

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE TECNOLOGÍAS EN SALUD

Captaciones benignas de fluorodesoxiglucosa-Flúor18 (FDG-F18) en estudios de tomografía por emisión de positrones/tomografía computarizada (PET/CT) de julio del 2019 a julio del 2020 en el centro de Imágenes Médicas del Dr. Chavarría Estrada, San José, Costa Rica

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN EN LA MODALIDAD TESIS PARA OPTAR
POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA

Proponente: María Fernanda Chinchilla Hidalgo, B01837

Comité Asesor:

Directora: M.Sc. Ana Carolina Jiménez Alpízar

Lectora: Dra. Ana Alfaro Arrieta

Lectora: Licda. Carol Bertarioni Alfaro

Noviembre, 2022

Hoja de aprobación

Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por la Escuela de Tecnologías en Salud de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Imagenología Diagnóstica y Terapéutica, el día 13 de diciembre del 2022.

M.Sc. Xinia Alvarado Zeledón
Directora de la Escuela de Tecnologías en Salud

M. Sc. Ana Carolina Jiménez Alpizar
Directora de la Tesis

Dra. Ana Alfaro Arrieta
Lectora

Licda. Carol Bertarioni Alfaro
Lectora

Profesor/a asignado/a

Derechos de Propiedad Intelectual

Este documento pertenece a la suscrita María Fernanda Chinchilla Hidalgo, cédula de identidad 115110316. No está permitida la reproducción total o parcial de este documento sin previo conocimiento por escrito de la autora, según lo establecido en la Ley N° 6683: sobre derechos de autor y derechos conexos.

Debe citarse como: Chinchilla-Hidalgo, M.F. (2022) *Captaciones benignas de fluorodesoxiglucosa-Flúor18 (FDG-F18) en estudios de tomografía por emisión de positrones/tomografía computarizada (PET/CT) de julio del 2019 a julio del 2020 en el centro de Imágenes Médicas del Dr. Chavarría Estrada, San José, Costa Rica.* [Tesis de Licenciatura no publicada]. Universidad de Costa Rica.

Dedicatoria y agradecimientos

Dedico el resultado de este trabajo primero a Dios y a mi familia. A mis padres por ser incondicionales, mostrarme su apoyo en cada una de las etapas e impulsarme a seguir adelante en los momentos buenos y malos. A mis hermanos por siempre darme palabras y muestras de apoyo.

Quiero agradecer a todos los compañeros y compañeras de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, en especial a las jefaturas, quienes han sido testigos de todo el proceso de elaboración de esta investigación, han colaborado facilitándome toda la información y siempre estuvieron pendientes de mis necesidades para completar este trabajo.

Agradezco profundamente toda la labor que realizó mi comité asesor, por toda la paciencia a lo largo de este proceso y todo el conocimiento aportado, su guía fue primordial para poder obtener el resultado final. A Carolina Jiménez, mi directora, quien ha llevado conmigo esta investigación de la mano, su aporte fue vital y ha mostrado un gran compromiso para culminar el proceso.

Por último, quiero agradecer a la Universidad de Costa Rica por darme formación universitaria de calidad y a los y las profesores que contribuyeron con la educación durante mis años de carrera.

Índice General

Introducción	13
Capítulo I. Planteamiento del Objeto de Estudio, Objetivos y Justificación.....	15
1.1 Planteamiento del Problema de Investigación	15
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo General.....	17
1.2.2. Objetivos Específicos	17
Capítulo II. Marco Teórico.....	20
2.1 Equipo de PET/CT	20
2.2 Radiofármaco FDG-F18.....	21
2.2.1 Mecanismo de Captación del FDG-F18.....	22
2.2.1.1 Biodistribución Habitual del FDG-F18.	24
2.2.1.2 Captación Fisiológica Habitual.....	24
2.2.1.2.1 Captación en Neoplasias Malignas.	25
2.2.1.2.2 Captaciones Benignas.....	26
2.2.1.2.2.1 Captación en Variantes Normales.....	27
2.2.1.2.2.2 Captación en Patología Benigna.....	31
2.3 Medición del Valor de Captación Estándar (SUV).....	33
2.4 Aplicaciones del PET/CT.....	35
2.4.1 Aplicaciones Oncológicas.....	35
2.4.2 Principales Neoplasias	36
2.5 Protocolo para Estudios de PET/CT de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada	39
2.5.1 Asignación de la Cita.....	39
2.5.2 Preparación para el Estudio	39
2.5.3 Realización del Estudio.....	40
2.5.4 Inyección del FDG-F18	41
2.5.5 Biodistribución del FDG-F18.....	41
2.5.6 Adquisición de las Imágenes	42
Capítulo III. Marco metodológico.....	45

3.1 Descripción General de la Estrategia Metodológica	45
3.2 Descripción de la Metodica	46
3.3 Definición y Operacionalización de las Variables.....	48
3.4 Población de Interés	51
3.4.1 Criterios de Inclusión.....	51
3.4.2 Criterios de Exclusión.....	51
3.5 Criterios de Confiabilidad y Validez Externa	52
3.6 Procedimientos de Recolección de la Información.....	52
3.6.1 Técnicas e Instrumentos para Recolección de Datos	53
3.6.1.1 Ficha de Selección de la Población.	53
3.6.1.2 Ficha de Caracterización de las Captaciones Benignas Halladas.	54
3.6.1.3 Ficha de Recolección de Datos de Expediente Clínico.	54
3.7 Procedimientos y Técnicas de Análisis	56
3.8 Consideraciones Éticas	58
Capítulo IV. Análisis de Resultados	59
4.1 Identificación de las captaciones benignas de los estudios de PET/CT oncológico con FDG-F18	59
4.1.1. Actividad muscular	60
4.1.2. Ganglios inflamatorios.....	66
4.1.3. Inflamación articulaciones	72
4.1.4. Grasa parda.....	76
4.1.5. Análisis general	81
4.2 Caracterización de las Principales Captaciones Benignas en las Imágenes de PET/CT con FDG -F18.....	85
4.2.1 Tipo de Captación Benigna.....	86
4.2.2 Sexo.....	86
4.2.3 Edad	89
4.2.4 Clima de la Zona de Procedencia.....	90
4.2.5 Área geográfica de procedencia.....	92
4.2.6 Ayuno.....	94
4.2.7 Nivel de glicemia.....	95

4.2. Índice de masa corporal	95
4.2.8 Trauma y fracturas previas	96
4.2.9 Actividad física	97
4.2.10 Procesos infecciosos.....	98
4.2.11 Tratamientos	99
4.2.11.1 Cirugías y biopsias.....	99
4.2.11.2 Quimioterapia.....	101
4.2.11.3 Radioterapia.....	102
4.3 Relación de la aparición de las principales captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda en las imágenes de PET/CT con FDG-F18 con el protocolo de estudio utilizado en el centro.	104
4.3.1 Etapa: Asignación de la cita.....	104
4.3.1.1 Actividad muscular	104
4.3.1.2 Ganglios inflamatorios.....	105
4.3.1.3 Inflamación de articulaciones.....	106
4.3.1.4 Grasa parda.....	106
4.3.2 Etapa: Preparación del Estudio	107
4.3.2.1 Actividad Muscular.....	107
4.3.2.2 Ganglios inflamatorios.....	107
4.3.2.3 Inflamación de articulaciones.....	108
4.3.2.4 Grasa parda.....	108
4.3.3. Etapa: Administración del radiofármaco.....	109
4.3.4. Etapa: Tiempo de espera post inyección	109
4.3.4.1. Actividad muscular	110
4.3.4.2 Inflamación de articulaciones.....	110
4.3.4.3 Grasa parda.....	111
4.3.5 Etapa: Adquisición del estudio.....	111
4.3.7 Etapa: Procesamiento de las imágenes	112
Capítulo VI. Conclusiones	115
Capítulo VII. Recomendaciones.....	121

7.1 Recomendaciones para futuras investigaciones.....	121
7.2 Recomendaciones para el centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada	121
7.3 Recomendaciones a la institución universitaria que imparte la carrera de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica.....	124
VII. Bibliografía.....	126
VIII. Anexos.....	129
Anexo 1. Ficha de selección de la población	129
Anexo 2. Ficha de caracterización de las captaciones benignas halladas.....	130
Anexo 3. Ficha de recolección de datos del expediente clínico	131
Anexo 4. Matriz de análisis de captaciones benignas y protocolo del centro médico.....	133

Índice de cuadros

Tabla 1. Patologías benignas con captación aumentada de FDG-F18	32
Tabla 2. Cuadro de variables	48
Tabla 3 Aparición de captaciones benignas según rango de edad	89
Tabla 4 Número de apariciones de captaciones benignas relacionadas con antecedentes quirúrgicos de la persona usuaria	100
Tabla 5 Número de apariciones de captaciones benignas relacionadas con antecedentes de biopsias de la persona usuaria.....	100
Tabla 6 Número de apariciones de captaciones benignas relacionadas con antecedentes de quimioterapia de la persona usuaria	102
Tabla 7 Número de apariciones de captaciones benignas relacionadas con antecedentes de radioterapia de la persona usuaria.....	103
Tabla 8 Relación de las etapas del protocolo de estudio con la aparición de captaciones benignas	113

Índice de figuras

Figura 1. Captaciones benignas.....	26
Figura 2. Diagrama de flujo de atención de personas usuarias para el estudio de PET/CT	44
Figura 3 Cantidad de estudios seleccionados	59
Figura 4 Ubicación anatómica de las captaciones de actividad muscular	61
Figura 5 Medición de las captaciones de actividad muscular.....	62
Figura 6 Medición SUV de las captaciones de actividad muscular	63
Figura 7 Simetría de las captaciones de actividad muscular.....	64
Figura 8 Interferencia en la interpretación de la imagen de las captaciones de actividad muscular.....	65
Figura 9 Ubicación anatómica de las captaciones de ganglios inflamatorios	66
Figura 10 Medición de las captaciones de ganglios inflamatorios	68
Figura 11 Medición SUV de las captaciones de ganglios inflamatorios	69
Figura 12 Simetría de las captaciones de ganglios inflamatorios	70
Figura 13 Interferencia en la interpretación de la imagen de las captaciones de ganglios inflamatorios.....	71
Figura 14 Ubicación anatómica de las captaciones de inflamación de articulaciones	72
Figura 15 Medición de las captaciones de inflamación de articulaciones.....	73
Figura 16 Medición SUV de las captaciones de inflamación de articulaciones	74
Figura 17 Simetría de las captaciones de inflamación de articulaciones	75
Figura 18 Interferencia en la interpretación de la imagen de las captaciones de inflamación de articulaciones	76
Figura 19 Ubicación anatómica de las captaciones por grasa parda.....	77
Figura 20 Medición de las captaciones de grasa parda	78
Figura 21 Medición SUV de las captaciones de grasa parda.....	78
Figura 22 Simetría de las captaciones de grasa parda	79
Figura 23 Interferencia en la interpretación de la imagen de las captaciones de grasa parda.....	80
Figura 24 Ubicación anatómica de las captaciones observadas en los estudios de PET/CT	81
Figura 25 Medición de las captaciones observadas en los estudios de PET/CT	82
Figura 26 Medición SUV de las captaciones observadas en los estudios de PET/CT	83
Figura 27 Simetría de las captaciones observadas en los estudios de PET/CT	84
Figura 28 Interferencia en la interpretación de las imágenes.....	85
Figura 29 Captaciones observadas en los estudios de PET/CT	86
Figura 30 Distribución de captaciones observadas del género masculino	87
Figura 31 Distribución de captaciones observadas del género femenino.....	88

Figura 32 Captaciones benignas de grasa parda con respecto al lugar de procedencia de la persona usuaria	91
Figura 33 Relación de aparición de captaciones de grasa parda y el lugar de procedencia de la persona usuaria	93
Figura 34 Relación de aparición de captaciones de actividad muscular y el lugar de procedencia de la persona usuaria	94
Figura 35 Distribución de las captaciones benignas por grasa parda según el IMC de las personas usuarias.....	96

Índice de Abreviaturas

CONIS: Consejo Nacional de Investigación en Salud

CT: Tomografía computarizada

EANM: Sociedad Europea de Medicina Nuclear

FDG-F18: Fluorodesoxiglucosa-Flúor 18

GLUT: Proteínas facilitadoras del transporte de la glucosa

IMC: Índice de masa corporal

mCi: Milicurie

OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PET: Tomografía por emisión de positrones

ROI: Región de interés

SGLT: Transportadores de glucosa acoplados al sodio

SNMMI: Sociedad Americana de Medicina Nuclear e Imagen Molecular

SUV: Valor de captación estándar

Resumen

Los procesos fisiológicos que se llevan a cabo en las células y que presentan una alta demanda de glucosa son los que van a representar una elevada captación del radiofármaco FDG-F18. Por lo general, estos procesos se asocian a las células neoplásicas, sin embargo, también los procesos infecciosos e inflamatorios pueden presentar una alta captación (Ávila y Alva, 2010).

Para esta investigación se seleccionaron los más comunes los cuales son: actividad muscular, ganglios inflamatorios, grasa parda e inflamación de articulaciones. Se seleccionaron estudios de PET/CT en un período de julio del 2019 a julio del 2020, obteniendo 91 estudios y un total de 101 captaciones observadas.

En primera instancia se procedió a clasificar la región anatómica en la que se encuentran, se realizó una medición de sus dimensiones en el eje más largo, luego se evaluó la medición SUV, se clasificó en simétrico o asimétrico y, por último, se analizó si se considera que interfiere o no en la interpretación de la imagen.

Posteriormente se procedió a analizar la aparición de estas captaciones benignas con diferentes variables del protocolo para determinar si su origen está influenciado por alguna de éstas. Se seleccionaron las siguientes variables: edad, sexo, clima de la zona de procedencia, área geográfica de procedencia, ayuno, nivel de glicemia, índice de masa corporal, trauma y fracturas previas, actividad física, procesos infecciosos y tratamientos.

También, se realizó el análisis de la influencia de las distintas etapas del protocolo de estudio con respecto a la aparición de las captaciones benignas, dichas etapas son: asignación de la cita, preparación del estudio, administración del radiofármaco, tiempo de espera post inyección, adquisición del estudio y post procesamiento de las imágenes.

Como resultados de las actividades propuestas previamente se encontró que la principal ubicación anatómica corresponde al área del tórax, seguido por cabeza y cuello,

la mayoría son menores a 5 cm, tienen un valor SUV de 2.5 a 15 y son asimétricas. Se consideró que la gran mayoría no interfieren para realizar un diagnóstico correcto.

A partir del análisis de las variables se obtuvo que el factor de edad influye principalmente en personas jóvenes favoreciendo la aparición de grasa parda y en personas mayores ocasionando inflamación de articulaciones. Las captaciones por grasa parda también se presentan más en personas usuarias que se trasladan largas distancias y con índices de masa corporal bajos.

No se logró corroborar la influencia de algunas variables con las distintas captaciones benignas, como lo son: ayuno, nivel de glicemia, trauma reciente, fracturas previas, procesos infecciosos, cirugía, biopsia, radioterapia y quimioterapia.

Con respecto a la influencia del protocolo en la aparición de las captaciones benignas se constató que la mayor parte del protocolo de estudio tiene un grado de relación entre medio y bajo con la aparición de las captaciones benignas. Las primeras dos etapas son las más importantes para prevenir, evitar e identificar estas captaciones en las imágenes.

Por último, se consideró que las etapas de adquisición y post procesamiento de las imágenes tiene un grado bajo de relación con la aparición de captaciones benignas debido a que en estas fases el radiofármaco ya se ha fijado en las distintas estructuras.

Palabras clave: captaciones benignas, PET-CT, F18-FDG, actividad muscular, inflamación de articulaciones, ganglios inflamatorios, grasa parda.

Directora del TFG: M.Sc. Ana Carolina Jiménez Alpizar

Introducción

La tecnología híbrida de tomografía por emisión de positrones y la tomografía computarizada (PET/CT, por sus siglas en inglés) ha adquirido mucha importancia en el área de las imágenes médicas principalmente porque ha demostrado gran utilidad en el diagnóstico de diferentes neoplasias y ha desempeñado un papel fundamental en las decisiones que se toman con respecto a los tratamientos de pacientes oncológicos.

El fluorodesoxiglucosa-Flúor 18 (FDG-F18) es el radiofármaco utilizado para obtener imágenes con el equipo de tomografía por emisión de positrones (PET), la característica primordial de este compuesto se basa en que es absorbido por las células que se encuentran metabólicamente activas, entra a éstas por el mismo mecanismo de transporte facilitado para la glucosa, este hipermetabolismo es característico de las células tumorales. (Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich, 2006)

Debido al proceso de captación del FDG-F18 anteriormente descrito, es que el estudio de PET/CT resulta muy útil para estudiar principalmente lesiones neoplásicas, sin embargo, existen variantes normales y patología benigna como tumores, procesos inflamatorios, infecciosos, entre otros, que pueden provocar la captación de este radiofármaco e interferir y dificultar la interpretación de estos.

La aparición de captaciones benignas no deseadas puede ser influenciadas por el protocolo de estudio utilizado en el proceso de atención de personas, el cual se considera como un factor extrínseco a la persona usuaria, como lo menciona la Imagenóloga Ana Carolina Jiménez (A. C. Jiménez, comunicación personal, 20 de abril de 2020). Sin embargo, existen también condiciones propias de las personas que pudieran propiciar la aparición de este tipo de captaciones. Por ello estudiar las captaciones benignas que han acontecido en el país, resulta de gran interés especialmente por ser en una tecnología con apenas seis años a nivel nacional.

