un nivel macroscópico a un nivel molecular. (Luna, Vilanova, Da Cruz, & Rossi, 2013) El plan de trabajo en los pacientes diagnosticados con cáncer depende cada vez más de los estudios por imágenes, la tomografía computarizada es una excelente prueba que proporciona detalles sobre la localización, tamaño, morfología y cambios estructurales de la lesión de los tejidos. Esta se complementa con modalidades que puedan evaluar molecularmente con uso de radiomarcadores como la tomografía de emisión de positrones (PET). (Histed, et al., 2013) En las últimas décadas, la PET-CT ha sido renombrada como una herramienta útil en la evaluación clínica de pacientes dado que proporciona un análisis más preciso de la enfermedad como también ayuda en la selección del tratamiento terapéutico más apropiado. (Duarte, et al., 2014) Un tiempo promedio para el escaneo de cuerpo entero es de 30 minutos, a mayor tiempo de exploración se puede recopilar mayores recuentos y menos ruidos de las imágenes PET. Mientras menor sea el tiempo de exploración, habrá mayor nivel de ruidos en las imágenes. (International Atomic Energy Agency, 2014)

A la tomografía por emisión de positrones (PET), se la conoce como una técnica de estudio por imágenes que provee de información única en relación a los cambios moleculares y metabólicos que se asocian con una enfermedad, para ello es necesario el uso de radiofármacos emisores de positrones. Entre la diversidad de radiofármacos disponibles, la 2-(2) fluoro-desoxi-glucosa (FDG) permanece hasta la actualidad como el biomarcador más relevante y de mayor accesibilidad.

(Vercher & Gámez, Tomografía por emisión de positrones con 18F-FDG en oncología: principales indicaciones, 2016)

Se debe de administrar el radiofármaco por vía intravenosa, cuando el FDG se encuentra dentro de la célula se convierte en FDG-6-monofosfato por acción de enzimática intracelular de la hexoquinasa, que, en tumores malignos, su forma mitocondrial crece rápidamente. (Vercher & Gámez, 2016)

Para poder determinar cómo valido el biomarcador, preciso y reproducible es necesario cuantificar la absorción de FDG. Una simplificada medida usando el valor de adopción estándar (SUV), nos proporciona la siguiente fórmula (Fig. 1), que actualmente es el método de mayor uso para la cuantificación de FDG.

Fig. 1: Fórmula cuantificación de FDG

$$SUV = \frac{\text{Tissue activity } (\mu Ci / ml)}{\text{Injected Dose } (mCi) / \text{Body weight } (kg)}$$

Fuente: Tomado de application of fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the management of head and neck cancer. (Siddiqui & Yao, 2014)

En la fórmula se presenta a la actividad tisular como la radioactividad medida por el PET-TC dentro de una región de interés (ROI) o el máximo valor, la dosis inyectada hace referencia a la dosis de FDG administrada, corregido por deterioro físico. Diversos factores que puedan afectar la captación de FDG y su posterior cuantificación. Entre los factores biológicos son los niveles de glucosa en el torrente sanguíneo, el intervalo entre inyecciones, inicio del estudio por imágenes, movimiento y respiración del paciente, comodidad del paciente o el proceso inflamatorio cerca o sobre el tumor. Se ha descrito otros factores como técnicos y físicos como la corrección de atenuación, la calibración, la reconstrucción de la

imagen, el análisis de datos, entre otros. Sin embargo, está demostrado que existe una buena correlación entre el valor de adopción estándar (SUV) y la tasa de utilización de glucosa en diferentes tipos de cáncer. (Siddiqui & Yao, 2014)

En base al valor de adopción estándar (SUV), se ha descrito ciertos parámetros:

- SUVmax: esta medida expresa el SUV más alto de la región de interés (ROI), convirtiéndose el parámetro de mayor uso en la práctica clínica debido a su reproductibilidad y su independencia. (Siddiqui & Yao, 2014)
- SUVmedia: proporciona una imagen más global de la actividad tumoral debido a que promedia la intensidad de captación en una región de interés (ROI). (Siddiqui & Yao, 2014)
- Volumen Tumoral Metabólico (MTV): se mide en centímetros cúbicos y mide el volumen del tumor con captación activa de FDG. Esta se mide como el volumen tumoral con SUV por encima del umbral seleccionado, pero estas pueden variar según el umbral seleccionado.
- Glicólisis total de la lesión (TLG): producto del volumen tumoral. (Siddiqui & Yao, 2014)

La maximización de la expectativa de subconjuntos ordenados (OSEM, por sus siglas en inglés) es un método de reconstrucción iterativa de mayor uso en la tomografía por emisión de positrones. (International Atomic Energy Agency, 2014)

- OSEM 2i, 8s: SUVmean= 1.2; SUVmax= 3.1
- OSEM 4i 8s: SUVmean= 1.3; SUVmax= 4.7
- OSEM 6i 8s: SUVmean= 1.5; SUVmax= 6.3
- OSEM 4i 14s: SUVmean= 1.4; SUVmax= 6.6