En Costa Rica actualmente existe un solo centro que realiza estudios de PET/CT. Está ubicado en el Centro de Imágenes del Dr. Chavarría Estrada y fue el primer equipo a nivel centroamericano. A pesar de que la Universidad de Costa Rica desde hace varios años ha venido ejecutando un plan para instalar un PET/CT en la Ciudad de la Investigación, a la fecha este no ha sido puesto en funcionamiento, pero el proyecto sigue en ejecución.

El Centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada arrancó en 2014 con la realización de estudios de PET/CT, por lo que esta tecnología se puede decir es aún de reciente uso en el país. Como parte del proceso investigativo se pretendió obtener información sobre la presencia y origen de captaciones benignas no deseadas en los estudios, que permita orientar las mejoras en los protocolos seguidos en este centro u otros que se instalen en el país.

Es de vital importancia el conocimiento de las zonas que presentan hipermetabolismo, pero que no están relacionadas con procesos neoplásicos para lograr un diagnóstico adecuado (Estrada Sánchez, Altamirano Ley, y Ochoa Carrillo, 2007). Para efectos de este estudio se entienden como captaciones benignas aquellas acumulaciones del radiofármaco en zonas que no son las habituales según la biodistribución del FDG-F18, ni tampoco corresponden a captaciones asociadas a la enfermedad neoplásica maligna.

La presente investigación se basó en el estudio de las captaciones benignas que están presentes en los estudios de PET/CT relacionadas con actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de las articulaciones y grasa parda, y pretendió determinar si el protocolo utilizado actualmente a nivel nacional es sujeto de mejoras para evitar estas captaciones.

Capítulo I. Planteamiento del Objeto de Estudio, Objetivos y Justificación

1.1 Planteamiento del Problema de Investigación

A nivel mundial, el cáncer figura entre las principales causas de muerte y en Costa Rica, ocupa el segundo lugar (Ministerio de Salud de Costa Rica, 2018), debido a esto, los sistemas de salud y profesionales en salud concentran grandes esfuerzos en buscar opciones diagnósticas y mejores tratamientos que permitan un adecuado abordaje de la enfermedad.

En el campo de la imagenología, las nuevas tecnologías han tomado protagonismo al incluir sistemas que aumentan la sensibilidad y especificidad en la detección del cáncer. Esta enfermedad tiene un inicio a nivel molecular que resulta difícil de identificar por métodos diagnósticos tradicionales y es aquí donde la tecnología PET/CT toma protagonismo con su capacidad de detectar alteraciones metabólicas en etapas tempranas de las patologías oncológicas.

El PET/CT a través de imágenes multimodales combina información anatómica y metabólica que permite la localización de tumores primarios y de metástasis. Por esta razón a nivel mundial, se estima que entre un 85%-90% de los usos de esta tecnología, son para el campo oncológico (Oliva González, Martínez Ramírez, y Paul Baum, 2017).

La principal indicación de los estudios de PET/CT con FDG-F18 que se realizan en el Centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada es la identificación de patologías oncológicas, donde el principal objetivo es determinar con claridad la malignidad de lesiones observadas. Sin embargo, existen captaciones del radiotrazador en patologías benignas y variantes normales que podrían interferir en la adecuada diferenciación para el diagnóstico certero.

Es usual que estas captaciones benignas se den, pero es importante determinar si los factores que están propiciando la presencia de hipermetabolismo de zonas no

habituales según biodistribución del FDG-F18 o neoplásicas, podrían ser producto de diversos factores de la persona usuaria o del protocolo utilizado.

La aparición de captaciones benignas en las imágenes puede generar confusión e inseguridad en su interpretación si no se conoce su origen, además de que pueden llegar a influenciar la captación de FDG-F18 de alguna lesión maligna adyacente generando un diagnóstico erróneo.

Los estudios de PET/CT oncológicos con FDG-F18 son de reciente implementación a nivel nacional y se torna necesario conocer la naturaleza de las principales captaciones benignas, las cuales son: actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de las articulaciones y grasa parda.

Es así como el problema de investigación se concreta en las siguientes preguntas:
¿Cuáles captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda están presentes en las imágenes de PET/CT oncológico con FDG-F18 realizadas en el centro? ¿Qué características tienen estas captaciones benignas? ¿Cómo se relaciona la aparición de las principales captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda con diversos factores del protocolo y de la persona usuaria?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Analizar las captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda en estudios de PET/CT oncológico con FDG-F18 en el centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada de julio del 2019 a julio del 2020.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar las captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda presentes en las imágenes de PET/CT oncológico con FDG-F18 realizadas en el centro.
2. Caracterizar las captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda presentes en las imágenes de PET/CT oncológico con FDG-F18 realizadas en el centro
3. Relacionar la aparición de las principales captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda en las imágenes de PET/CT con FDG-F18 y el protocolo de estudio utilizado en el centro.

1.3 Justificación

La tecnología híbrida de PET/CT es considerada uno de los métodos de diagnóstico y de seguimiento más relevantes para las patologías oncológicas a nivel mundial. El Centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada inició en el 2014 la realización de estudios de PET/CT, siendo el primer centro nacional con un equipo totalmente híbrido de medicina nuclear y radiología, además de ser la primera experiencia en el país en el ámbito.

Debido a que la técnica de estudio es muy novedosa es importante conocer generalidades de las imágenes. Por lo tanto, la clasificación de lesiones como benignas o malignas se vuelve el aspecto más riguroso y necesario al momento de dictar el adecuado diagnóstico de una persona usuaria, ya que de este depende la futura decisión terapéutica.

Es así, como la identificación de las captaciones benignas (por patologías benignas y variantes normales) de FDG-F18 y sus causas, se torna en un tema relevante. Principalmente porque si se logra corregir y evitar las captaciones en lesiones benignas y órganos normales en la medida de lo posible, contribuiría a que las personas profesionales en imagenología realicen estudios con una mayor calidad diagnóstica, permitiendo que las y los médicos nucleares realicen reportes más acertados y en menor tiempo.

Además de contribuir a agilizar los reportes médicos, reducir al mínimo dichas captaciones no deseadas o saber identificarlas, evita confusiones en el reporte médico, disminuye la posibilidad de tener que repetir el estudio lo que implicaría más tiempo y dosis de radiación para la persona usuaria, además de que permite brindarle al médico tratante información más clara para la posterior toma de decisiones.

La importancia de esta investigación también radica en que fue la primera a nivel nacional, por lo que contribuyó a iniciar una base de datos sobre este tema en nuestro país.

Esta investigación también fue de utilidad ya que se obtuvo una serie de consideraciones técnicas, que permitieron mejorar la calidad del proceso que implica la realización del estudio de PET/CT con FDG-F18. Por ejemplo, mejorando la información contenida en la guía de entrevista que se le realiza a la persona usuaria previo al estudio, las indicaciones que se le dan al paciente como preparativo, parámetros de adquisición, etc.

El Centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada es el único a nivel nacional que cuenta con un equipo de PET/CT, por lo tanto, la información sobre procedimientos, imágenes y resultados de estudios realizados se obtuvieron directamente de este, el cual otorgó el aval requerido para realizar la investigación mediante una carta de autorización. Tanto el Centro, como las personas usuarias del mismo, fueron los principales beneficiados con los resultados de esta investigación.

Aunque los hallazgos de esta investigación sean posteriormente adaptados para el centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, pueden ser de utilidad para otros centros de PET/CT que se logren instalar en un futuro en el país, como por ejemplo el proyecto que ya está puesto en marcha en la Universidad de Costa Rica de instalar un PET/CT, adicional al ciclotrón ya instalado.

La utilidad metodológica de la investigación contribuyó al diseño de instrumentos de recolección de datos, que podrían ser utilizados en otros centros de imagenología del país y en futuras investigaciones relacionadas con el tema.

Capítulo II. Marco Teórico

Para la comprensión de la propuesta que se plantea en este documento es necesario contar con sustento teórico que permitirá al lector comprender qué es un equipo de PET/CT, los radiofármacos utilizados y sus respectivos mecanismos de captación en el cuerpo, que son lo que definen su uso en los procedimientos diagnósticos de la imagenología.

2.1 Equipo de PET/CT

Los inicios del uso de la tecnología del equipo PET, se ubica en la década de 1960. El concepto PET/CT es desarrollado en 1998 y fusiona los dos sistemas de adquisición: tomografía computarizada (TC) y tomografía por emisión de positrones (PET), haciendo que ambos estudios se realicen de manera casi simultánea y obteniendo determinación de actividad y ubicación anatómica (Roldán-Valadez, et al, 2007).

La tomografía computarizada y el equipo de emisión de positrones se encuentran ambos en una sola máquina. La imagen del TC se obtiene exponiendo al paciente a radiación proveniente de un tubo de rayos X, algunos fotones son absorbidos y otros logran atravesar al paciente, éstos últimos son leídos por una fila de detectores. El tubo de rayos X y los detectores se encuentran en posición opuesta y tienen un movimiento giratorio mientras se desplaza la camilla con el paciente, de esta manera se forma la imagen anatómica (Retamal et al, 2017).

La parte del PET consiste en detectores que se encuentran dispuestos de manera opuesta a los detectores del TC, para así poder detectar de manera simultánea los fotones producidos que son producto del proceso de aniquilación de los positrones (Hervás y Martí, 2005).

El término emisión de positrones hace referencia a los positrones que son emitidos por el radioisótopo flúor 18, estos interactúan con el medio en el cual son expuestos ocasionando contacto con los electrones que se encuentran a su alrededor de modo que

ambos se aniquilan y se producen dos fotones, cada uno de 511 keV y que van a viajar en direcciones totalmente opuestas (Nuñez, 2008).

Estos eventos totalmente opuestos son detectados en una ventana de tiempo de nanosegundos predeterminada por el usuario y asegurando que tengan un mínimo de energía, lo cual indica que no han sufrido mayores interacciones en su recorrido. En ocasiones, se detectan aparte de los eventos reales, eventos dispersos y aleatorios que degradan la calidad de imagen (Díaz, 2014).

Los detectores del equipo PET deben ser de muy alta eficiencia para poder detectar la mayor cantidad y calidad de fotones, el cristal más utilizado en los detectores es el germanato de bismuto, los cuales poseen una buena resolución energética y elevada eficiencia de coincidencia. Nuevos cristales se han introducido al mercado en los equipos como el ortosilicato de lutecio y ortosilicato de galio. En los tomógrafos PET conocidos como multi-anillo y multi-cristal los detectores se disponen en una circunferencia como un anillo y están conformados por muchos paquetes de múltiples y pequeños cristales (Hervás y Martí, 2005).

2.2 Radiofármaco FDG-F18

El radioisótopo flúor-18 posee características que lo consideran idóneo para la práctica clínica tales como: un adecuado período de semidesintegración de 110 minutos, posee baja energía (0,64MeV), lo que implica una menor dosis de radiación para el paciente y, además, como resultado se obtienen imágenes de alta resolución. Además, se considera que tiene una gran capacidad de unión a la glucosa (Chain y Illanes, 2015).

La producción del FDG-F18 se realiza mediante dos procesos principales: la producción del radioisótopo F-18 ejecutada en el ciclotrón y la síntesis del radiofármaco. En el caso de la producción realizada en ciclotrón, se conoce, como se mencionó anteriormente, que se origina a partir de aniones que son acelerados e impactados contra un material blanco (Quirós, 2015).

La producción del radioisótopo F-18 se puede realizar por dos vías: nucleofílica o electrofílica.

La vía nucleofílica es la más ampliamente utilizada a nivel mundial y ésta parte de la reacción $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$, utilizando H_2^{18}O como precursor. Es decir, los átomos de oxígeno-18 son impactados por protones, generando el radionúclido flúor-18 en forma de fluoruro y liberando un neutrón. Después, el radionúclido es transportado por medio de cañerías blindadas a los módulos automatizados, dentro de celdas blindadas, donde ocurre la síntesis del radiofármaco. (Quirós, 2015)

La obtención del radiofármaco es el resultado del proceso de síntesis, el cual tiene una duración aproximada de 30 minutos. Este proceso se lleva a cabo en unos módulos automatizados, en los cuales se introducen los reactivos y se generan una serie de reacciones químicas controladas desde una computadora que concluyen el proceso con la obtención de FDG-F18, el cual es dispensado en viales en condiciones asépticas (Chain y Illanes, 2015).

Si se valora la molécula (FDG-F18) desde el punto de vista químico, se puede decir que “el FDG es un análogo de la glucosa, en el que el grupo hidroxilo en el carbono 2 de la molécula D-glucosa ha sido sustituido por un átomo de flúor-18, radioisótopo emisor de positrones” (Quirós, 2015).

El FDG-F18 es el radiofármaco más utilizado en los estudios de PET/CT a nivel mundial y su principal aplicación se da en el área oncológica. Además de las características idóneas mencionadas anteriormente, el estudio PET/CT realizado con FDG-F18 es muy útil para estudiar neoplasias malignas de mayor incidencia entre la población tales como: pulmón, mama, colon, linfomas, cabeza, cuello y melanoma (Suárez, et al, 2004).

2.2.1 Mecanismo de Captación del FDG-F18.

La glucosa es indispensable para que las células de varios organismos puedan llevar a cabo sus procesos vitales, ya que estos requieren de energía, es por lo que el transporte

de este azúcar dentro de la célula para el metabolismo energético es de gran importancia (Castrejón, Carbó, y Martínez, 2007).

La glucosa puede entrar a la célula por dos diversas maneras: utilizando los transportadores de glucosa acoplados al sodio (SGLT) o mediante las proteínas facilitadoras del transporte de la glucosa (GLUT). Estas proteínas GLUT se encuentran en todas las células del organismo, mientras que las que están acopladas al sodio únicamente en tejidos como el intestino y el epitelio tubular renal (Castrejón, Carbó, y Martínez, 2007).

En condiciones normales, durante el proceso de la glucólisis el cuerpo utiliza la glucosa para obtener energía:

La glucosa es incorporada dentro de la célula por transporte de membrana (GLUT 1) siendo dentro de ella fosforilada por una hexoquinasa, pudiendo seguir el ciclo del lactato o de la acetilcolina para la obtención de energía por parte de la célula. (Retamal et al, 2017)

Se ha encontrado que varias proteínas transportadoras de glucosa intervienen para transportar el FDG-F18 dentro de la célula y éstas se encuentran localizadas en diversos tejidos, además, tienen diferente especificidad para la glucosa, propiedades cinéticas y regulación de los diferentes estados de desbalance de la glucosa (Chain y Illanes, 2015).

Por ejemplo, el GLUT 1 es el que está más esparcido en todos los tejidos. El GLUT-2 tiene baja afinidad por la glucosa y se encuentra en intestino, riñón, hígado, páncreas y cerebro. El GLUT-3 tiene alta afinidad por la glucosa y está presente en el cerebro; asegura el ingreso de glucosa a las neuronas aún en condiciones de baja concentración extracelular. GLUT-4 es un transportador con una muy alta expresión en tejido graso, en músculo esquelético y corazón. (Chain y Illanes, 2015)

Cuando el FDG ingresa a la célula mediante el transporte activo y difusión facilitada gracias a la demanda de azúcar, es fosforilada y su degradación es bloqueada ocasionando que no siga la vía normal de la degradación de la glucosa, provocando que sea acumulada en la célula y así poder obtener imágenes en el tiempo idóneo, el cual se considera es entre 45 y 60 minutos después de la inyección (Retamal et al, 2017).

2.2.1.1 Biodistribución Habitual del FDG-F18.

Luego de que el FDG-F18 es inyectado vía intravenosa comienza su distribución en el cuerpo mediante un sistema transportador tisular específico, el cual se podría considerar en parte insulino-dependiente, por lo tanto, su biodistribución se puede ver afectada por alimentos ingeridos previamente o por condiciones como la diabetes (Agudo Martínez, Gómez Perales, y Tirado, 2012).

También se debe tomar en cuenta que la biodistribución del FDG-F18 va a “depender de varios factores fisiológicos, como el nivel de glucosa en sangre o el diferente requerimiento que puedan tener los distintos tejidos normales bajo ciertas condiciones” (Chain y Illanes, 2015). Por lo que estos autores indican es importante tomar en cuenta dichos factores para la adquisición de las imágenes y así poder realizar diagnósticos correctos.

Los procesos fisiológicos que se llevan a cabo en las células y que presentan una alta demanda de glucosa son los que van a representar una elevada captación del radiofármaco FDG-F18. Por lo general, estos procesos se asocian a las células neoplásicas, sin embargo, también los procesos infecciosos e inflamatorios pueden presentar una alta captación (Ávila y Alva, 2010).

2.2.1.2 Captación Fisiológica Habitual.

El FDG-F18 va a ser captado principalmente en órganos con gran avidez por la glucosa, tales como: cerebro, corazón y tracto urinario. En el caso del cerebro, la sustancia gris es la que presenta mayor captación del radiofármaco, en el caso del corazón cuando la persona se encuentra en un estado de post ingesta de alimentos se verá mayor captación y el tracto urinario posee gran captación, ya que es el medio de excreción del FDG-F18 (Roldán-Valadez, et al, 2007).

Las demás estructuras del cuerpo humano, como la médula ósea, vasos sanguíneos, órganos del tracto gastro intestinal, tejido mamario y demás, presentarán captación del FDG-F18, sin embargo, en un grado mucho menor, de manera que resulten casi irreconocibles entre sí (Roldán-Valadez, et al, 2007).

2.2.1.2.1 Captación en Neoplasias Malignas.

En el proceso del crecimiento de las células tumorales intervienen diversos factores que son importantes para entender la captación que tienen éstas del FDG-F18. En este tipo de células existe un aumento de actividad metabólica, el cual se expresa en un mayor factor de crecimiento derivado de plaquetas y otros factores de crecimiento, también en el proceso de angiogénesis se ve aumentado el factor de crecimiento endotelial y el factor de crecimiento de fibroblastos (Vega, Graef, García, y Ornelas, 2005).

Todos los factores mencionados anteriormente ocasionan una proliferación celular que se presentan en células malignas y que están directamente asociados a una mayor captación de glucosa, lo que a su vez está relacionado con la cantidad de células viables dentro del tumor, en caso de tejidos necróticos o fibróticos se puede observar una clara disminución de esta captación (Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich, 2006).

Debido a estas características que se presentan en las células tumorales, se considera que la adquisición de las imágenes del estudio PET/CT con FDG-F18 es de gran utilidad en el área oncológica para poder diagnosticar, estadificar, analizar la evolución, re-estadificar y hasta planear diversos tratamientos para los pacientes que sufren distintos tipos de cáncer (Quirós, 2015).

Como se mencionó anteriormente, las células tumorales por lo general tienen más captación de glucosa que los tejidos normales ya que se encuentran en constante expansión. Sin embargo, no solo los tumores o neoplasias tienen captación del radio trazador, hay tejidos sanos que también captan material radioactivo (Ulaner, 2018).

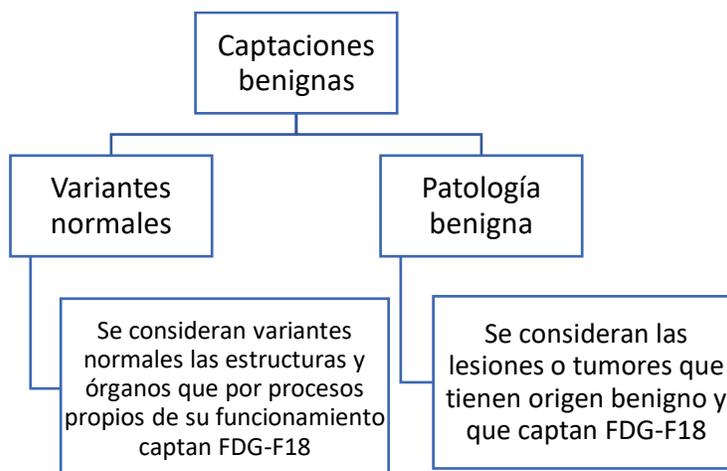
2.2.1.2.2 Captaciones Benignas.

El FDG-F18 tiene la característica de que no se capta únicamente en las células cancerosas, por el contrario, como menciona Ávila y Alva “El FDG está lejos de ser un radiofármaco específico de neoplasias, ya que existen otros procesos fisiológicos que presentan una captación alta de glucosa, como los procesos infecciosos e inflamatorios, que generan resultados falsos positivos” (2010, p.107). De aquí radica la importancia de evitar las captaciones benignas producto de la preparación de la persona o el protocolo utilizado durante el estudio.

En el caso de números elevados de células inflamatorias en los tumores se puede observar una captación aumentada del radio trazador que puede ocasionar confusión. Esta captación elevada también puede ser utilizada para encontrar infecciones e inflamaciones en diversos casos (Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich, 2006).

Debido a lo citado anteriormente y a que se conoce cuál es el método de captación y su biodistribución habitual es que se considera que el FDG-F18 no es un radiofármaco específico de tumores. Las captaciones que se observan en estructuras que no son malignas se pueden clasificar en variantes normales y patologías benignas. (Ver figura 1).

Figura 1. Captaciones benignas



Fuente: Elaboración propia, 2020.

2.2.1.2.2.1 Captación en Variantes Normales.

Se pueden considerar variantes normales las estructuras y órganos del cuerpo humano que debido a sus procesos fisiológicos captan FDG-F18, tales como: el cerebro, músculos, glándulas salivales, miocardio, tracto gastrointestinal, tracto urinario, grasa parda, glándula tiroides y tejidos gonadales, entre otros lugares, donde se presente captación fisiológica del FDG-F18 (Kostakoglu et al, 2004).

En el área de la cabeza y el cuello se sabe que el cerebro recibe gran aporte energético a partir de la glucosa, por lo tanto, tiene gran captación del radiofármaco sobresaliendo sobre otras estructuras. Esta captación cerebral en condiciones normales debe ser simétrica y homogénea y se presenta principalmente en la sustancia gris, los ganglios basales, tálamos y en el cerebelo, a diferencia de la sustancia blanca que presenta baja captación (Gil Martínez, et al., 2007).

Los estímulos visuales o auditivos después de la inyección de FDG-F18 pueden ocasionar un aumento de la captación en el área cerebral implicada, al igual que actividades motoras. Los músculos oculomotores también presentan captación aumentada (Gil Martínez, et al., 2007).

La disminución de actividad cerebral se puede presentar principalmente en pacientes con envejecimiento o patologías que impliquen hipoperfusión. Hay medicamentos y sustancias que también disminuyen la captación cerebral como corticoides, barbitúricos, nicotina, cafeína y benzodiazepinas. Otra condición que disminuye la captación cerebral es la hiperglucemia (Gil Martínez, et al., 2007).

Otras estructuras de la cabeza y el cuello que captan FDG-F18, en un grado variable, debido a procesos fisiológicos son las glándulas salivales submaxilares, las parótidas, las amígdalas linguales, palatinas y faríngeas, éstas últimas tres forman parte del anillo de Waldeyer (Estrada Sánchez, Altamirano Ley, y Ochoa Carrillo, 2007).

Las cuerdas vocales tienen una captación aumentada cuando la persona ha estado hablando. Esta captación de FDG-F18 en estas estructuras debe ser simétrica, en caso contrario se debe sospechar de parálisis de la cuerda vocal debido a algún proceso compresivo a lo largo del nervio vago o laríngeo, o cirugías previas en el área (Viglianti et al, 2018).

Otra estructura del cuello que puede presentar una captación aumentada es la glándula tiroides. Es importante poder realizar una correcta valoración ya que podría corresponder a una variante normal, o bien, a una patología como la enfermedad de Graves (Gil Martínez, et al., 2007).

Se puede llegar a observar captación aumentada de los músculos del cuello y la cabeza como el esternocleidomastoideo, trapecios y paraespinales. En estos casos es importante asegurarse que la persona se encuentra relajada durante la distribución del radiofármaco creando un ambiente tranquilo e informándole del procedimiento de manera adecuada (Gil Martínez, et al., 2007).

Otra de las variantes normales que se pueden observar es la activación de la grasa parda. Los sitios de presencia de esta grasa son el mediastino, cuello, grasa pericárdica y perirrenal, regiones subdiafragmáticas, intercostales y paravertebral. Es más común que se presente en personas del sexo femenino (Estrada Sánchez, Altamirano Ley, y Ochoa Carrillo, 2007).

La captación aumentada de la grasa parda se presenta con más frecuencia en lugares con climas muy fríos, y debido a su inervación simpática está muy relacionada con el nivel de ansiedad de la persona. Con el fin de evitar la presencia de estas captaciones se debe garantizar una adecuada temperatura previo a la inyección y se pueden administrar diversos medicamentos (Viglianti et al, 2018).

A nivel torácico la estructura que por lo general presenta gran avidéz por FDG-F18 es el miocardio. Esta captación se debe principalmente a la gran actividad que realiza el

ventrículo izquierdo (en ocasiones también del ventrículo derecho). El ayuno que se debe cumplir para realizar el procedimiento ocasiona que el miocardio tenga como fuente principal de energía a los ácidos grasos, sin embargo, siempre existe entre 30 y 40% de consumo de glucosa (Gil Martínez, et al., 2007).

En el caso de las glándulas mamarias existen condiciones que pueden ocasionar captaciones aumentadas de FDG-F18, dentro de las cuales se encuentran: final del ciclo menstrual (mayor intensidad de captación), lactancia y terapia hormonal. En el caso de las prótesis mamarias puede presentarse captación a su alrededor (Gil Martínez, et al., 2007).

En adolescentes y adultos jóvenes es frecuente observar captación de FDG-F18 de la glándula tímica en forma de “v” invertida. Cuando se observe esta hipercaptación es importante tomar en cuenta tratamientos previos como la quimioterapia, radioterapia, entre otros que pueden provocar hiperplasia tímica (Gil Martínez, et al., 2007).

El esófago presenta una captación leve a nivel de su tercio distal y se cree que puede estar asociada a que el esfínter esofágico inferior se encuentra contraído para evitar reflujo (Gil Martínez, et al., 2007).

Las estructuras del tracto gastrointestinal tienen un grado de captación de FDG-F18 variable. El estómago muestra una captación ligeramente mayor a la del hígado y por lo general se presenta en las paredes gástricas, es importante hacer una correlación anatómica de la captación debido a su ubicación y diversas maneras de disposición (Roldán-Valadez, et al., 2007).

El intestino delgado posee captación en menor intensidad a la del intestino grueso. En el intestino grueso se da captación principalmente en el colon derecho debido a actividad del músculo liso, mucosa metabólicamente activa, tejido linfóide o actividad colónica por microorganismos (Estrada Sánchez, Altamirano Ley, y Ochoa Carrillo, 2007).

El hígado va a presentar una captación puntiforme y ligeramente heterogénea (Estrada Sánchez, Altamirano Ley, y Ochoa Carrillo, 2007). Esta captación va a ser ligeramente mayor a la de los pulmones y se da debido a que los hepatocitos diferenciados presentan una alta actividad de glucosa. La vesícula biliar no se logra apreciar (Gil Martínez, et al., 2007).

La captación que presenta el bazo se encuentra entre la intensidad de los pulmones y del hígado, y por lo general es homogénea. Es importante valorar los tratamientos a los cuales se ha sometido la persona ya que se puede presentar un aumento a la captación debido a éstos (Gil Martínez, et al., 2007).

El FDG-F18 al ser excretado por la orina se va a presentar gran captación en el tracto urinario. Por lo general, gracias a la actividad que se presenta en los riñones se logra apreciar los cálices y pelvis renales y en ocasiones es posible visualizar los uréteres de manera unilateral o bilateral. Con una adecuada hidratación se puede reducir la captación a este nivel (Gil Martínez, et al., 2007).

La vejiga es otro de los órganos que reflejan captación del FDG-F18 ya que aquí es donde se acumula previo a su excreción. Es aconsejable que la vejiga esté vacía antes de la adquisición de las imágenes para tener visibilidad de los órganos adyacentes (Gil Martínez, et al., 2007).

En el caso de los órganos del sistema genital femenino el útero y los ovarios van a presentar una ligera captación, la cual, en caso de mujeres premenopáusicas, va a depender de la etapa del ciclo menstrual (Gil Martínez, et al., 2007).

Y el órgano del sistema genital masculino que presenta avidez por el FDG-F18 son los testículos, los cuales pueden presentar una actividad ligeramente intensa y se observa disminución de esta actividad conforme la edad (Gil Martínez, et al., 2007).

En el caso de las estructuras del sistema musculoesquelético en una condición de reposo no debería haber captación de FDG-F18 a nivel muscular, sin embargo, existen situaciones que propician la captación muscular como la administración de insulina, la ingesta de alimentos previo al estudio, la excesiva tensión muscular o antecedentes de lesiones tendinosas o musculares (Gil Martínez, et al., 2007).

La captación a nivel del hueso se presenta de una manera leve permitiendo apenas identificarlos, esta pequeña captación debe ser simétrica. En caso de que se presente una captación aumentada o asimétrica se debe sospechar de una enfermedad articular como periartritis, artritis reumatoide y sinovitis (Gil Martínez, et al., 2007).

En la médula ósea la captación se presenta en bajo grado, únicamente en casos donde se ha recibido tratamiento con factores de crecimiento hematopoyético es que esta captación se ve aumentada (Gil Martínez, et al., 2007).

2.2.1.2.2 Captación en Patología Benigna.

En el caso de las patologías benignas que captan FDG-F18 se encuentran principalmente los procesos inflamatorios debido al hipermetabolismo de glucosa que presentan. Para poder discernir entre estos procesos benignos y las patologías malignas es importante la correlación anatómica con las imágenes del CT (Roldán-Valadez, et al., 2007).

Algunas lesiones o tumores que se consideran benignos por lo general no deberían captar FDG-F18, sin embargo, en ocasiones, la intensidad de la captación que presentan puede generar confusión por encontrarse en el rango de captación de las neoplasias malignas (Roldán-Valadez, et al., 2007).

Es importante recalcar que puede presentarse captación aumentada de FDG-F18 debido a procesos no malignos en casos de tumores que tengan una respuesta aguda a la

irradiación o a quimioterapia en fases tempranas post terapéuticas (Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich, 2006).

A continuación, se enlistan las principales patologías benignas con captación aumentada de FDG-F18.

Tabla 1. *Patologías benignas con captación aumentada de FDG-F18*

Área del cuerpo	Patología con captación aumentada
Cabeza y cuello	Bocio tiroideo
	Nódulos tiroideos benignos
	Tiroiditis
	Enfermedad de Graves
	Tumor de Whartin
	Sinusitis
	Ginecomastia masculina
	Neumonía
	Neumonitis por radiación
	Tuberculosis
Tórax	Sarcoidosis
	Osteocondritis
	Bronquitis
	Ganglios linfáticos asociados a
	enfermedades pulmonares crónicas
	Hiperplasia tímica
Abdomen y pelvis	Hipertrofia benigna de las suprarrenales
	Pancreatitis complicada y no complicada
	Pancreatitis aguda
	Duodenitis
	Diverticulitis
Reacción inflamatoria o infecciosa de	
colostomía	

Área del cuerpo	Patología con captación aumentada	
Sistema musculoesquelético	Hemorroides activas	
	Enfermedad de Crohn	
	Osteotomías	
	Fracturas en cicatrización	
	Enfermedad articular degenerativa	
	Tendinitis	
	Enfermedad de Paget	
	Inflamaciones granulomatosas	
	Inflamaciones piógenas o estériles	
	Procesos de cicatrización	
	Abscesos	
	Resorción de tejidos	
	Prótesis vasculares	
	Varios	Inflamación de ganglios linfáticos
		Arteriosclerosis
Arteritis		
Aneurismas		
Psoriasis		
Resultados de procedimientos intervencionistas		

Fuente: Recuperado de Captación fisiológica y no maligna de 18FDG en estudio de PET de cuerpo completo de Gil Martínez, et al., (2007) y de Conceptos básicos de 18F-FDG PET/CT. Definición y variantes normales de Roldán-Valadez, E; Vega González, I; Valdivieso Cárdenas, G; Rumoroso García, A; Morales Santillán O, et.al. (2007).

2.3 Medición del Valor de Captación Estándar (SUV)

Existe un parámetro que mide la captación de FDG-F18 en un área específica, este se conoce como valor de captación estándar o por sus siglas en inglés SUV. Esta medición se realiza dibujando una región de interés (ROI) en la imagen de PET y es utilizado para definir áreas benignas y malignas. Los factores utilizados para medir un SUV son: actividad media de FDG en la región seleccionada, dosis inyectada y peso del paciente (Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich, 2006).

Para realizar esta medición se toman en cuenta varios parámetros, los cuales son: concentración de radiactividad (medida en kBq/ml), actividad de FDG corregida por decaimiento (medida en kBq) y el peso del paciente (medido en g). Como resultado de este cálculo se concluye que el valor SUV es adimensional (Kinahan y Fletcher, 2010).

Según Martínez-Villaseñor y Gerson- Cwilich, 2006, el SUV se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{SUV} = \frac{\text{actividad media de FDG en la región ROI (tumor)}}{\text{dosis inyectada en mCi por el paciente en kg}}$$

El SUV es de gran utilidad ya que mediante una medida que se realiza en una región de interés de la imagen es posible monitorear la respuesta terapéutica al respecto, Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich indican que “El SUV es una valoración semicuantitativa para determinar: la respuesta metabólica a un tratamiento oncológico, y los límites de determinación en el diagnóstico diferencial de la presencia de un proceso neoplásico” (2006, p. 297).

Esta medida puede resultar muy útil para diferenciar captaciones benignas de las malignas, como dice el autor Gil E. et al (2007) es importante realizar una correcta interpretación de la imagen obtenida ya que existen captaciones benignas y variantes fisiológicas que pueden generar confusión al interpretarlas.

El uso de este valor para realizar diagnósticos definitivos no es ampliamente aceptado, esto se da principalmente porque existen procesos benignos, inflamatorios o infecciosos, que tiene un valor SUV muy alto y existen procesos malignos de lento crecimiento con una captación mínima y con valores SUV muy bajos. Además, diversos factores pueden interferir con una correcta medición, como la adquisición de la imagen, el proceso y análisis, entre otros. (Kinahan y Fletcher, 2010).

Para tener total certeza de cómo clasificar la captación que se está observando, se plantean dos puntos básicos, primero conocer a profundidad la distribución del FDG dentro

del cuerpo humano y segundo, conocer detalladamente la historia clínica y los antecedentes de cada uno de los pacientes (Gil Martínez, et al., 2007).

2.4 Aplicaciones del PET/CT

Alrededor del 90% de las indicaciones para realizar un estudio de PET/CT son oncológicas, sin embargo, también tiene aplicaciones en neurología para distintos padecimientos psiquiátricos y neurológicos como enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Parkinson, convulsiones, entre otros. También es empleado en el área de la cardiología para la viabilidad miocárdica post infarto (Vega, Graef, García, y Ornelas, 2005).

2.4.1 Aplicaciones Oncológicas

El estudio de PET/CT se ha convertido en un estudio primordial para los pacientes diagnosticados con alguna tumoración. Todas las ventajas que posee, además de su sensibilidad y especificidad, ha convertido este método de imagen en el mejor aliado de los profesionales de oncología e incluso de radioterapeutas en el proceso de tratamiento y seguimiento de sus pacientes (Vega, Graef, García, y Ornelas, 2005).

Se ha comprobado que la implementación de este estudio ha tenido un gran impacto en el manejo de los pacientes con cáncer, también ha representado cambios en las conductas curativas o paliativas o el tipo de tratamiento que se puede administrar como cirugía, quimioterapia o radioterapia, por lo que cada vez se utiliza más para el diagnóstico y etapificación de neoplasias sólidas (Ladrón De Guevara, 2015).