- OSEM 4i 21s: SUV_{mean}= 1.4; SUV_{max}= 6.8

-En Neurooncología, la PET ha servido para la diferenciación entre un tumor residual y radionecrosis. Su utilidad se encuentra limitada por el abundante consumo de glucosa del parénquima cerebral, por ende, se han desarrollado otros radiofármacos como la F-fluorometilcolina, C-metionina, etc. (Takenaka, et al., 2014)

-En los tumores de cabeza y cuello se aconseja su uso en estadios localmente avanzados o metastásicos, por su alto valor predictivo negativo y alta sensibilidad en detección de tumores primarios sin síntomas y metástasis a distancia. (Siddiqui & Yao, 2014)

-En Nódulo pulmonar solitario, la tomografía por emisión de positrones ha logrado discriminar lo benigno de lo maligno del nódulo pulmonar solitario con una sensibilidad de 95% y especificidad del 85%. (Sim, et al., 2013)

-En el cáncer de pulmón, histológicamente se puede clasificar en células pequeñas y células no pequeñas:

- Carcinoma pulmonar de células no pequeñas (CPCNP): La PET-TC tiene sensibilidad de 100% y especificidad de 80% a 100% en metástasis. (Halaç, et al., 2014)
- Carcinoma pulmonar de células pequeñas (CPCP): La utilidad de la PET/TC está en la evaluación de las metástasis en la estadificación inicial, pudiendo discriminar como localizada o diseminadas. (Vercher & Gámez, 2016)

-En cáncer de mama, la utilidad de la PET-TC está en la detección de la recurrencia de la patología de mama en forma de metástasis o en quienes existe sospecha. (Vercher, Pelegrí, Lopez, & Del Puig, 2015)

-Tumores gastrointestinales: (a) Esófago, la literatura expone que la PET-TC tiene eficacia en la detección de estadificación del cáncer de esófago, superior a otras técnicas convencionales, con la capacidad de detectar hasta 30% de las metástasis que pasan desapercibidas. (Kwee, Marcus, Sheikhabaei, & Subramaniam, 2015); (b) Tumores de páncreas, la PET/TC no recibe ventaja referente a otros métodos diagnósticos para detectar cáncer de páncreas, sin embargo, es útil para detectar pancreatitis crónica o complejas lesiones quísticas. (Kauhanen, et al., 2015); y (c) Tumores del estroma gastrointestinal, la PET-TC generalmente se usa para evaluar la respuesta precoz al tratamiento o realizar un diagnóstico diferencial entre masas residuales heterogéneas. (Vercher & Gámez, 2016)

-En cáncer colorrectal, la PET-TC es eficaz en la detección de metástasis hepáticas y extra hepáticas, así como también cuando existe componente fibrótico, en el diagnóstico de recurrencia hepática en pacientes ya intervenidos del hígado. (Vercher & Gámez, 2016)

Las imágenes médicas digitales se originan de cualquier técnica que está determinada por 5 parámetros fundamentales: (Martínez, Pérez, Ruiz, & Falcón, 2017) (a) Presencia de artefactos, (b) Resolución espacial, (c) Distorsión, (d) Contraste imagen, y (e) Ruido.

Los artefactos se definen como elementos en la imagen que no corresponden al objeto de estudio. Esto puede deberse a una serie de factores lo que puede ocasionar

localizaciones anómalas de captación del FDG, lo cual lleva a interpretaciones erróneas, impidiendo decisiones correctas y caracterizaciones de rasgos de interés asociado a patologías en las imágenes originando falsos positivos como también falsos negativos. (Martínez, Pérez, Ruiz, & Falcón, 2017) Se clasifican según el origen:

- Artefactos por atenuación y corrección de la dispersión: durante los exámenes realizados en medicina nuclear, algunos fotones emitidos serán atenuados por el paciente, lo cual hará que no sea detectado. Esto afectará la medida de la actividad de concentración (por ende, el SUV) en el cuerpo reflejando una medida poco real. Una de las más importantes correcciones para las imágenes cuantitativas PET es la corrección de imágenes por atenuación. Las correcciones de atenuación y dispersión son pre requisitos para las imágenes cuantitativas de PET y PET/CT. La corrección por dispersión asume puntos de referencia en las imágenes emitidas no corregidas, que será usada para calcular una magnitud y distribución de eventos dispersos. Para poder realizar ambas correcciones es necesario la disponibilidad de un mapa de coeficientes de atenuación lineal correspondientes a los tejidos/objetos dentro del campo de vista (FOV, por sus siglas en inglés). Este requerimiento puede no cumplirse en el caso, ese truncamiento está presente en las imágenes de PET/CT. Para las reconstrucciones se necesita varias correcciones de datos para generar imágenes cuantificables. Una de las correcciones están dirigidas hacia los fotones dispersos, que cuando se aplica durante un algoritmo iterativo de reconstrucción, existe un potencial para generar un artefacto en la imagen, lo cual se observa con

frecuencia cuando el paciente presenta una posición de brazos hacia abajo y manos y dedos distantes al cuerpo. (International Atomic Energy Agency, 2014)