En cuanto a la parte diagnóstica se puede considerar que tiene una gran capacidad de determinación entre malignidad o benignidad de alguna lesión en específico. A su vez, aporta información importante sobre la posibilidad de reseccabilidad del tumor, pudiendo observar infiltración a órganos o tejidos adyacentes (Vega, Graef, García, y Ornelas, 2005).

Para la estadificación de una neoplasia maligna, el estudio de PET/CT también cumple un papel muy importante. Brinda la gran ventaja de que se puede hacer un rastreo

del cuerpo entero logrando definir el avance de tumor a otros órganos o tejidos a la distancia (Vega, Graef, García, y Ornelas, 2005).

Gracias a su característica de determinar metástasis a distancia y a la gran sensibilidad para determinar la infiltración de ganglios, se puede proporcionar una clasificación TNM mucho más certera y confiable que otros métodos. Por esto, la importancia de considerar este estudio como parte de la etapa inicial de detección de diferentes neoplasias malignas (Ladrón De Guevara, 2015).

Otra gran utilidad del estudio de PET/CT se da en la planeación del tratamiento de radioterapia. El PET permite determinar las zonas metabólicamente activas del tumor y el CT permite ubicar y delimitar la masa tumoral brindando una exactitud anatómica para evitar la irradiación de tejidos sanos que se encuentren a su alrededor (Vega, Graef, García, y Ornelas, 2005).

2.4.2 Principales Neoplasias

El radiofármaco FDG-F18 no es específico de tumores, ya que existen ciertos procesos fisiológicos que también captan, además de otras captaciones anatómicas normales. Por esto, es importante conocer para cuales tipos de tumor el estudio de PET/CT FDG-F18 resulta de utilidad.

En el caso de los tumores que se presentan en el área de la cabeza y el cuello por lo general, son palpables o visibles, lo cual facilita el examen clínico y procedimientos endoscópicos, y a su vez, la toma de biopsia, que proporcionan un diagnóstico definitivo. El estudio de PET/CT es de utilidad para establecer una correcta estadificación permitiendo visualizar diseminación a ganglios o a otras estructuras. Además, resulta bastante útil en la determinación de recidiva versus fibrosis cicatricial debido a tratamientos administrados y su respuesta a éstos (Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich, 2006).

Para las neoplasias o lesiones a nivel del tórax, el uso del PET/CT es de utilidad para determinar la benignidad o malignidad de los nódulos pulmonares solitarios. En el caso del cáncer de pulmón, se considera que tiene un alto valor predictivo positivo, sin embargo, se pueden requerir procedimientos adicionales como la biopsia (Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich, 2006).

Para el diagnóstico de cáncer de mama se considera que el PET/CT tiene valor predictivo positivo mayor que la mamografía, ultrasonido y resonancia magnética, sus resultados falsos negativos se pueden ver en casos como lesiones menores a 1 cm, carcinoma ductal in situ y lesiones con gran diferenciación histológica y de crecimiento lento. El PET/CT también resulta útil para la determinación de metástasis a ganglios axilares o a distancia, además de valorar respuestas a tratamientos (Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich, 2006).

Otro tipo de cáncer que puede ser estudiado mediante PET/CT es el linfoma, Hodgkin y no Hodgkin. Gracias al rastreo de cuerpo completo que se realiza en el procedimiento se pueden valorar los diferentes grupos ganglionares del cuerpo, además evita procedimientos invasivos como laparotomías exploratorias del bazo y biopsias de cresta iliaca (Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich, 2006).

Para el caso de los melanomas malignos el PET/CT resulta de utilidad brindando información sobre metástasis y contribuye al planeamiento quirúrgico de éstas. También, permite identificar la etapa clínica del melanoma, confirmar en caso de recurrencia y valorar la respuesta al tratamiento recibido (Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich, 2006).

El PET/CT para las neoplasias colorrectales resulta de utilidad en casos de diagnósticos de recurrencias post operatorias, generalmente, la mayoría han sido tratadas con radioterapia, y el PET/CT permite diferenciar entre tejido cicatricial o recidiva. A su vez, permite la localización anatómica y detección de metástasis. Sin embargo, hay pólipos benignos intestinales que también captan FDG-F18 (Martínez-Villaseñor y Gerson-Cwilich, 2006).

En resumen, existen diversas patologías que se estudian mediante el procedimiento de PET/CT FDG-F18 y se ha demostrado utilidad del uso de la técnica en los siguientes tipos de tumor:

- Tumores de cabeza y cuello
- Cáncer de cérvix
- Cáncer colorrectal
- Cáncer de endometrio
- Cáncer de esófago
- GIST
- Hepatocarcinoma
- Linfomas
- Cáncer de mama
- Melanoma
- Cáncer de ovario
- Cáncer de páncreas
- Cáncer de pulmón microcítico y no microcítico
- Cáncer de riñón
- Sarcoma
- Tumores del sistema nervioso central
- Cáncer de testículo
- Cáncer de tiroides
- Cáncer de vejiga
- Tumores de las vías biliares

2.5 Protocolo para Estudios de PET/CT de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada

El proceso de atención y adquisición de imágenes de los estudios de PET/CT conlleva una serie de pasos, desde la asignación de la cita hasta la salida de la persona usuaria del centro. En el centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada este flujo de trabajo se enumera a continuación.

2.5.1 Asignación de la Cita

El proceso de asignación de citas de las personas usuarias candidatas al estudio de PET/CT se realiza mediante central telefónica, atendida por el personal de secretaría. A la persona usuaria se le asigna su cita solicitando datos personales y el peso exacto. Además, se le envía información con la explicación del procedimiento que se le va a realizar, incluyendo la preparación que se menciona más adelante (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 8).

Para completar la asignación de la cita se le solicita a la persona usuaria aportar los siguientes documentos: orden médica en la que solicita el examen y explica el motivo de pedirlo, reporte de patología (biopsias), examen de creatinina y nitrógeno ureico, hemoglobina glicosilada (en caso de pacientes diabéticos), hemograma completo, prueba de glicemia, reportes de estudios de imagen realizados anteriormente, laboratorios alterados y resumen de historia clínica (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 8).

2.5.2 Preparación para el Estudio

Según el instructivo de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada (2020) para realizar el estudio se estipulan una serie de lineamientos que la persona usuaria debe seguir con el fin de obtener un estudio de calidad

- La persona debe tener un mínimo de cuatro horas de ayuno, lo ideal es de seis a diez horas. No debe ingerir alimentos con carbohidratos o azúcar en su comida previa al procedimiento.

- En caso de ingerir algún medicamento de manera regular, la persona usuaria puede tomarlo con agua únicamente.
- En el caso de los pacientes diabéticos:
 - Si es tratado con insulina debe comer 6 horas previas al estudio y aplicarse la insulina en la dosis usual. No debe ingerir ningún otro alimento ni aplicarse insulina adicional.
 - Si es tratado con hipoglicemiantes orales la noche anterior siga su rutina normal de dieta y medicamentos. No desayune al día siguiente ni tome los medicamentos para la diabetes.
- Para evitar la activación de la grasa parda, días previos a la realización del estudio la persona usuaria debe mantenerse lo más caliente posible utilizando abrigo, bufanda, entre otros.
- La persona usuaria no debe realizar actividad física horas previas al procedimiento, ni después del mismo.
- En caso de haber recibido algún tratamiento, la persona usuaria debe esperar un tiempo prudencial para realizarse el estudio de PET/CT. Después de la quimioterapia es aconsejable esperar al menos 4 semanas, después de la radioterapia 6 semanas y en caso de las cirugías entre 4 y 6 semanas (p. 8).

2.5.3 Realización del Estudio

El día de la cita la persona usuaria debe presentarse a la hora asignada. Una coordinadora de servicio le recibirá la documentación solicitada y posteriormente será atendido o atendida por un médico general. La entrevista con el médico tiene el fin de realizar una historia clínica completa y un examen físico que incluye la toma de temperatura, medición de la talla y el peso justo antes de pasar al paciente al cubículo de inyección (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

Uno de los pasos más importantes en la ejecución de un estudio de PET/CT es la elaboración de una historia clínica detallada, el instructivo de PET/CT de Imágenes Médicas

Dr. Chavarría Estrada (2020) señala varios aspectos que son importantes conocer previo a la adquisición y reporte de las imágenes, por ejemplo, se deben conocer:

“Los lugares donde existe una infección o una inflamación pueden llevar a confusiones en el diagnóstico. Así el metabolismo de [18]FDG está aumentado en la infiltración leucocitaria asociada con los procesos inflamatorios, como ocurre en los abscesos, neumonía o sinusitis.”

También es importante conocer los lugares donde la persona usuaria tuvo algún tipo de intervención quirúrgica, curaciones por heridas, ostomías o colocación de tubos, y en general, cualquier proceso que pueda afectar la distribución del FDG-F18 reflejando focos de hipercaptación (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

2.5.4 Inyección del FDG-F18

Para realizar la inyección del FDG-F18 el personal de enfermería se encargará de colocar a la persona usuaria una vía periférica y de tomar una glicemia con el fin de verificar el nivel de azúcar en sangre, asegurándose que el nivel está dentro de los límites (60 y 150 mg/dl en personas no diabéticas y menor a 200 en personas diabéticas) para poder realizar el estudio con éxito (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

El personal de imagenología será el encargado de realizar la inyección del material radioactivo en un rango entre de 0,10 y 0,20 mCi (milicurie) por kilogramo de peso. Esta inyección preferiblemente se debe realizar en el lado contra lateral a la lesión en estudio y se debe anotar el punto de inyección (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

2.5.5 Biodistribución del FDG-F18

Posterior a la inyección la persona usuaria deberá permanecer en el cubículo de inyección aproximadamente 60 minutos a que el material radioactivo se distribuya por todo

el cuerpo. Los cubículos de inyección son ambientes cálidos y confortables con luces tenues y ambiente tranquilo (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

Durante la espera de la distribución el paciente deberá evitar moverse, dormirse y utilizar dispositivos electrónicos, además debe ingerir medio de contraste oral previamente proporcionado por el personal de imagenología. También se le brindarán elementos como cobijas para mantenerse lo más caliente posible (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

Cuando se hayan cumplido entre 50 y 60 minutos post inyección la persona usuaria podrá levantarse y dirigirse al baño con el fin de vaciar la vejiga lo más que se pueda, para posteriormente pasar a realizar la adquisición de las imágenes (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

2.5.6 Adquisición de las Imágenes

Para realizar la adquisición de las imágenes la persona usuaria deberá ingerir dos vasos de agua y luego recostarse en la camilla en posición supino, generalmente con los brazos arriba hacia la cabeza, en caso de patologías cerebrales los brazos deberán ir al lado del cuerpo. El protocolo básico de adquisición abarca desde base de cráneo hasta el tercio medio de los muslos, dependiendo del diagnóstico se pueden incluir imágenes de las extremidades y/o cerebro (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

El personal de imagenología se encargará de dar las instrucciones a la persona usuaria, como mantener una respiración suave y tranquila y no moverse, esto para que la fusión de las imágenes entre el TC y el PET puedan coincidir (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

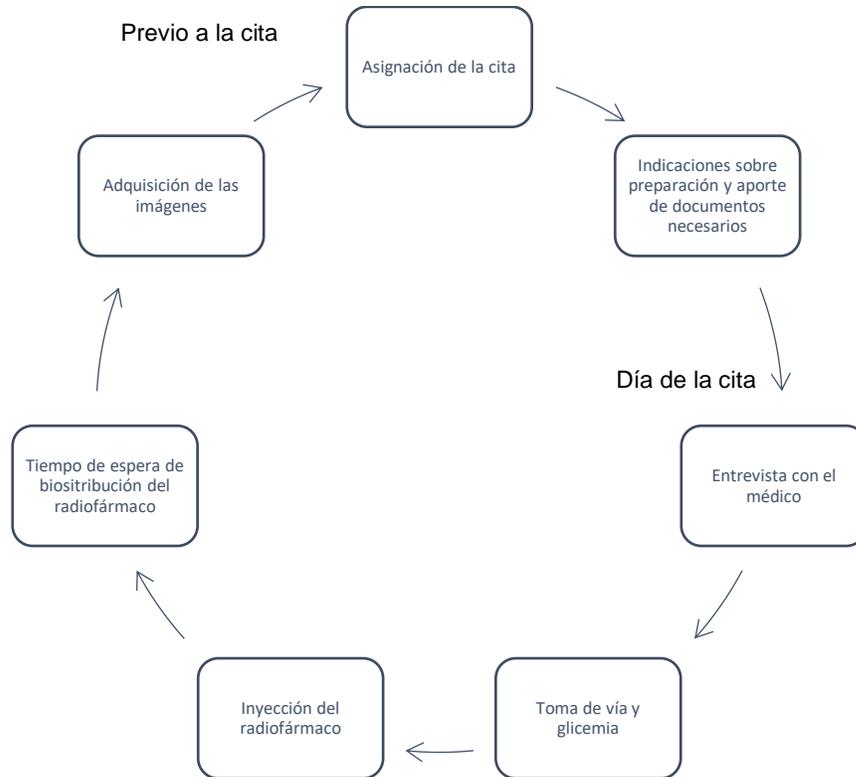
Para calcular el tiempo de las camillas de la adquisición de PET se utilizan los siguientes criterios:

- Si el índice de masa corporal (IMC) es menor a 20, el tiempo de cada camilla será de 3 minutos.
- Si el IMC se encuentra entre 20 y 30, el tiempo de cada camilla será de 3 minutos y medio.
- Si el IMC es mayor a 30, el tiempo de cada camilla será de 4 min (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

Finalizada la adquisición se inspeccionan las imágenes obtenidas visualmente y dependiendo del caso de cada persona usuaria se debe consultar con el médico especialista en Medicina Nuclear en caso de realizar imágenes adicionales, focalizadas o tardías (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

De manera resumida todo el proceso de atención de las personas usuarias de PET/CT se observa en la figura 2.

Figura 2. Diagrama de flujo de atención de personas usuarias para el estudio de PET/CT en el centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada.



Fuente: Elaboración propia a partir del Instructivo PET/CT Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2022

Capítulo III. Marco metodológico

3.1 Descripción General de la Estrategia Metodológica

Para la presente investigación se planteó estudiar la aparición de las principales captaciones benignas de los estudios de PET/CT FDG-F18, esto con el fin de identificar si su origen proviene de diversos factores que están relacionados con el protocolo utilizado.

Como primer paso se analizaron todas las imágenes de estudios de PET/CT oncológico con FDG-F18, realizados en el período propuesto, del 1 de julio del 2019 al 1 de julio del 2020, en el Centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, para identificar los estudios en los que se presentaron las principales captaciones benignas.

Para realizar la identificación de las captaciones benignas se estudiaron aspectos tales como: mediciones en el eje más largo, mediciones de la captación del radiofármaco o SUV, características de simetría, ubicación anatómica y, por último, se analizó la interferencia de las captaciones benignas en la interpretación de las imágenes seleccionadas. Para llevar a cabo estas actividades se contó con la información del reporte médico en conjunto con las imágenes médicas.

Una vez identificados los estudios que poseen captaciones benignas que están relacionadas con actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de las articulaciones y grasa parda, se caracterizaron con la finalidad de determinar su naturaleza y posible relación con diversas variables sociodemográficas tales como: sexo, edad y lugar de residencia, variables del preparativo del estudio como: ayuno, nivel de glicemia y actividad física, y con variables del expediente clínico: IMC, trauma y fracturas previas, procesos infecciosos y tratamiento como cirugías, biopsias, quimioterapia y radioterapia. Durante esta fase se hizo también revisión del expediente clínico de la persona atendida, el cual, fue realizado por parte de un médico general del centro y el reporte médico del estudio.

Además, se analizó la relación de la aparición de las captaciones benignas con el protocolo utilizado. Esta fase se realizó mediante el proceso de observación y se utilizó la información contemplada en el Instructivo de PET/CT del centro médico con el fin de generar conclusiones.

Todos estos datos fueron recabados mediante el empleo de los instrumentos de recolección de datos y a partir de esto, se lograron una serie de conclusiones y recomendaciones al respecto.

3.2 Descripción de la Metodica

Esta investigación se considera observacional retrospectivo, ya que lo que interesa es conocer la naturaleza de la captación benigna del FDG-F18 en estudios de PET/CT ya realizados y sus implicaciones en el diagnóstico de la enfermedad de las personas usuarias, esto se llevó a cabo primero mediante un proceso de observación de imágenes.

Este proceso de observación se realizó seleccionando imágenes obtenidas durante un período de tiempo determinado. La investigación tomó como límite temporal, del 1 de julio del 2019 al 1 de julio del 2020, para la obtención de los datos necesarios para la realización de las diferentes etapas de la investigación.

Para realizar esta investigación en el Centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, primeramente, correspondió solicitar el permiso para la realización del estudio. Una vez obtenido el permiso y la aprobación, se recolectó la información en el escenario objeto de investigación, recopilando la información en diferentes formas de observación: observaciones no estructuradas, revisión de expedientes y análisis documental.

La investigación se considera descriptiva, ya que el principal interés radicó en describir toda la información recabada de las imágenes, las principales variantes normales y las patologías benignas que captan el FDG-F18 de las imágenes médicas realizadas en el centro.

El enfoque que se le dio al presente estudio fue de tipo mixto, cualitativo principalmente, porque la recolección de datos que se llevó a cabo no involucró una medición numérica, sino que buscó realizar una descripción precisa de las imágenes de los estudios de PET/CT.

Esta investigación se considera observacional, ya que la información se obtuvo a partir de la revisión del expediente clínico de las personas usuarias, del reporte médico y de las imágenes obtenidas. Para ello, la proponente realizó el Curso de Buenas Prácticas Clínicas, impartido en el Instituto de Investigación en Ciencias Médicas, de la Universidad de Ciencias Médicas, del 17 de febrero al 16 de marzo del 2020, y realizó los trámites respectivos ante el Consejo Nacional de Investigación en Salud (CONIS) en cumplimiento con la ley 9234, por lo que ya se encuentra acreditada como investigadora.

3.3 Definición y Operacionalización de las Variables

Tabla 2. Cuadro de variables

Objetivos	Variables	Definición conceptual	Dimensión	Definición operacional	Instrumento
Identificar las captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda presentes en las imágenes de PET/CT oncológico con FDG-F18 realizadas en el centro	Captaciones benignas	Se refiere a las captaciones en las estructuras del cuerpo humano que no tienen un proceso neoplásico maligno, sin embargo, tienen captación del material radioactivo observado en las imágenes	Ubicación anatómica	Cabeza y cuello	Anexo 1: Ficha de selección de la población Anexo 2: Ficha de caracterización de las captaciones benignas halladas
				Tórax	
				Abdomen	
			Tamaño	Pelvis	
				Extremidades	
				Menos de 5 cm	
			Medición SUV	5 a 15 cm	
				Más de 15 cm	
				Menor a 2.5	
			Simetría	2.5 a 10	
Mayor a 10					
Interferencia con la interpretación de la imagen	Simétrico				
	Asimétrico				
Caracterizar las principales captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda presentes en las imágenes de PET/CT oncológico con FDG-F18	Principales captaciones benignas	Se refiere a las principales captaciones en las estructuras del cuerpo humano que no tienen un proceso neoplásico maligno, sin embargo, tiene captación del material radioactivo	Tipo de captación benigna	Actividad muscular	Anexo 3: Ficha de recolección de datos del expediente clínico
				Ganglios inflamatorios	
				Inflamación de articulaciones	
			Edad	Grasa parda	
				18-40 años	
				41-65 años	
			Sexo	65 años en adelante	
				Femenino	
			Clima de la zona de procedencia	Masculino	
				Zonas de clima caliente	
Zonas de clima templado					
Área geográfica de procedencia	Zonas de clima frío				
	Área geográfica de procedencia	Área geográfica proveniencia fuera del GAM			
				Área geográfica proveniencia dentro del GAM	

realizadas en el
centro

	Área geográfica proveniencia extranjera
Ayuno	Menos de 6 horas
	6 horas o más
Nivel de glicemia	Menor a 150 mg/dl
	Mayor a 150 mg/dl
Índice de masa corporal	Menor a 20
	20-30
	Mayor a 30
Trauma	No asocia trauma
	Trauma en las dos semanas previas al estudio
Fracturas previas	Fracturas
	No fracturas
Actividad física	No realizó actividad física 2 días previos al estudio
	Sí realizó actividad física 2 días previos al estudio
Procesos infecciosos	No presentó procesos infecciosos 2 semanas previas al estudio
	Presentó procesos infecciosos 2 semanas previas al estudio
Quimioterapia	Recibió quimioterapia hace menos de 1 mes
	Recibió quimioterapia entre 1 y 3 meses
	Recibió quimioterapia hace más de 3 meses
Radioterapia	Recibió radioterapia hace menos de 1 mes
	Recibió radioterapia entre 1 y 3 meses
	Recibió radioterapia hace más de 3 meses
Cirugía y biopsias	Se sometió a cirugía o biopsia hace menos de 1 mes
	Se sometió a cirugía o biopsia entre 1 y 3 meses
	Se sometió a cirugía o biopsia hace más de 3 meses

Relacionar la aparición de las principales captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda en las imágenes de PET/CT con FDG-F18 con el protocolo de estudio utilizado en el centro	Principales captaciones benignas	Se refiere a las principales captaciones en las estructuras del cuerpo humano que no tienen un proceso neoplásico maligno, sin embargo, tiene captación del material radioactivo	Etapa: Asignación de la cita Etapa: Preparación del estudio Etapa: Administración de radiofármaco Etapa: Tiempo de espera Post Inyección Etapa: Adquisición del estudio Etapa: Procesamiento de las imágenes	Grado de Relación del protocolo con la aparición de la captación benigna (Bajo) (Medio) (Alto)	Anexo 4. Matriz de análisis de captaciones benignas y protocolo del centro médico
	Protocolo de estudio	Conjunto de etapas que guían la realización del estudio a realizar			

Fuente: Elaboración propia, 2020

3.4 Población de Interés

Para el presente estudio se utilizó una población conformada por 300 estudios de PET/CT oncológicos con FDG-F18, estos fueron los estudios adquiridos en un periodo comprendido entre 1 de julio de 2019 a 1 julio del 2020 en el centro de imágenes, a partir de esta población se seleccionaron las imágenes de las personas usuarias aplicando criterios de inclusión y exclusión enumerados más adelante.

Posterior a la aplicación de los siguientes criterios de inclusión y exclusión, la población se redujo a 91 estudios, en los cuales se observaron 101 captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de las articulaciones y grasa parda.

3.4.1 Criterios de Inclusión

Imágenes de personas usuarias que se hayan realizado adquisición de PET/CT con el protocolo estándar de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada durante el periodo 2019-2020.

3.4.2 Criterios de Exclusión

- Estudios donde no se cuente con uno o varios de los siguientes datos: el valor de glicemia inicial, dosis de inyección, tiempos de adquisición de imagen, peso, expediente clínico, indicación del estudio y reporte médico.
- Estudios donde no se tenga acceso a expediente clínico.
- Estudios donde no se tenga acceso a reporte médico.
- Imágenes adquiridas con parámetros diferentes a los del protocolo estándar establecido.
- Imágenes con movimiento y artefactos que comprometan la calidad diagnóstica.
- Imágenes de personas menores de 18 años.
- Imágenes de personas usuarias que presentaron extravasación por la inyección.
- Inyecciones de FDG-F18 realizadas con dosis menores a 0.10 mCi/kg.

3.5 Criterios de Confiabilidad y Validez Externa

Se procedió a la búsqueda de datos directamente del centro de Imágenes Dr. Chavarría Estrada, lugar donde se realizaron los procedimientos, es decir, se contó con información de primera mano, siendo esta la fuente primaria, es decir, información fiable, actualizada y exacta.

Para la selección de las fuentes secundarias que se utilizaron en la presente investigación se tomaron en cuenta diversos aspectos, uno de ellos es la actualización de la información presentada. Se seleccionaron fuentes actuales con menos de 15 años de publicación.

Otro aspecto importante que se consideró en la selección de las fuentes es la fiabilidad de la información. La información que se escogió se planteó con fundamentos bibliográficos y datos estadísticos auténticos con credenciales de autor y publicada por revistas científicas reconocidas para así confirmar la validez de los datos contenidos.

También se tomó en cuenta el alcance de las fuentes seleccionadas. Es importante que la información expuesta le sea de utilidad a la investigación y se enfoque en una dirección similar a la de la investigación en curso.

3.6 Procedimientos de Recolección de la Información

La información para esta investigación fue recolectada tomando en cuenta los objetivos planteados. El procedimiento por seguir se detalla a continuación:

- Recolección de información de las imágenes realizadas de PET/CT oncológico con FDG-F18 en el centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada: esta fase de recolección permitió obtener la información para cumplir con el objetivo 1 e incluye las siguientes etapas:
 - .1. Se seleccionó la población a incluir en la investigación utilizando la ficha del Anexo 1 llamada *Ficha de selección de la población*.
 - .2. Una vez que se seleccionaron las imágenes de las personas usuarias que se incluyeron en la investigación, se estudiaron las imágenes utilizando la misma

herramienta (Anexo 1) que permitió contabilizar la cantidad de estudios que están mostrando estas captaciones no deseadas. Simultáneamente se utilizó la *Ficha de caracterización de las captaciones benignas halladas* (ver Anexo 2) para recolectar información sobre las características de dichas captaciones. Para completar la ficha de caracterización además de las imágenes médicas, se utilizó el expediente clínico y el reporte médico del estudio.

- Recolección de la información del expediente clínico: esta parte de la investigación consistió en recaudar toda la información necesaria a partir del expediente clínico que esté relacionado con los factores que pueden estar afectando la presencia de las principales captaciones benignas en las imágenes. Para esta etapa se contó con la *Ficha de recolección de datos del expediente clínico* (Anexo 3) para sistematizar toda la información obtenida.

Con los datos recolectados se realizó el respectivo análisis de la información en torno al protocolo de estudio del PET/CT oncológico con FDG-F18 y las características de las captaciones benignas halladas, lo que permitió obtener información sobre la relación o la influencia del protocolo utilizado con la aparición de captaciones normales.

3.6.1 Técnicas e Instrumentos para Recolección de Datos

3.6.1.1 Ficha de Selección de la Población.

Esta ficha (Anexo 1) permitió determinar si los estudios de PET/CT oncológico con FDG-F18, cumplen con los criterios de inclusión y exclusión planteados para ser incluidos en esta investigación. También, permitió asignar un código a cada uno de los estudios de imagen que fueron adquiridos entre julio 2019 a julio del 2020, facilitando anonimizar los estudios.

Con esta ficha también se recabó información sociodemográfica de las personas que se realizaron los estudios de PET/CT oncológico con FDG en el período definido requerida para posterior análisis.

3.6.1.2 Ficha de Caracterización de las Captaciones Benignas Halladas.

Una vez identificados los estudios que contienen captaciones benignas, se procedió a recolectar información sobre las características de estas captaciones mediante la ficha que se presenta en el Anexo 2. Esta ficha permitió recolectar información sobre:

- Tipo de captación benigna observada: en esta sección se anota el tipo de captación benigna que se va a caracterizar.

Además, esta ficha de caracterización permitió realizar un chequeo mediante la asignación de una “x” de:

- Ubicación de la captación: determinar la región anatómica en la que se localiza la captación no deseada observada, ya sea, cabeza y cuello, tórax, abdomen, pelvis o extremidades.
- Tamaño de la captación: menor a 5 cm, de 5 a 10 cm y mayor a 10 cm.
- Medición SUV: se clasificará la medición SUV de la captación benigna no deseada, si es menor a 2.5, entre 2.5 y 15 y mayor a 15.
- Simetría: determinar si la captación no deseada observada es simétrica o asimétrica.
- Interferencia con la interpretación de la imagen: se deberá determinar si la captación observada interfiere o no interfiere con la interpretación de la imagen.

3.6.1.3 Ficha de Recolección de Datos de Expediente Clínico.

Esta ficha (ver anexo 3) ayudó a sistematizar la información que se recopiló del expediente clínico con respecto a los factores que se cree puedan estar ocasionando las captaciones benignas en las imágenes. En la ficha se debe seleccionar con una “x” la opción que corresponda. La información que se recolectó fue la siguiente:

- Tipo de captación benigna: se seleccionó si la captación observada corresponde a actividad muscular, ganglios inflamatorios, grasa parda o inflamación de articulaciones.
- Edad: se clasificó según los grupos de edades de 18 a 40 años, de 41 a 65 años y de 65 años en adelante.
- Sexo: se dividió en femenino o masculino.
- Clima de zona de procedencia: se clasificó el clima de la zona de procedencia de la persona usuaria en clima caliente, templado y frío.

- Área geográfica de procedencia: se clasificó el lugar de procedencia en fuera o dentro del GAM, y en caso de los extranjeros se indicó que vienen fuera del país.
- Ayuno: se determinó si la persona usuaria cuenta con menos de 6 horas de ayuno o 6 horas de ayuno o más.
- Nivel de glicemia: se señaló si la persona usuaria tenía una glicemia inicial previa al estudio de 150 mg/dl o menos, o bien, más de 150 mg/dl.
- Índice de masa corporal: el IMC se clasificó en menor a 20, entre 20 y 30 y mayor a 30.
- Trauma: se indicó si la persona usuaria ha sufrido trauma reciente (últimas dos semanas) o no.
- Fracturas: se indicó si la persona usuaria tiene una historia de fractura o no.
- Actividad física: se indicó si la persona usuaria realizó actividad física en los dos días previos al estudio o no.
- Procesos infecciosos: se buscó información en caso de que la persona usuaria haya presentado o no, algún tipo de infección en las dos semanas previas a la realización del estudio.
- Quimioterapia: se determinó si la persona usuaria recibió quimioterapia hace menos de un mes o más de un mes.
- Radioterapia: en caso de haber recibido tratamiento con radioterapia se seleccionó el periodo en el que recibió: menos de un mes, entre uno y tres meses, más de tres meses.
- Cirugía: en caso de haber sido sometido o sometida a procedimientos quirúrgicos se seleccionó si fue hace menos de un mes, entre uno y tres meses o más de tres meses.
- Biopsias: en caso de que le hayan realizado biopsias se anotó si se le realizó hace menos de una semana, entre una semana y un mes o hace más de un mes.

3.6.1.4 Matriz de análisis de captaciones benignas y el protocolo del centro médico

Con esta matriz (ver Anexo 4) se tabuló la información para definir el grado de relación que existe entre las distintas fases del protocolo de estudio y la aparición de captaciones benignas.

La matriz comprende las seis etapas descritas en el protocolo de estudio, las cuales son: asignación de la cita, preparación del estudio, inyección del radiofármaco, tiempo de espera post inyección, adquisición del estudio y post procesamiento de las imágenes.

A partir de cada una de estas etapas se seleccionaron factores que se consideraron que influyen en la aparición de las captaciones benignas seleccionadas, estos datos se registraron en la matriz en la columna llamada análisis de relación con el protocolo, con esta información, posteriormente se procedió a realizar un análisis.

Como resultado final para definir este grado de relación, la matriz cuenta con una columna en la que se seleccionó con una "X" si el grado de relación entre la aparición de la captación benigna y la etapa de protocolo de estudio correspondió a un grado bajo, medio o alto.

3.7 Procedimientos y Técnicas de Análisis

En lo que respecta al análisis de las imágenes, este consistió en un proceso de observación de las imágenes seleccionadas por parte de la investigadora. El proceso de observación se ejecutó de manera minuciosa junto con el reporte médico; la investigadora seleccionó las principales captaciones benignas en las imágenes.

Este proceso de observación se concentró en buscar captaciones relacionadas con actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda. Seguidamente debió corroborar con el reporte médico que lo observado correspondiera a estas captaciones benignas.

Se realizó una observación detallada de las imágenes, iniciando con las imágenes de PET para poder señalar las captaciones, luego se correlacionó con las imágenes de CT para definir la estructura anatómica a la que corresponde la captación observada. Para corroborar la información obtenida de este proceso la investigadora utilizó las imágenes fusionadas PET/CT.

Durante este proceso la investigadora contó con diversos recursos tales como el reporte médico, expediente clínico, mediciones cuantitativas que se realicen en las imágenes (SUV) y mediciones de dimensión.

Finalizado el proceso de observación se inició la caracterización de las principales captaciones benignas seleccionadas. Se procedió a clasificar el área anatómica en la que se encontró la captación observada, en cabeza y cuello, tórax, abdomen, pelvis o extremidades. Para esto también se contó con el apoyo del reporte médico.

Otras características que la investigadora estudió fueron el tamaño, medición SUV, simetría y la interferencia con la interpretación de la imagen. Para poder definir el tamaño y la medición SUV se utilizaron herramientas de medición de la estación de trabajo y post proceso *Advantage Workstation* (adw4.6, General Electric, Milwaukee) disponible en el centro de imágenes. Con respecto a la simetría, se realizó mediante la observación y la consulta al reporte médico.

Como parte de la presentación de la información obtenida se utilizó la estadística descriptiva para analizar y dar los resultados relacionados a las características de las captaciones benignas halladas en las imágenes.

Una vez que se identificaron y caracterizaron las principales captaciones benignas observadas se procedió a realizar un análisis del origen o probable causa con el fin de determinar si está relacionado con el protocolo utilizado o corresponden a factores inherentes a la persona usuaria. Para ello, se utilizó la matriz de análisis de captaciones benignas y protocolo del centro médico (Anexo 4).

Para llevar a cabo esta actividad se estudió cada una de las principales captaciones benignas y su relación con variables que puedan estar afectando u ocasionando su presencia, tales como: tipo de captación benigna, edad, sexo, lugar de procedencia, ayuno, nivel de glicemia, índice de masa corporal/muscular, trauma o fracturas previas, actividad física realizada previo al estudio, procesos infecciosos previos, quimioterapia, radioterapia, cirugías y biopsias previas.

Toda esta información fue obtenida del expediente clínico de cada uno de los sujetos seleccionados para la investigación y fue tabulada en el respectivo instrumento de recolección de datos, para así poder organizarla y obtener los resultados que permitieron formular conclusiones con respecto a la influencia que tiene cada uno de estos factores en la presencia de las captaciones benignas estudiadas en las imágenes.

Como parte del análisis que se realizó y presentación de los datos obtenidos se utilizaron medidas de promedios, frecuencias, entre otros, empleando gráficos y tablas que permitan formular conclusiones al respecto.

3.8 Consideraciones Éticas

Según la Ley Nº 9234: Ley Reguladora de Investigación Biomédica, esta investigación contempla riesgo bajo ya que la investigación contempla únicamente revisión bibliográfica, observación de las imágenes e información que fue extraída del expediente clínico y reporte médico de manera anonimizada y codificada para garantizar la confidencialidad de los datos de las personas usuarias que se realizaron el PET/CT.

Los datos que se requirieron para llevar a cabo la presente investigación se obtuvieron del centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, para esto se solicitó el respectivo permiso al encargado del centro, el cual dio su autorización para poder extraer la información necesaria de las imágenes y de los expedientes médicos.