- Artefactos por contraste intravenoso: La energía de 511 KeV usada en PET, la diferencia en atenuación entre el agente de contraste y el tejido es mínimo, haciéndola distinta a los huesos, por lo que altas concentraciones del agente de contraste puede ocasionar una sobre corrección en PET, lo que genera un artefacto. Esta también puede ocasionar valores irreales de SUV sin observar artefactos en la imagen. (Pelegrí, Kohan, & Vercher, 2017)
- Artefactos por contraste oral: son usados cuando se requiere mejorar el contraste de la imagen de la región abdominal y gastrointestinal en las PET TC. Estos contrastes poseen mayor densidad que el agua, esta se absorbe brevemente en el cuerpo y deja una forma concentrada de este medio contraste. La administración de contraste CT oral positiva es una práctica estándar en el estudio de la tomografía computarizada, que ayuda a aumentar la atenuación y el contraste del tracto digestivo, esta puede causar un patrón de captación del marcador aparentemente mayor y sesgo en las imágenes de PET. (Pelegrí, Kohan, & Vercher, 2017)
- Artefactos por metal (International Atomic Energy Agency, 2014): (a) Marcapaso cardiaco: El verdadero factor de escala es mayor para los metales en lugar de tejidos blandos y los huesos. (b) Implante dental: los hechos de plata u oro pueden crear efectos de endurecimiento del haz. (c) Puertos de quimioterapia: están hechos de materiales de alta densidad y pueden causar artefactos. (d) Aparatos ortopédicos: por la presencia de metal, lo que genera una

atenuación extensa en la región anatómica ajustada en CT y PET. (e) Prótesis de cadera: el metal presenta un número alto de unidades de Hounsfield (HU).

- Artefactos por motivos del paciente: En los estudios PET/CT, la información que proporciona la CT es para complementar con planos anatómicos a los datos funcionales/metabólicos, como también para corrección de atenuación de la CT. Para un diagnóstico preciso es necesaria la alineación precisa de los datos de emisión de CT y PET. De haber una desalineación grave, la calidad del diagnóstico por imágenes puede verse afectada. (International Atomic Energy Agency, 2014) Estos pueden ser: (a) Movimientos de cabeza: Dado el largo tiempo de demora de las imágenes, el paciente realiza movimientos involuntarios de cabeza y cuello, pudiendo haber una relajación muscular y causar una desalineación anatómica durante la PET TC. (b) Movimientos respiratorios: debido al movimiento respiratorio resulta una fotopenia o foto potenciación en el área localizado del diafragma. (c) Desaparición de la lesión hepática: esta se encuentra debajo de los pulmones, que representan grandes movimientos, por ello la lesión se podrá observar borrosa y su concentración de actividad correspondiente se subestimaré. (d) Movimiento de brazos, desalineadores cardiacos, movimientos de cabeza en niños y movimientos bruscos.
- Artefactos por truncamiento y desajuste del campo de visión: en una PET/CT, las extensiones transversales de la medición del campo de visión (FOV) de la PET y CT no coinciden típicamente. Mientras que la PET tiene un FOV transversal de 60-70 cm, la CT tiene un FOV de 50 cm. Esta diferencia ocasiona un artefacto de truncamiento que se visualiza como una pérdida de AC en los

bordes del FOV del PET. Estos ocurren con mayor frecuencia en las extremidades del paciente (brazos y/o piernas) o en las periferias en los pacientes grandes. Los artefactos pueden ocurrir en pacientes pequeños cuando no se encuentran ubicados centralmente en el FOV del escáner, por truncamiento a lo largo de extremidades superiores o en las extremidades inferiores. (Pelegrí, Kohan, & Vercher, 2017)

- Artefactos por la tomografía computarizada: (Pelegrí, Kohan, & Vercher, 2017)
 - (a) Endurecimiento del haz de TC y localización de la lesión: los rayos X se atenúan a través del cuerpo, en este transcurso, los fotones de mayor energía, que conduce a un desplazamiento de la distribución de energía espectral hacia energía de fotones más elevadas. Este cambio se denomina endurecimiento del haz.
- Tomografía computarizada de dosis baja: la mejora de la calidad de imagen de la TC se produce cuando existe una mayor exposición.

Con el objetivo de ampliar la información se describen algunas investigaciones: Sharifpour, R; Ghafarian,P; Rahmim, A; Ay, M. desarrollaron una investigación en el año 2017 en Irán, con el objetivo de investigar el impacto del tiempo de vuelo (TOF) en la cuantificación y reducción de artefactos inducidos por movimientos respiratorios en PET/TC. Encontraron que la diferencia relativa media para el diámetro tumoral máximo estimado y el valor de captación estandarizado máximo entre el protocolo de rutina y el algoritmo TOF óptimo fueron -6.3% y 13.2%. Concluyeron que la integración TOF en el algoritmo de reconstrucción mejoro el

artefacto de banda blanca en la región diafragmática. (Sharifpour, Ghafarian, Rahmim, & Ay, 2017)

Martínez, J; Pérez, M; Ruiz, Y; Falcón, A. desarrollaron un estudio en 2017 en Cuba, con el objetivo de analizar el desempeño de observadores radiólogos, ante la nueva técnica PET/CT, basada en valores de sensibilidad y especificidad para diversas patologías. Se encontró un 79.64% de sensibilidad y especificidad 60% del PET/CT, las imágenes PET/CT tuvieron una $SNR_{rose} = 39.65 \pm 17.47$, una $CNR = 9.29 \pm 8.16$ y una $cima = 57.95 \pm 31.42$. Los autores concluyeron que la técnica PET/CT presentó mejores valores de SNR_{rose} y Cima con respecto a las técnicas por separado. (Martínez, Pérez, Ruiz, & Falcón, 2017)

Harteela, M; et al. Desarrollaron una investigación en 2014, Finlandia, con el objetivo de comparar los métodos de finalización de la expiración del PET y corrección de atenuación de CT. Se realizó exploración con PET/CT a siete pacientes que consistía en CTAC no bloqueado, PET de cuerpo entero y PET/Ct en 4D. La activación espiratoria final aumentó el SUV_{max} 8.2-8.4 g/ml, SUV_{mean} 5.7-5.8 g/ml y disminución del volumen de lesión -11.3-16.8%, en comparación con PET controlado SUV_{max} 6.2 g/ml, SUV_{mean} 4.7 g/ml y PET de fase controlada SUV_{max} 8.0 g/ml, SUV_{mean} 5.6 g/ml. Concluyeron que el control al final espiratorio en PET/CT aumentó SUV_{max} y SUV_{mean} y el volumen de la lesión reducida. (Harteela, et al., 2014)

Buchbender, C; Hartung, V; Forsting, M; Antoch, G, Heusner, T. desarrollaron una investigación en 2013, Alemania., con el objetivo de comparar el efecto de los materiales médicos implantados sobre ^{18}F -Fluorodesoxiglucosa (FDG) en PET/CT

y PET/MRI. El 100% de los pacientes tuvieron artefactos en sus estudios PET/CT, en 74% ocurrió una sobreestimación de la captación de FDG. Los valores medios de SUVmax y Sub mean redujeron significativamente en los sitios que albergan artefactos ($P < 0.001$). (Buchbender, Hartung, Forsting, Antoch, & Heusner, 2013)

Li, T; Tian, J; Wang, H; Chen, Z; Zhao, C. desarrollaron un estudio, 2009 en China, el objetivo fue describir las trampas en PET/CT y clasificándolos según su generación. Se encontró fallas en el 78.4% de las imágenes y artefactos en 76.15%, los cuales se clasificaron en artefactos de factor propio y artefactos relacionados con equipos o tecnología. Entre los factores relacionados a la tecnología, se encontró infiltración en el punto de inyección o contaminación del radiotrazador (13.88%) y truncamiento de artefactos (1.83%). Los factores menos frecuentes fueron captación fisiológica de fluordesoxiglucosa (FDG), tejido adiposo, captación endometrial y mamas bilaterales por lactancia (2.29%). Concluyeron que la incidencia de dificultades en la obtención de imágenes PET/CT fue alta y la más común fue el movimiento respiratorio. (Li, Tian, Wang, Chen, & Zhao, 2009)

Beyer, T; et al. Desarrollaron una investigación en 2005 en Estados Unidos, con el objetivo de investigar la incidencia de artefactos de respiración en exámenes de cuerpo completo en PET/ CT de pacientes que no pudieron seguir las indicaciones de respiración pausa. Se seleccionó a 80 pacientes y se dividió en 06 grupos. Grupo 1: 10 pacientes se realizó una fila de detector de CT, Grupo 2: 2 filas de detección, Grupo 3: 4 filas, Grupo 4: 6 filas, Grupo 5: 8 filas y Grupo 6: 16 filas. Se detectaron artefactos en todos los grupos. Hubo diferencias significativas entre el número máximo de pliegues abdominales y artefactos entre grupos 1 y 3 ($p = 0.007$), 1 y 4

($p < 0.0001$), 1 y 5 ($p < 0.001$), 1 y 6 ($p < 0.001$), 2 y 6 ($p < 0.0001$), 3 y 4 ($p = 0.002$) y 4 y 5 ($p < 0.02$). Concluyeron que las imágenes de cuerpo entero de PET/TC en pacientes con respiración normal, reducen la magnitud y prominencia de artefactos por respiración en PET/TC. (Beyer, et al., 2005)