Dado que durante la recolecta de datos no se tuvo ningún tipo de contacto con las personas usuarias, no fue necesaria la utilización de un consentimiento informado debido al anonimato con el que se manejaron las imágenes estudiadas.

La información que se obtuvo de la presente investigación se manejó de manera confidencial, sin exponer datos de las personas usuarias incluidas y no fue alterada de ninguna manera.

Capítulo IV. Análisis de Resultados

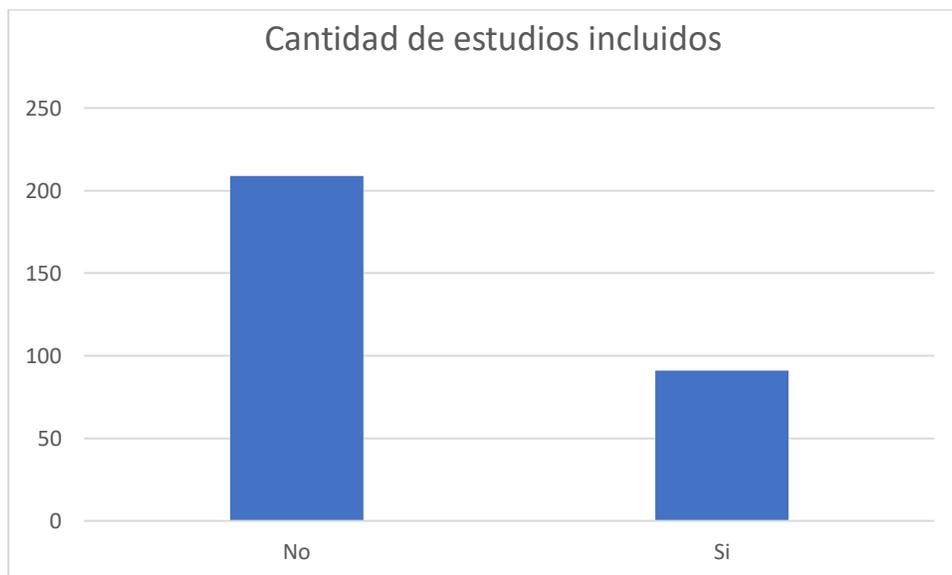
4.1 Identificación de las captaciones benignas de los estudios de PET/CT oncológico con FDG-F18

Se realizó la selección de estudios aplicando los criterios de inclusión y exclusión. Para esta selección se debió verificar si se contaba con diferentes datos de las personas usuarias y se revisó el expediente clínico para este paso, además de verificar que fueron adquisiciones realizadas con el protocolo estándar del centro médico.

En total se contabilizaron 300 estudios realizados durante el período seleccionado. Luego de revisar los 300 estudios, se seleccionaron un total de 91 estudios de PET/CT que cumplían con los criterios establecidos para esta investigación (ver Figura 3). Los principales factores que influyeron en la exclusión de estudios fueron los siguientes: disponibilidad de las imágenes en el servidor del centro médico, falta de información en los expedientes clínicos como valores de glicemias, y estudios de personas usuarias menores de edad.

Figura 3

Cantidad de estudios seleccionados



Fuente: Elaboración propia (2022).

A partir de estos estudios se obtuvieron datos correspondientes con la ubicación anatómica, medición de las estructuras, intensidad de la captación del radiofármaco, simetría e interferencia con la interpretación para la generación de un reporte médico.

Estos datos fueron recabados mediante la inspección visual, medición de las estructuras en el eje más largo, medición de regiones de interés que contabilizara el SUV y en complemento con el reporte médico. Con estas acciones se logró:

- Clasificar la ubicación anatómica de las diferentes captaciones benignas observadas se realizó según las principales áreas del cuerpo, las cuales son: cabeza y cuello, tórax, abdomen, pelvis y extremidades.
- Realizar una medición de las diferentes captaciones clasificándolas en tres rangos: menos de 5 centímetros, de 5 a 10 centímetros y mayor a 10 centímetros.
- Dibujar una región de interés sobre las captaciones observadas con el fin de obtener un valor SUV para caracterizar de mejor manera dichas captaciones, el cual se dividió en los siguientes rangos: menor a 2.5, de 2.5 a 15 y mayor a 15.
- Documentar la simetría de las captaciones observadas, con el fin de caracterizar mejor las lesiones se decidió valorar si los hallazgos se consideraban simétricos o asimétricos.
- Determinar la interferencia de estas captaciones en la interpretación de la imagen y la generación del reporte médico, analizando si había o no interferencia de dichas captaciones.

En los estudios evaluados se observaron 101 captaciones benignas, las cuales serán valoradas mediante un análisis descriptivo a continuación.

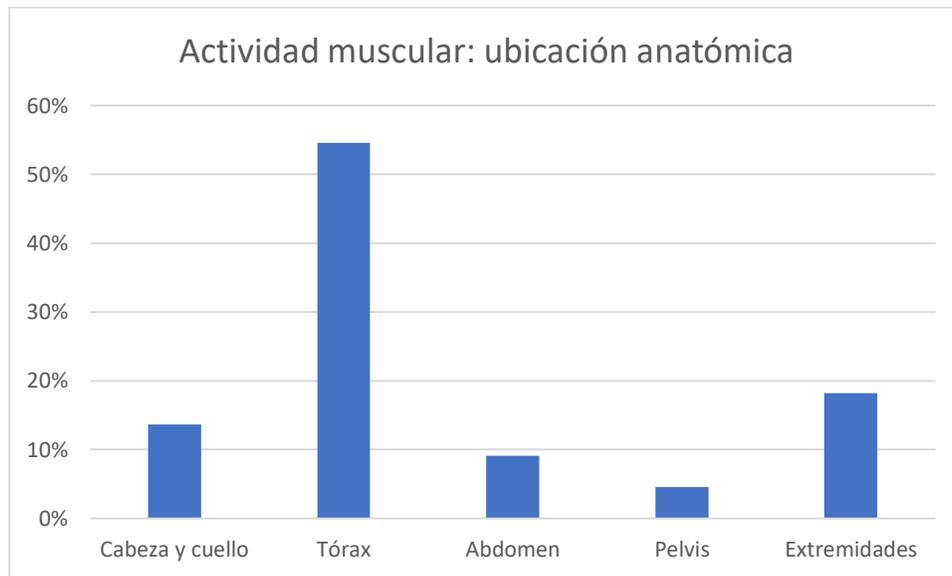
4.1.1. Actividad muscular

Las captaciones a nivel de tejidos musculares se presentan por movimientos involuntarios como la respiración o espasmos, por movimientos voluntarios como ejercicio o hablar, y también, debido a altos niveles de insulina o procesos post operatorios (Jackson et al., 2006).

En total se observaron 22 captaciones benignas correspondientes a actividad muscular reciente. De estas captaciones, tres se observaron en cabeza y cuello, 12 en el área del tórax, 2 a nivel del abdomen, 1 a nivel pélvico y 4 en las extremidades (Ver Figura 4).

Figura 4

Ubicación anatómica de las captaciones de actividad muscular



Fuente: Elaboración propia (2022).

Como se observa en la Figura 4, la mayoría de las captaciones musculares se presentaron en el área torácica representando un 54,4% del total, debido a que las personas usuarias que han realizado actividad física reciente y posterior a la inyección de FGD-F18 tienden a reflejar una mayor captación de los músculos del tórax. Además, ciertas condiciones que afecten la actividad respiratoria también podrían ocasionar que haya un incremento en la captación del radiofármaco en estas áreas (González et al., 2020).

Seguidamente, se halló mayor captación muscular en las extremidades con un 18,2% del total. Debido a que el protocolo básico de adquisición del estudio de PET/CT incluye únicamente los tercios proximales de las extremidades superiores (debido a la elevación de los brazos sobre la cabeza) e inferiores, los datos obtenidos de estas áreas se consideran parciales debido a la falta de cobertura de imagen en las extremidades distales.

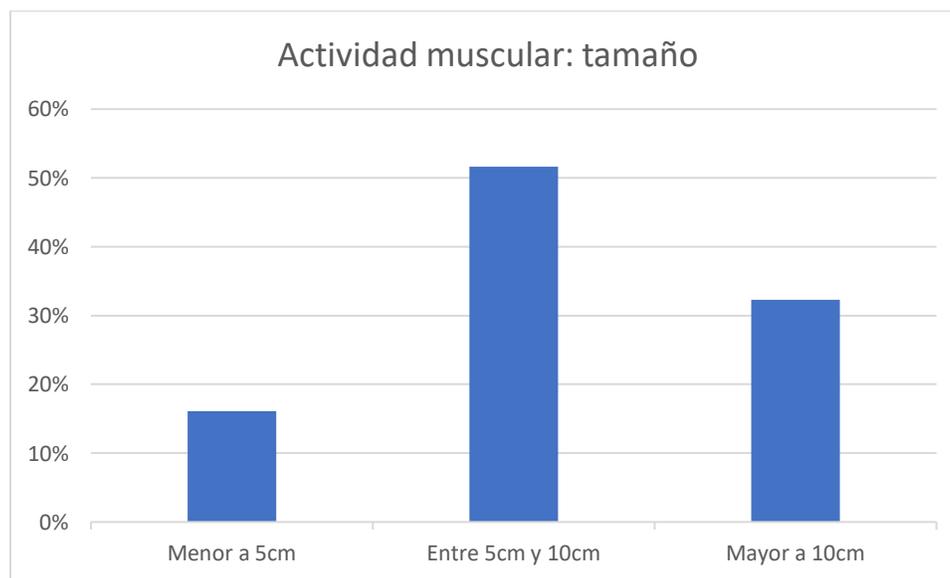
Según González et al., 2020, es normal observar en las extremidades superiores, sobre todo, en el área del antebrazo que hay una mayor captación y se considera un evento bastante común debido a actividades realizadas previo o posterior a la inyección del FDG-F18.

En menor cantidad se logró observar captaciones benignas musculares en el área del abdomen y de la pelvis con un 13,6% del total. El mismo porcentaje de este tipo de captaciones se observaron en el área de cabeza y cuello.

Otro factor para caracterizar las captaciones benignas que se incluyó como parte de la investigación es la medición de los músculos en los que se visualizó captación aumentada de FDG-F18 (Ver Figura 5). El tamaño de las captaciones benignas relacionadas con actividad muscular fue mayormente entre 5 y 10 cm, correspondiente a 12 de las captaciones observadas.

Figura 5

Medición de las captaciones de actividad muscular



Fuente: Elaboración propia (2022).

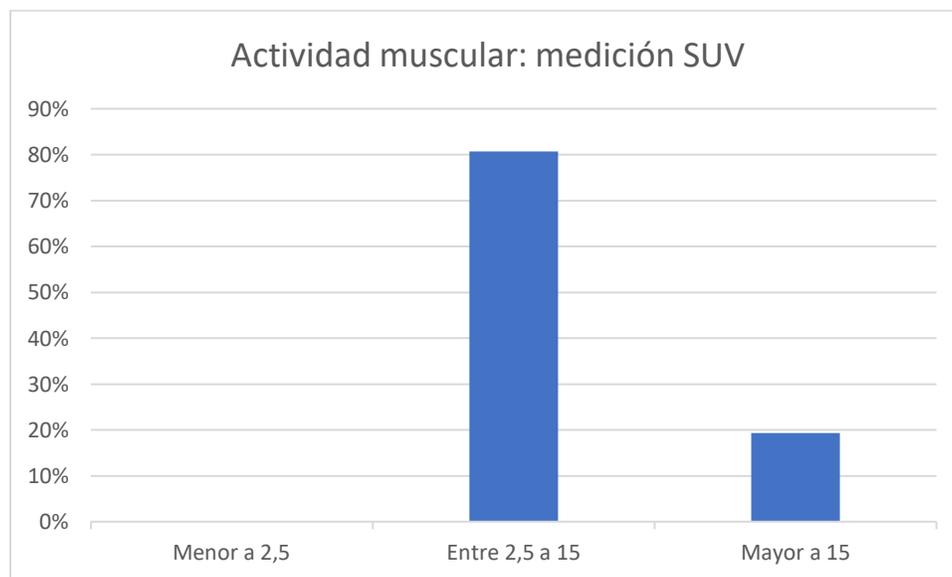
En segundo lugar, hubo captación muscular con medidas mayores a 10 cm con un total de 7, en probable relación con músculos de mayor tamaño, tales como los de las extremidades o los músculos paraespinales y erectores de la espalda. Si se relaciona con la ubicación anatómica, fueron las dos áreas donde más se presentaron captaciones benignas de actividad muscular reciente.

En menor proporción se observaron captaciones benignas menores a 5 cm con 3 hallazgos, correspondientes a músculos más pequeños o en captaciones más focalizadas a una parte del músculo activo.

Para las diferentes captaciones benignas relacionadas con actividad muscular, se encontraron principalmente valores SUV en un rango de 2.5 a 15, con 19 hallazgos y en segundo lugar un rango de 15 o mayor con 3 hallazgos. Ninguna de las captaciones musculares observadas obtuvo una medición SUV menor a 2.5 (Ver Figura 6).

Figura 6

Medición SUV de las captaciones de actividad muscular



Fuente: Elaboración propia (2022).

Según Karunanithi et al., 2014 indica que la captación normal del radiofármaco en el tejido muscular tiende a ser entre 0.5 y 2.2 y las captaciones de lesiones o zonas

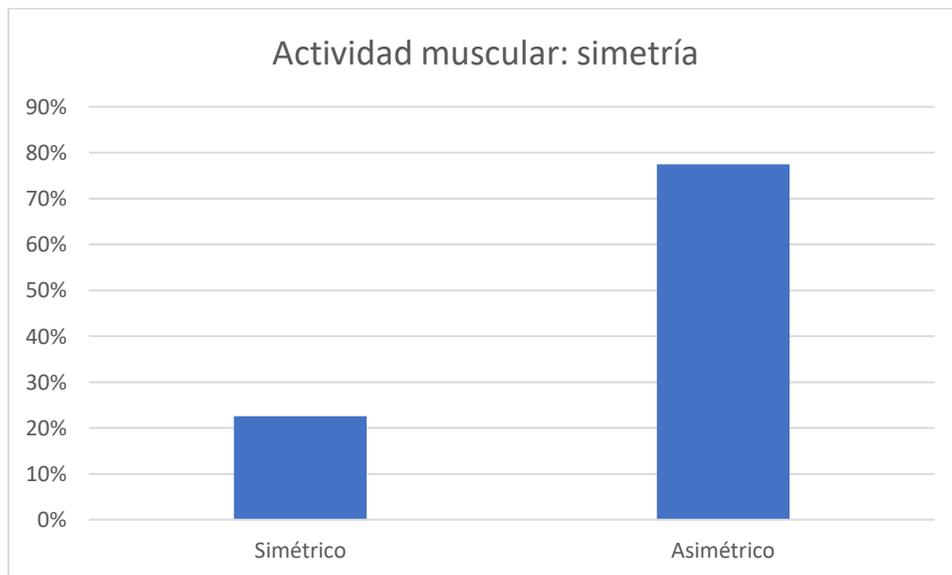
patológicas tienden a ser mayor a 2.5, por lo que resalta la importancia de diferenciar entre captaciones fisiológicas de las patológicas a nivel muscular.

Según la Dra. Ana Alfaro, especialista en medicina nuclear, este aumento en la medición SUV precisamente se debe a la hiperfunción del músculo captante previo a la realización del estudio, se considera una captación de tejido muscular normal hasta 2.5, por encima de este valor es probable que la persona usuaria realizó algún tipo de actividad física o tiene algún tipo de condición que ocasiona que haya aumento de esta medición (A. Alfaro, comunicación personal, 28 de mayo del 2022).

La simetría fue otro de los factores valorados en la recolección de datos. Para el caso de las captaciones benignas de actividad muscular mayoritariamente se observó que son asimétricas 18 casos del total y las captaciones simétricas correspondieron a 4 casos del total (Ver Figura 7).

Figura 7

Simetría de las captaciones de actividad muscular



Fuente: Elaboración propia (2022).

Es frecuente observar captaciones simétricas del área de la cabeza y el cuello asociados a un estado de ansiedad de la persona usuaria, sin embargo, la captación no

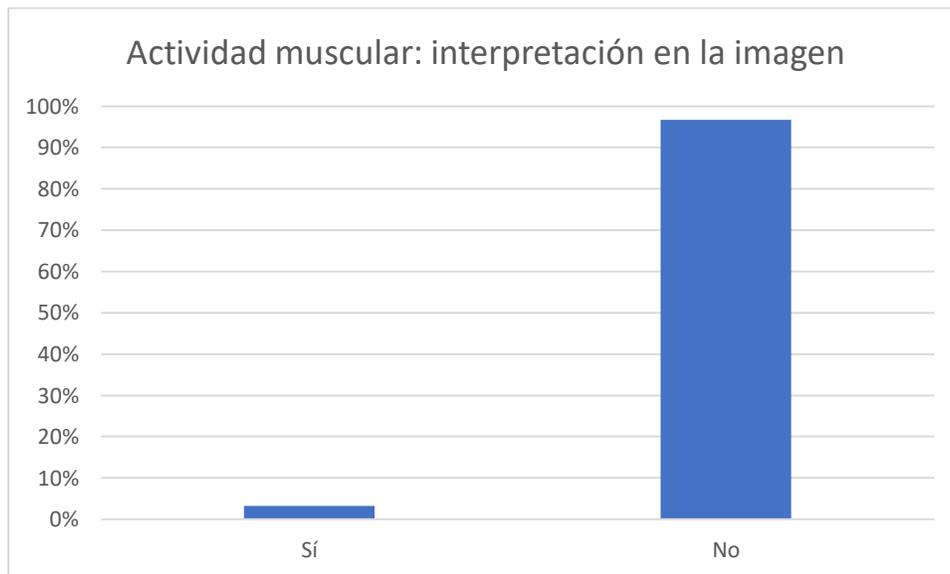
siempre se da a lo largo de todo el músculo lo que puede ocasionar que se presenten captaciones musculares a este nivel de manera asimétrica (González et al, 2020).