Anamaria, M; Aquino, I. desarrollaron un estudio en el año 2018 en Lima, con el objetivo de identificar el tipo y frecuencia de artefactos en estudios de PET/CT con ^{18}F -FDG en pacientes oncológicos. En una muestra de 136 pacientes, se encontró que el 87% presentaban artefactos en sus resultados de estudios por imágenes, siendo el movimiento del paciente el de mayor frecuencia 41.2%. El 22% de pacientes presentó movimientos voluntarios. Concluyeron que los artefactos se produjeron en su mayoría por movimientos del paciente, y cuando se implementó el protocolo de apnea estos bajaron. (Anamaria & Aquino, 2018)

A continuación, se presentan las definiciones de términos básicos:

- Normalización: describe una corrección con el fin de eliminar diferencias en sensibilidad entre detectores. (International Atomic Energy Agency, 2014)
- Corrección de atenuación: técnica desarrollada para incrementar la calidad diagnóstica de los estudios, al brindar mejor definición anatómica, además de proporcionar una imagen con información cuantitativa del grado de captación que tiene una lesión usando el SUV. (Pelegrí, Kohan, & Vercher, 2017)
- Resolución espacial: capacidad del tomógrafo de diferenciar objetos pequeños de densidad variable cercanos, está determinada por grado de emborronamiento de la imagen la cual depende del tamaño del pixel y del grosor de los cortes. (Martínez, Pérez, Ruiz, & Falcón, 2017)

- Contraste imagen: es la diferencia relativa de intensidades de la imagen entre regiones con detalles adyacentes. (Martínez, Pérez, Ruiz, & Falcón, 2017)
- Ruido: es la variación de los valores de cada pixel sobre un mismo tejido. Las imágenes PET son más ruidosas que el CT, por el mayor tamaño de los pixeles y las matrices de adquisición son menores. (Martínez, Pérez, Ruiz, & Falcón, 2017)
- Unidades Hounsfield (UH): cada pixel presenta una profundidad determinada por el grosor con que se realiza la tomografía computarizada en el paciente en cada corte. El rango se sitúa entre +1000 a -1000 en escala de grises, de unidades arbitrarias denominadas Unidades Hounsfield.(21)

Con los resultados que se obtendrán del presente trabajo de investigación se podrá conocer los artefactos más frecuentes y su caracterización en los estudios tomográficos, lo cual generara medidas preventivas al momento de la exploración y realizar imágenes que permitan reconocer el estadio de cáncer y su diseminación, a la vez que ayudará en el criterio para establecer un tratamiento acorde.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos se plantea la pregunta de investigación
¿Cuál es la incidencia y caracterización de artefactos en estudios tomográficos por emisión de positrones – tomografía computarizada (PET-CT) en pacientes oncológicos atendidos en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins durante el periodo 2016-2017?

II. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Determinar la incidencia y caracterización de artefactos en estudios Tomográficos por emisión de positrones–Tomografía Computarizada (PET-CT) en pacientes oncológicos atendidos en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins durante el periodo 2016-2017.

Objetivos específicos:

- Identificar la incidencia de artefactos en estudios Tomográficos por emisión de positrones–Tomografía computarizada (PET-CT) en pacientes oncológicos atendidos en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins durante el periodo 2016-2017.
- Identificar las características de los artefactos en estudio Tomográficos por emisión de positrones–Tomografía computarizada (PET-CT) en pacientes oncológicos atendidos en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins durante el periodo 2016-2017.
- Identificar las características de la Tomografía por emisión de positrones (PET) en pacientes oncológicos atendidos en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins durante el periodo 2016-2017.
- Identificar las características de la Tomografía Computarizada en pacientes oncológicos atendidos en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins durante el periodo 2016-2017.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del estudio:

- Según su finalidad el estudio es descriptivo, ya que su propósito es solo describir y no buscar relación entre las variables.
- Según la cronología el estudio es retrospectivo, ya que el diseño del estudio es posterior a los hechos estudiados.
- Según la secuencia temporal el estudio es transversal, ya que los datos de cada sujeto representaran específicamente un momento del tiempo.

Población:

Pacientes oncológicos sometidos a estudios de PET-CT en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins durante el periodo 2016 a 2017, de acuerdo con las estadísticas del Área de Medicina Nuclear del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins son en total 1000 pacientes.

Los criterios de inclusión a considerar son: pacientes de 18 a más años de edad, de ambos sexos, con diagnóstico oncológicos, a quienes se realizó estudios PET-CT, con registro completo de las imágenes guardadas en el PET-CT. Se excluirán a los pacientes menores de 18 años de edad y no oncológicos.

Muestra:

La unidad de análisis será el paciente oncológico sometido a evaluación de PET-CT en el Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins durante el periodo 2016 a 2017.

Para el cálculo de la muestra con población finita o conocida se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Tamaño de la población N=1000

Nivel de confianza (95%) $Z_{\alpha}=1.96$

Proporción esperada p=0.5

Proporción complementaria q=0.5

Error de precisión d=0.05

Tamaño de la muestra: n = 278

Tamaño de la Muestra

El tamaño de muestra calculado es de 278 pacientes oncológicos que se realizaron estudios de PET-CT.

Tipo de muestreo probabilístico y técnica de muestreo será aleatoria simple ya que se cuenta con el marco muestral, se seleccionará aleatoriamente los casos hasta completar el tamaño de la muestra.

Definición operacional de variables

VARIABLES		DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	VALOR	FUENTE DE INFORMACIÓN
Incidencia de artefactos por Tomografía por emisión de positrones-Tomografía Computarizada (PET-CT)		Se refiere al número de nuevas imágenes que no corresponden con los hallazgos de estudios PET-CT.	Cuantitativa	Razón	Número	Base de datos guardadas en el PET-CT
Caracterización de artefactos de Tomografía por emisión de positrones-Tomografía Computarizada (PET-CT)	Atenuación y corrección de la dispersión	Imágenes que serán atenuados por los pacientes, y no serán detectados, por ello, no reflejará la medición verdadera.	Cualitativa	Nominal	Si/No	Base de datos guardadas en el PET-CT
	Artefactos de metal	Son causados por sobrestimación de los coeficientes de atenuación por la transformación incorrecta de valores de atenuación de la tomografía computarizada, creando efectos de endurecimiento del haz conocidos en la tomografía y sobreestimación de los coeficientes de atenuación.	Cualitativa	Nominal	Si/No	
	Artefactos por movimiento del paciente	Los artefactos son causadas por las largas demoras para la obtención de las imágenes, relacionándose con la relajación de los músculos generando desalineación durante la PET-CT	Cualitativa	Nominal	Si/No	
	Artefactos por truncamiento	Falta de coincidencia entre los campos de visión del PET y CT generan artefactos visualizado como una pérdida de corrección de atenuación en los bordes del campo de visión de PET ya que el CT no cubre todo.	Cualitativa	Nominal	Si/No	
	Artefactos de tomografía computarizada	El haz de rayo X multienergético atraviesa el cuerpo del paciente, y este se atenúa en su camino a través del cuerpo y dispersión adicional también puede ocurrir.	Cualitativa	Nominal	Si/No	

Caracterización de Tomografía por emisión de positrones (PET)	Promedio de camas	Se refiere a la cantidad de posiciones que el paciente es colocado para la toma de imágenes.	Cuantitativa	Razón	Números	Base de datos guardadas en el PET-CT
	Tiempo de escaneo de emisión por cama	Se refiere al tiempo de captación de imágenes según cada posición del paciente.	Cuantitativa	Razón	Minutos	
	Tiempo total de escaneo de emisión	Se refiere al tiempo del escaneo total del paciente.	Cuantitativa	Razón	Minutos	
Caracterización de Tomografía Computarizada (CT)	Posición de brazos	Se refiere a la posición de los brazos que el paciente opta según indicación del profesional para el escaneo.	Cualitativa	Nominal	Arriba/Abajo	Base de datos guardadas en el PET-CT
	Tiempo de rotación	Tiempo necesario para que el tubo de rayos complete una vuelta de 360° alrededor del paciente.	Cuantitativa	Razón	Minutos	
	Corriente media efectiva del tubo	Parámetro basado en el valor de corriente promedio registrado en el tubo tomado a lo largo del barrido completo.	Cuantitativa	Ordinal	Baja/Alta	
	Colimación por CT	Haz divergente del cual se obtiene un haz paralelo.	Cuantitativa	Razón	Milímetros	
	Tiempo media de escaneo	Se refiere al tiempo promedio del escaneo completo del paciente.	Cuantitativa	Razón	Minutos	

Procedimientos y técnicas:

La técnica de recolección de datos será documental, es decir, se recolectará de fuentes de información secundaria, se revisará imágenes de los PET-CT guardados en el equipo de tomografía del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins durante el periodo 2016-2017. La marca y modelo del equipo GEMINI TF 64W/TOF PHILIPS PERFORMANCE.

Los datos se registrarán en la ficha de recolección de datos, basado en los objetivos y en la operacionalización de variables, el cual se distribuirá de la siguiente manera:

- 1) Datos generales: donde se colocará el sexo, edad y diagnóstico oncológico del paciente.
- 2) Estudios PET-CT: donde se colocará la cantidad de artefactos que se hallaron en el estudio tomográfico, además de las características que estas pudieran tener.
- 3) Características del PET: donde se colocará el promedio de camas, el tiempo de escaneo de emisión y el tiempo total de escaneo de emisión.
- 4) Características del CT: donde se colocará la posición de brazos que adopta el paciente, el tiempo de rotación, la corriente media efectiva del tubo, la colimación por CT y el tiempo medio de escaneo.