En cuanto a la interferencia de las captaciones musculares para realizar la interpretación de las imágenes se tomó en cuenta las conclusiones de los reportes médicos, se consideró que no había interferencia cuando la conclusión fue determinante y cuando no se pudo clasificar la etiología de la captación se consideró que sí había interferencia.

Como se visualiza en el Figura 8, al revisar las imágenes se determinó que las captaciones benignas producidas por actividad muscular reciente tienen una interferencia muy baja, únicamente en uno de los casos de los 22 estudiados, se consideró podía generarse alguna interferencia con la interpretación, correspondiente 4,5% del total.

Figura 8

Interferencia en la interpretación de la imagen de las captaciones de actividad muscular



Fuente: Elaboración propia (2022).

Tras la realización de esta investigación, se determinó que el restante 95,5% de las captaciones observadas, no generaban ningún tipo de interferencia o inconveniente para poder interpretar la imagen y generar un resultado certero. Estos hallazgos también fueron producto de una consulta de la sección de conclusiones del reporte médico, con el fin de

indagar si la aparición de estas captaciones había, según criterio médico, afectado la interpretación de la imagen generando resultados inconclusos.

Es recomendable que el aumento de captación muscular en el área de la cabeza y el cuello debe ser interpretada y estudiada de manera muy minuciosa debido a que tiene una gran facilidad de confusión con lesiones malignas (Jackson et al., 2006).

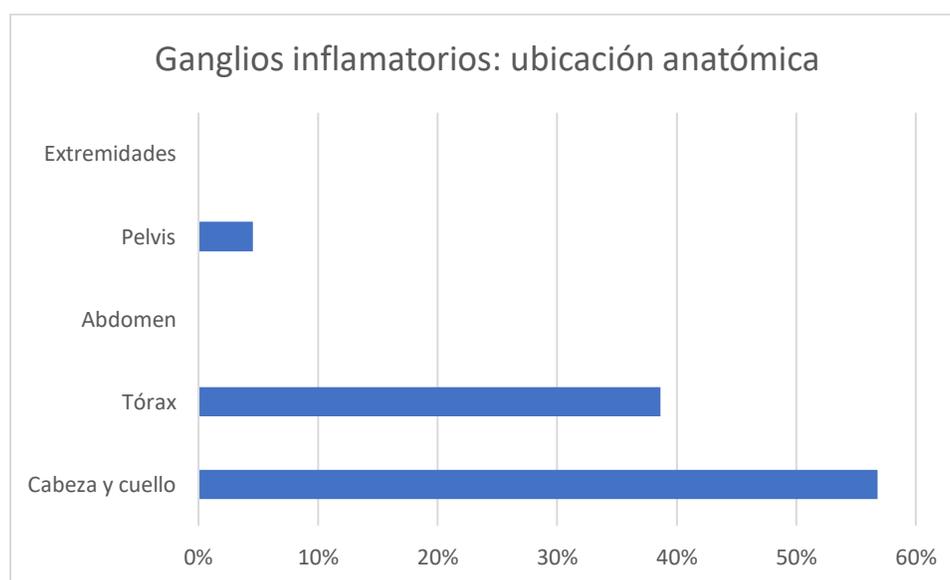
Según la Dra. Ana Alfaro, especialista en medicina nuclear, una correcta historia clínica es de mucha utilidad para poder identificar este tipo de captaciones, además de que estas captaciones por lo general se presentan en manera más difusa y distribuida a lo largo del músculo, mientras que las captaciones infiltrativas por lo general son más focalizadas (A. Alfaro, comunicación personal, 28 de mayo del 2022).

4.1.2. Ganglios inflamatorios

Otra de las captaciones benignas analizadas en los estudios de PET/CT fue la activación de ganglios linfáticos debido a procesos inflamatorios o reactivos, para los cuales se procedió a valorar la ubicación anatómica de estos ganglios inflamatorios (Ver Figura 9).

Figura 9

Ubicación anatómica de las captaciones de ganglios inflamatorios



Fuente: Elaboración propia (2022).

El lugar donde más se ubican ganglios inflamatorios es en cabeza y cuello, con 18 hallazgos del total, en probable relación con procesos infecciosos o inflamatorios de las vías aéreas superiores, tratamientos o problemas odontológicos, entre otros.

En segundo lugar, donde se encontraron mayor cantidad de captaciones benignas debidas a ganglios inflamatorios es en el área del tórax con 12 casos observados de 32. Algunas enfermedades pulmonares ocasionan que los ganglios linfáticos mediastinales presenten una captación aumentada de FDG-F18 (González et al., 2020).

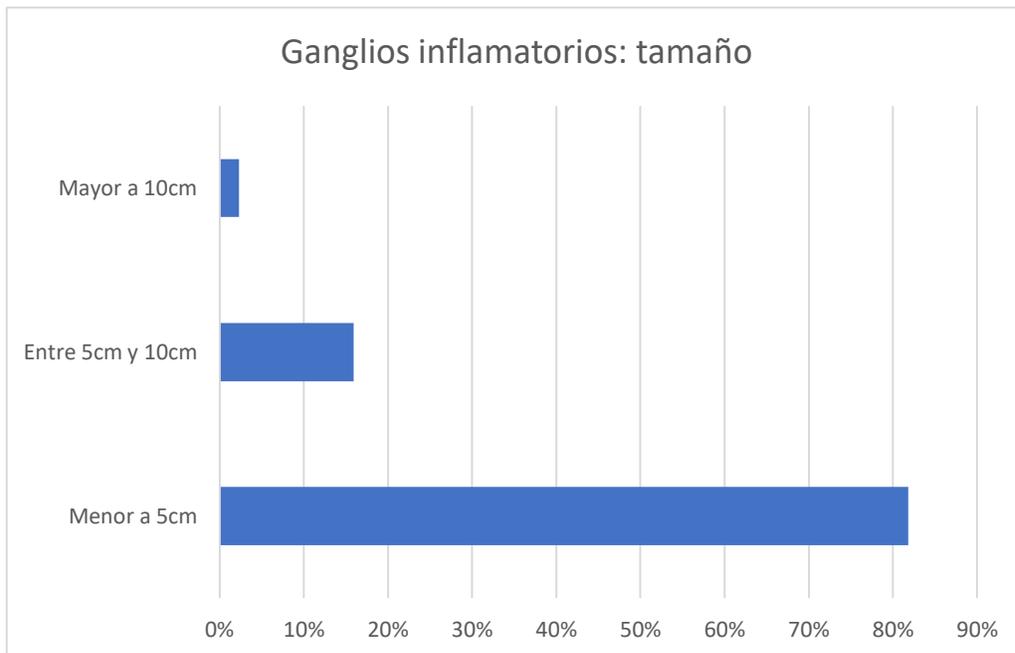
Y, por último, se encontraron ganglios inflamatorios en el área pélvica, 2 casos del total, probablemente debido a activación de ganglios inguinales. En el resto de las áreas no se encontraron captaciones benignas correspondientes a este proceso.

La mayoría de los ganglios inflamatorios encontrados en los estudios de PET/CT corresponden a un tamaño menor a 5 centímetros, correspondiente a 28 del total (Ver Figura 10). Se podría considerar un límite de normalidad en el diámetro máximo longitudinal establecido en 1.5 centímetros (García et al., 2013).

En segundo lugar, 3 de los 32 casos totales correspondieron a captaciones benignas de un tamaño entre 5 y 10 centímetros y 1 caso a un tamaño mayor a los 10 centímetros.

Figura 10

Medición de las captaciones de ganglios inflamatorios

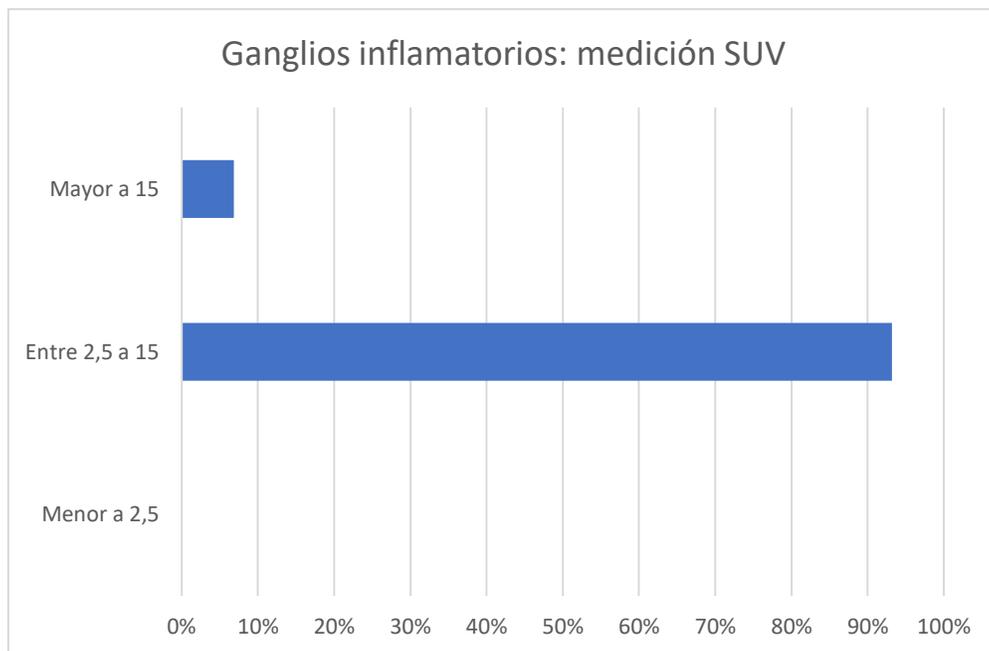


Fuente: Elaboración propia (2022).

De los ganglios inflamatorios observados 30 hallazgos tienen una captación entre 2.5 y 15. Y 2 hallazgos del total tienen una captación mayor a 15 (Ver Figura 11).

Figura 11

Medición SUV de las captaciones de ganglios inflamatorios



Fuente: Elaboración propia (2022).

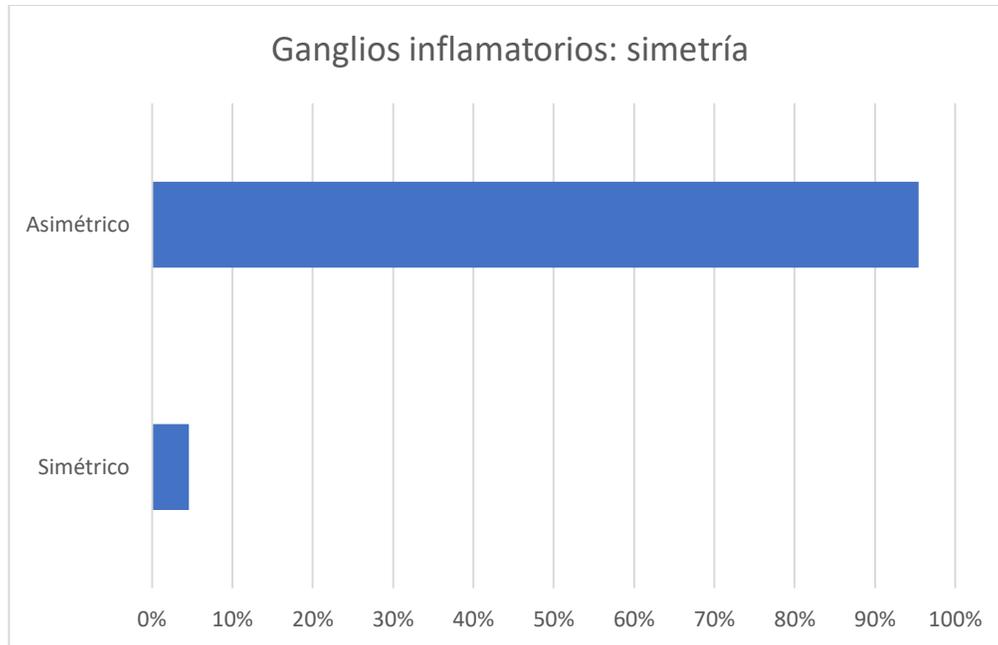
Contrario a los resultados obtenidos en esta investigación, se conoce que la medida de captación SUV para diferenciar un tejido normal de uno neoplásico se establece en 2.5, por encima de este valor se considera tejido patológico, ya que la mayoría de los ganglios estudiados considerados infiltrativos estuvieron por encima de este rango (García et al., 2013).

Según el Dr. Gabriel Castro, existen muchos aspectos que intervienen en la medición SUV y que pueden alterarla, tales como: exactitud de la calibración de la dosis, tiempo transcurrido para la adquisición de las imágenes, artefactos por movimiento, entre otros. Además, los equipos actualmente poseen nuevos algoritmos de reconstrucción, mejor resolución y otras optimizaciones físicas que pueden reflejar valores SUV más elevados (G. Castro, comunicación personal, 2 de junio del 2022).

De los hallazgos en cuanto a la simetría 31 casos de 32 de los ganglios inflamatorios observados se encontraron unilateralmente, y 1 caso corresponde a ganglios inflamatorios simétricos (Ver Figura 12).

Figura 12

Simetría de las captaciones de ganglios inflamatorios



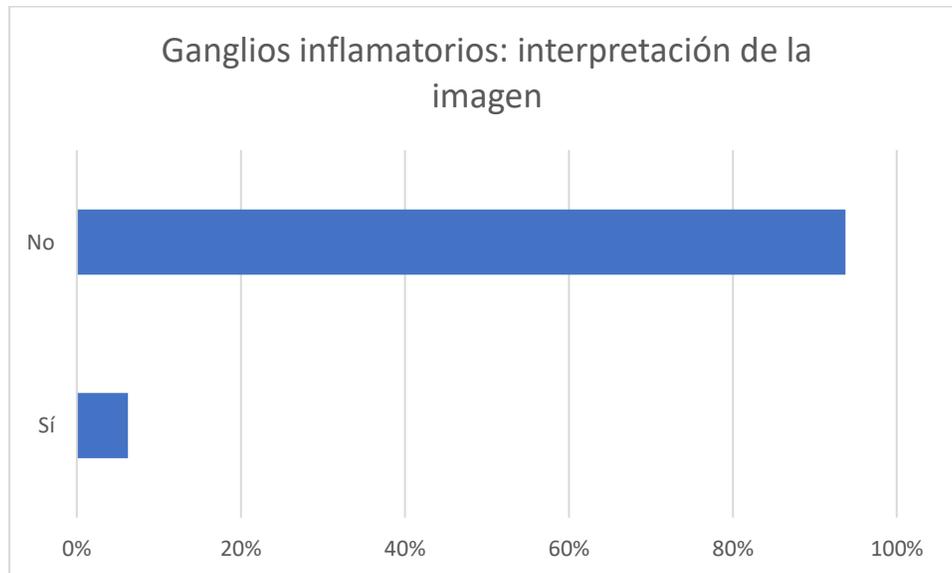
Fuente: Elaboración propia (2022).

Con el fin de determinar si hubo o no interferencia de las captaciones de los ganglios inflamatorios con la interpretación de las imágenes, se realizó un análisis de éstas y a su vez se estudió la conclusión planteada por las y los médicos encargados en el reporte médico, donde se identifica si se logró o no definir dichas captaciones como benignas.

En cuanto a la interferencia con la interpretación de la imagen, se observó que 30 de 32 casos de las captaciones observadas no interfieren y en 2 casos sí interfirieron (Ver Figura 13). Por lo tanto, se considera que las captaciones observadas en la imagen debido a inflamación de ganglios debido a procesos fisiológicos benignos no afectan la mayor parte de los reportes para la generación de un diagnóstico correcto.

Figura 13

Interferencia en la interpretación de la imagen de las captaciones de ganglios inflamatorios



Fuente: Elaboración propia (2022).

Aunque el porcentaje que se obtuvo de interferencia en la interpretación de la imagen es bajo según esta investigación, se conoce que la especificidad del PET/CT con FDG-F18 se ve afectada debido a cambios inflamatorios en los ganglios linfáticos que se reflejan en un aumento de la captación del radiofármaco, representando entre un 10 y 15% de los falsos positivos (González et al., 2020).

Según la experta en medicina nuclear del centro médico Dr. Chavarría Estrada, se logran identificar estos ganglios inflamatorios y diferenciarlos de los ganglios infiltrativos gracias a la historia clínica que se realice de la persona usuaria, conociendo principalmente la zona que afecta el cáncer primario o diseminado, y los diferentes procesos infecciosos que haya presentado y el tiempo en el cual los presentó (A. Alfaro, comunicación personal, 28 de mayo del 2022).

4.1.3. Inflamación articulaciones

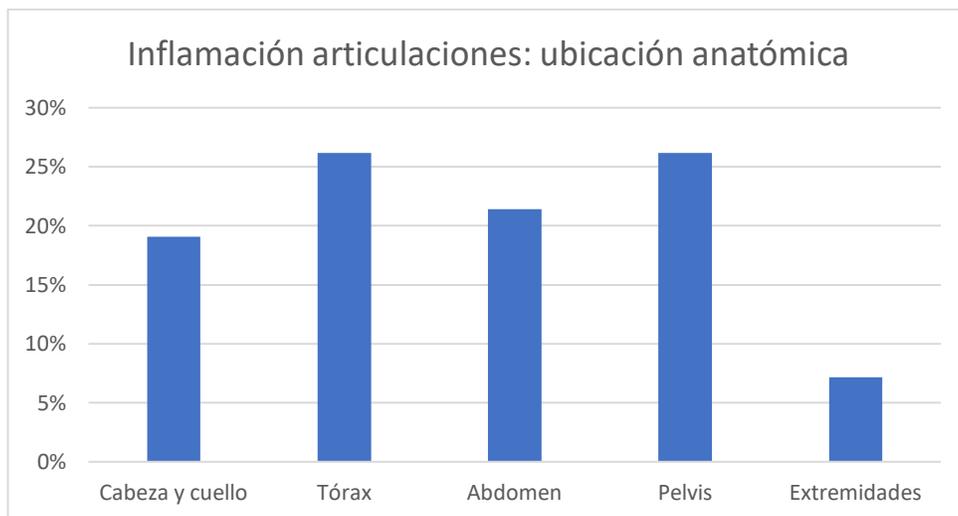
El PET es considerado un estudio de imagen que tiene una gran capacidad de detección temprana de procesos inflamatorios de las diferentes áreas de unión del cuerpo que corresponden a procesos fisiopatológicos por cambios óseos (Brujinen et al., 2012).