Aspectos éticos del estudio

La presente investigación se realizará teniendo como prioridad la confidencialidad de la información que se obtenga de los datos de los pacientes, antes de ejecutarse la investigación se solicitará la aprobación de la Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología (DUICT) y del Comité de Ética de la

Universidad Peruana Cayetano Heredia. No se solicitará consentimiento ya que el estudio es de diseño retrospectivo y no se requiere de la participación de personas.

Plan de análisis:

Se diseñará una base de datos en el programa estadístico SPSS v.23; el cual será sometido a un control de calidad del registro de datos. Se considerará la operacionalización de las variables y objetivos del estudio.

Para el análisis de las variables cualitativas, se utilizará las frecuencias absolutas y relativas (%). Para el análisis de las variables cuantitativas, se calcularán las medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (desviación estándar).

Para la presentación de resultados se elaborarán tablas de frecuencias y tablas de contingencia. Para la presentación visual de los resultados del estudio, se elaborarán gráficos estadísticos, entre ellos el diagrama de barras y/o diagrama circular, teniendo en cuenta el tipo de variable; los cuales serán diseñadas en el programa Microsoft Excel 2013.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Luna A, Vilanova J, Da Cruz C, Rossi S. Functional imaging in oncology
Berlín: Springer; 2013.
2. Histed S, Lindenberg M, Mena E, Turkbey B, Choyke P, Kurdziel K. Review
of functional/ anatomic Imaging in oncology. Nucl med Commun. 2013 Abril;
33(4): p. 349-361.
3. Duarte M, Schuch A, Hochegger B, Gross J, Chojniak R, Marchiori E.
Functional magnetic resonance imaging in oncology: state of the art. Radiol
bras. 2014 Marzo-Abril; 47(2): p. 101-111.
4. International Atomic Energy Agency. PET/CT atlas on quality control and
image artefacts Viena: IAEA; 2014.
5. Vercher J, Gámez C. Tomografía por emisión de positrones con 18F-FDG en
oncología: principales indicaciones. Radiología. 2016 Julio-Agosto; 58(4): p.
303-319.
6. Siddiqui F, Yao M. Application of fluorodeoxyglucose positron emission
tomography in the management of head and neck cancers. World journal of
radiology. 2014 Junio; 6(6): p. 238-251.
7. Takenaka S, Asano Y, Shinoda j, Nomura Y, Yonezawa S, Miwa K, et al.
Comparison of C-Methionine, C-Choline, and F-Fluorodeoxyglucose-Positron
Emission Tomography for Distinguishing Glioma Recurrence from Radiation
Necrosis. Med chir (Tokyo). 2014 Diciembre; 54(4): p. 280-289.
8. Sim Y, Goh Y, Dempsey M, Han S, Poon , F. PET–CT evaluation of solitary
pulmonary nodules: correlation. Lung. 2013 Septiembre; 191(6): p. 625-632.

9. Halaç M, Özhan M, Yılmaz Aksoy S, Vatankulu B, Aliyev A, Asa S, et al. The role of FDG-PET/CT in detecting unsuspected and unknown distant metastasis in the initial staging of NSCLC. Turkish journal of medical sciences. 2014 Octubre ; 44(1): p. 1029-1040.
10. Vercher J, Pelegrí L, Lopez D, Del Puig M. Positron emission tomography in breast cancer. Diagnostics. 2015 Marzo; 5(1): p. 61-83.
11. Kwee R, Marcus C, Sheikbahaei S, Subramaniam R. PET with Fluorodeoxyglucose F 18/computed tomography in the clinical management and patient outcomes of esophageal cancer. PETclin. 2015 Abril ; 10(2): p. 197-205.
12. Kauhanen S, Rinta-Kiikka I, Kemppainen J, Grönroos J, Kajander S, Seppänen M, et al. Accuracy of 18F-FDG PET/CT, multidetector CT, and MR imaging in the diagnosis of pancreatic cysts: a prospective single-center study. J nucl med. 2015 Agosto ; 56(8): p. 1163-1168.
13. Martínez J, Pérez M, Ruiz Y, Falcón A. Análisis de Calidad de Imagen en PET/CT. Revista cubana de ciencias informáticas. 2017 Enero-Marzo ; 11(1): p. 29-40.
14. Pelegrí L, Kohan A, Vercher J. Optimización de los protocolos y del uso de contrastes en tomografía computarizada de los equipos de tomografía por emisión de positrones. Radiología. 2017 Enero-Febrero ; 59(1): p. 66-74.
15. Sharifpour R, Ghafarian P, Rahmim A, Ay M. Quantification and reduction of respiratory induced artifacts in positron emission tomography/computed

- tomography using the time-of-flight technique. Nucl med commun. 2017
Noviembre; 38(11): p. 948-955.
16. Harteela M, Hirvi H, Mäkipää A, Teuvo J, Koivumäki T, Mäkelä M, et al.
Comparison of end-expiratory respiratory gating methods for PET/CT. Acta
oncol. 2014 Agosto; 53(8): p. 1079-1085.
17. Buchbender C, Hartung V, Forsting M, Antoch G, Heusner T. Positron
emission tomography (PET) attenuation correction artefacts in PET/CT and
PET/MRI. Br j radiol. 2013 Mayo; 86(1025): p. 01-09.
18. Li T, Tian J, Wang H, Chen Z, Zhao C. Pitfalls in positron emission
tomography/computed tomography imaging: causes and their classifications.
Chin med sci j. 2009 Marzo; 24(1): p. 12-19.
19. Beyer T, Rosenbaum S, Veit P, Stattaus J, Müller S, F D, et al. Respiration
artifacts in whole-body 18F-FDG PET/CT studies with combined PET/CT
tomographs employing spiral CT technology with 1 to 16 detector rows.
European journal of nuclear medicine and molecular imaging. 2005
Diciembre; 32(2): p. 1429-1439.
20. Anamaria M, Aquino I. Artefactos en estudios de tomografía por emisión de
positrones (PET) - tomografía computarizada (CT) con flúor 18 -
fluorodesoxiglucosa (18F-FDG) en pacientes oncológicos en el Hospital
Guillermo Almenara Irigoyen - EsSalud. Lima:: 2018.
21. Dellán A, Villaroel M, Hernández A. Aplicación de las unidades hounsfield en
tomografía computarizada como herramienta diagnóstica de las lesiones intra

óseas del complejo maxilo madibular: estudioclínico de diagnóstico. Rev
odontol univ cid sao paulo. 2015 Mayo-Agosto; 27(2): p. 100-111.

V. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

PRESUPUESTO

Recursos	Materiales	Cantidad	Costo/unidad	Costo total
BIENES	Papel bond A4	1 millares	S/. 20.00	S/. 20.00
	Fólderes	4 unidades	S/. 0.70	S/. 2.80
	Lápiz	1 cajas	S/. 10.00	S/. 10.00
	Archivador	3 archivadores	S/. 7.50	S/. 22.50
	Tablero	2 unidades	S/. 6.50	S/. 13.00
	Otros bienes	-	-	S/. 100.00
SERVICIOS	Movilidad local	-	-	S/. 300.00
	Telefonía celular	-	-	S/. 100.00
	Fotocopias e Impresiones	-	-	S/. 150.00
HONORARIOS DEL PERSONAL	Estadístico	-	S/. 980.00	S/. 980.00
	Digitador	1 mes	S/. 250.00	S/. 250.00
			TOTAL	S/. 1,948.30

El estudio será financiado por el investigador evitando así algún costo económico a la institución hospitalaria.

CRONOGRAMA

N°	ACTIVIDADES	MESES - 2018						MESES - 2019				
		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	
1	Revisión bibliográfica	X										
2	Elaboración del proyecto	X	X	X								
3	Revisión del proyecto			X	X							
4	Presentación de autoridades					X	X	X	X			
5	Preparación del material de trabajo							X	X			
6	Selección de la muestra								X			
7	Recolección de datos								X			
8	Verificación de información									X		
9	Evaluación de la ejecución									X		
10	Tabulación de datos									X		
11	Codificación y preparación de datos para análisis											X
12	Análisis e interpretación											X
13	Redacción informe final											X
14	Impresión y presentación del informe final											X

VI. ANEXOS

FICHA DE RECOLECCIÓN

ARTEFACTOS EN ESTUDIOS TOMOGRÁFICOS POR EMISIÓN DE POSITRONES – TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (PET-CT) EN PACIENTES ONCOLÓGICOS. HOSPITAL NACIONAL EDGARDO REBAGLIATI MARTINS, 2016-2017.

Fecha: ____/____/____

ID: _____

1) Datos generales

Sexo: Masculino () Femenino ()

Edad: _____ años

Diagnóstico oncológico: _____

2) Estudio PET-CT

Numero de artefactos hallados: _____

Características de los artefactos:

Atenuación y corrección de la dispersión:

No () Si () ¿Cuál? _____

Artefactos de metal:

No () Si () ¿Cuál? _____

Artefacto por movimiento del paciente:

No () Si () ¿Cuál? _____

Artefacto por truncamiento:

No () Si () ¿Cuál? _____

Artefacto por CT:

No () Si () ¿Cuál? _____

3) Características del PET

Promedio de camas: _____

Tiempo de escaneo de emisión: _____ minutos.

Tiempo total de escaneo de emisión: _____ minutos.

4) Características del CT

Posición de brazos del paciente: Arriba () Abajo ()

Tiempo de rotación: _____ minutos.

Corriente media efectiva del tubo: _____ miliamperios Alta ()

Baja ()

Colimación por CT: _____ mm.

Tiempo medio de escaneo: _____ minutos.