En la actual investigación se observaron 37 captaciones benignas relacionadas con procesos de inflamación de articulaciones. La caracterización por ubicación anatómica se encontró principalmente en el tórax y en la pelvis, sin embargo, la distribución fue muy homogénea entre las diferentes áreas.

El área del tórax y la pelvis corresponden cada una a 10 casos del total, resultando en 54,1%. Por debajo de esto, se encuentra el área del abdomen que tiene 8 casos de las captaciones observadas, en cabeza y cuello se encontraron 7 casos y, por último, en las extremidades 2 casos (Ver Figura 14).

Figura 14

Ubicación anatómica de las captaciones de inflamación de articulaciones



Fuente: Elaboración propia (2022).

También se observó que el 81% de las captaciones benignas relacionadas con inflamación de articulaciones se encontraban en columna cervical, dorsal y lumbar. Según

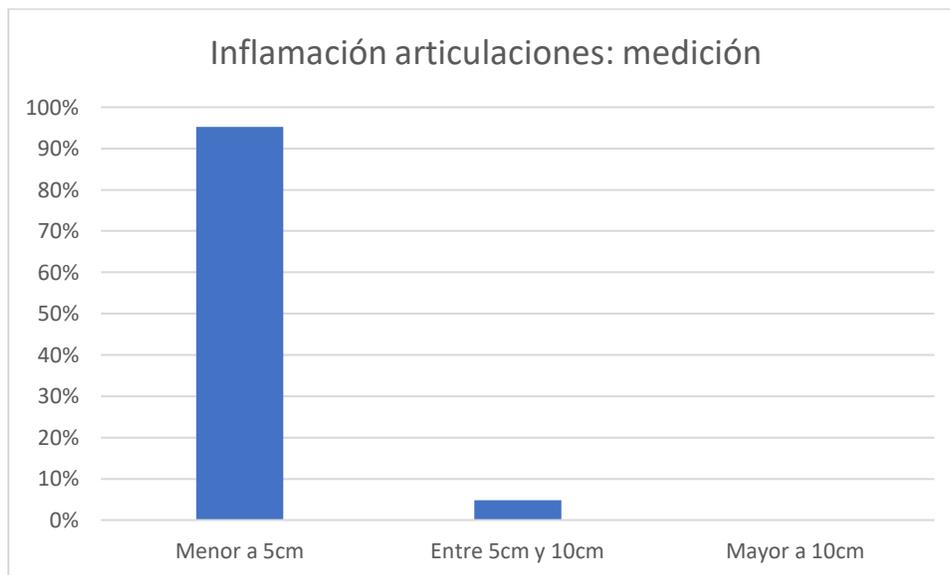
la información obtenida a partir de los reportes médicos, estos hallazgos se debieron principalmente por procesos de artrosis.

El tórax fue una de las áreas de mayor captación y se conoce que a este nivel es común observar que haya mayor captación del radiofármaco en articulaciones con enfermedad degenerativa, principalmente en las articulaciones externo-claviculares y acromioclaviculares (González et al., 2020).

La medición de las captaciones benignas relacionadas a inflamación de articulaciones fue predominantemente de un tamaño pequeño, 36 hallazgos correspondieron a una medición menor a los 5 centímetros y 1 hallazgo tuvo una medición entre 5 y 10 centímetros. No se encontró ninguna captación mayor a 10 centímetros (Ver Figura 15).

Figura 15

Medición de las captaciones de inflamación de articulaciones



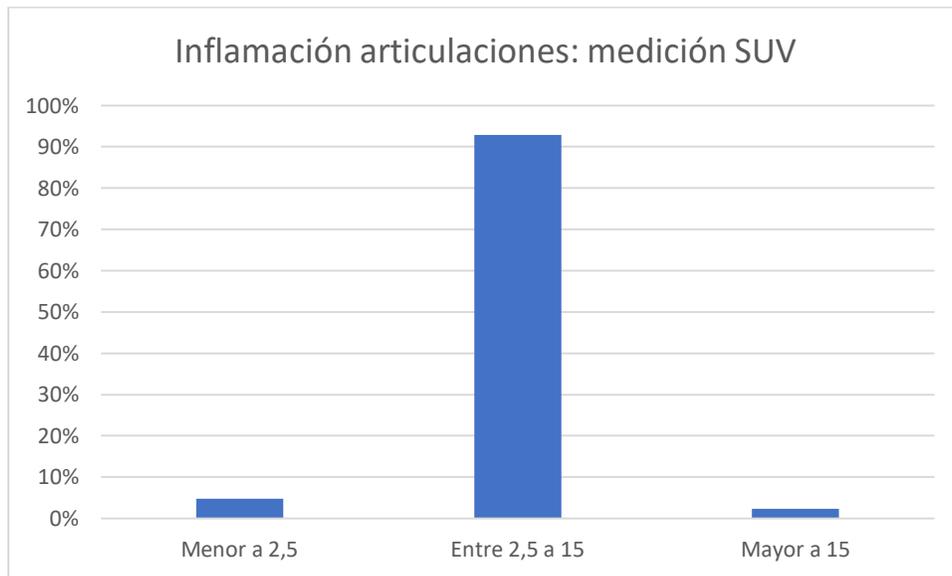
Fuente: Elaboración propia (2022).

Debido a que la categoría se dedicó a medición de articulaciones es que se encuentra que no hay mediciones grandes. Muchas de las captaciones halladas se dieron en el área de la columna, lo cual implica que no son de gran tamaño.

Las medidas SUV que arrojó el análisis de las captaciones benignas de inflamación de articulaciones fue principalmente en la categoría de 2.5 a 15, el cual representa 34 casos del total, seguido por captaciones con menos de 2.5 de medición con 2 casos, y, por último, un caso representó captaciones con valores mayores a 15 (Ver Figura 16).

Figura 16

Medición SUV de las captaciones de inflamación de articulaciones



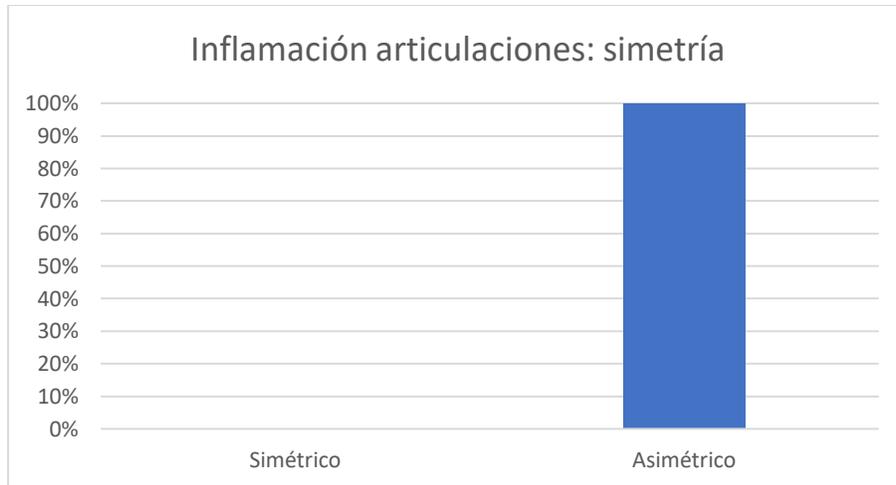
Fuente: Elaboración propia (2022).

Según un estudio realizado por Lam, et al. (2021) el promedio de captación de FDG en procesos inflamatorios de la columna fue de 2.04, tuvo un rango de 1.73 a 6.37. Este rango coincidiendo con los hallazgos obtenidos en la presente investigación.

Se valoró la simetría de las captaciones benignas de inflamación de articulaciones y se encontró en un 100% que corresponden a captaciones asimétricas (Ver Figura 17).

Figura 17

Simetría de las captaciones de inflamación de articulaciones



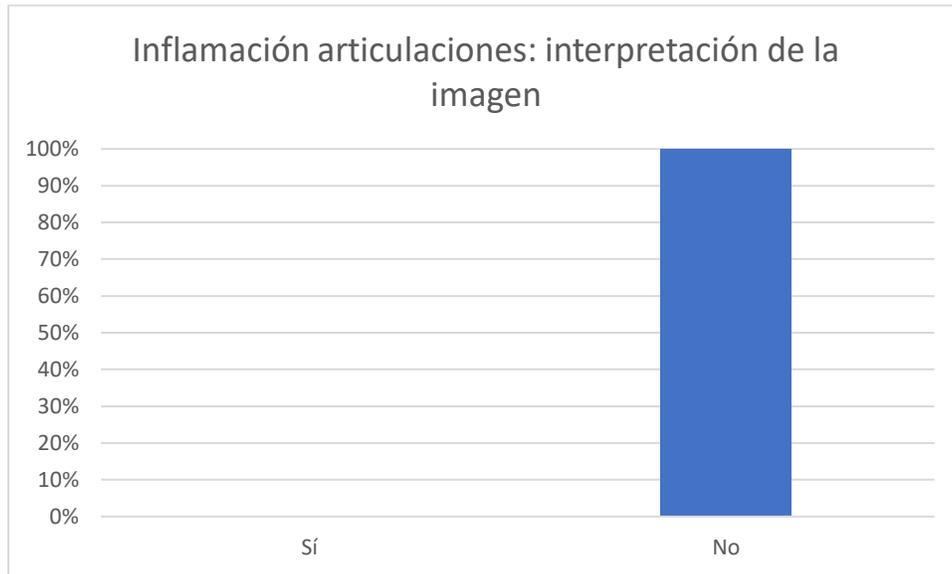
Fuente: Elaboración propia (2022).

En lo que involucra a las captaciones benignas observadas en las articulaciones de los hombros se conoce que por lo general se presentan de forma asimétrica y que los músculos que conforman la articulación también presentan captación aumentada de FDG-F18 (González et al., 2020).

Finalmente, luego del análisis de las imágenes y de los reportes médicos para definir si había interferencia de las captaciones por inflamación de articulaciones con la interpretación de las imágenes, se encontró que el 100% de las captaciones benignas de inflamación de articulaciones no interfiere con la interpretación de la imagen (Ver Figura 18).

Figura 18

Interferencia en la interpretación de la imagen de las captaciones de inflamación de articulaciones



Fuente: Elaboración propia (2022).

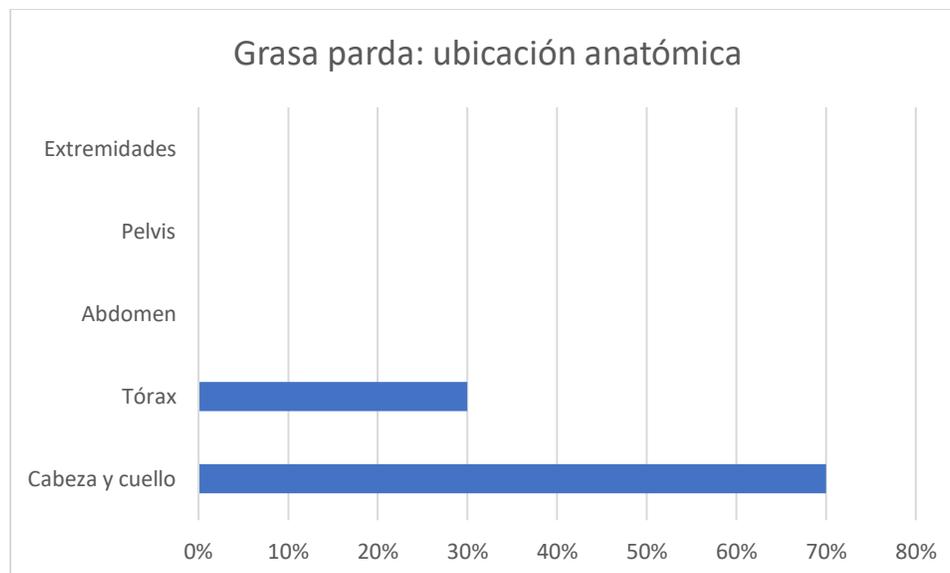
Se conoce que es normal observar sitios de hipermetabolismo ocasionado por enfermedad degenerativa relacionada con la edad que son provocados principalmente por procesos inflamatorios, sin embargo, es importante ser cauteloso(a) a la hora de valorar patologías como sinovitis, osteonecrosis y fragmentos discales (Lam et al., 2021).

4.1.4. Grasa parda

A lo largo de las imágenes estudiadas se encontraron 10 captaciones benignas relacionadas con grasa parda. En cuanto a la ubicación anatómica se encontró que 7 de las captaciones observadas se encuentran en la región de la cabeza y el cuello, y 3 en el área del tórax (Ver Figura 19).

Figura 19

Ubicación anatómica de las captaciones por grasa parda



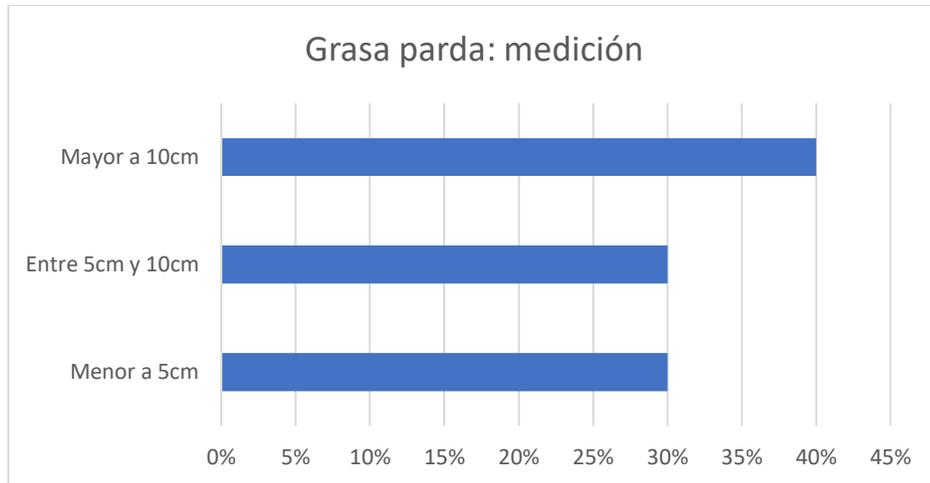
Fuente: Elaboración propia (2022).

La ubicación de la grasa parda se da principalmente en la región supraclavicular, en la región interescapular y para vertebral (Colmener et al., 2010). Lo anterior sustenta los hallazgos con relación a que solo se presentaron captaciones por grasa parda en estas dos áreas.

En cuanto a la medición que se realizó, se encontró una distribución muy equitativa entre los diferentes tamaños seleccionados. Se concluyó que 4 correspondieron a mediciones mayores a 10 centímetros y los restantes 6 hallazgos se dividieron entre captaciones menores a 5 centímetros y de entre 5 y 10 centímetros (Ver Figura 20).

Figura 20

Medición de las captaciones de grasa parda

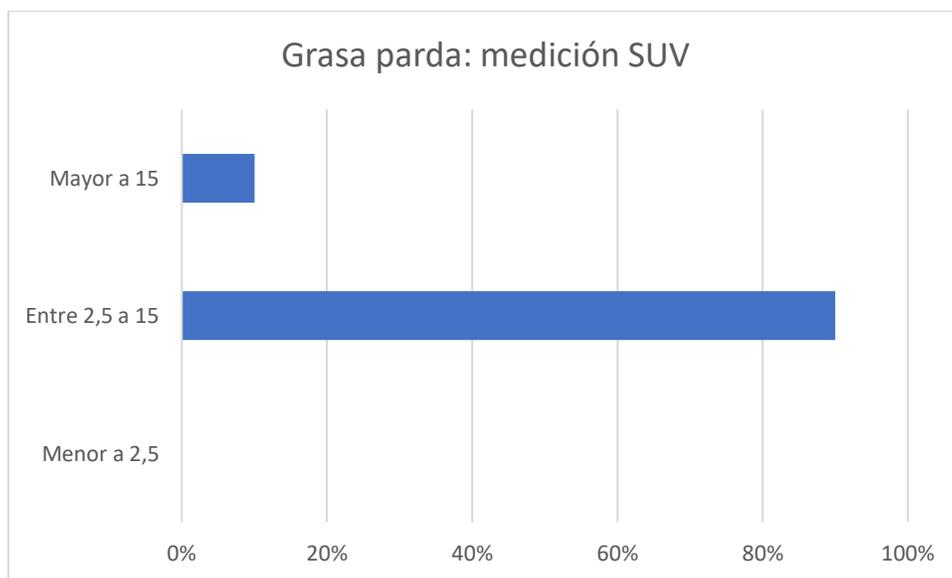


Fuente: Elaboración propia (2022).

En cuanto a la medición del valor SUV de estas captaciones se encontró que 9 de ellas tuvo una captación entre 2.5 y 15 y 1 tuvo una captación mayor a 15. No se registró ninguna captación con valor SUV menor a 2.5 (Ver Figura 21).

Figura 21

Medición SUV de las captaciones de grasa parda



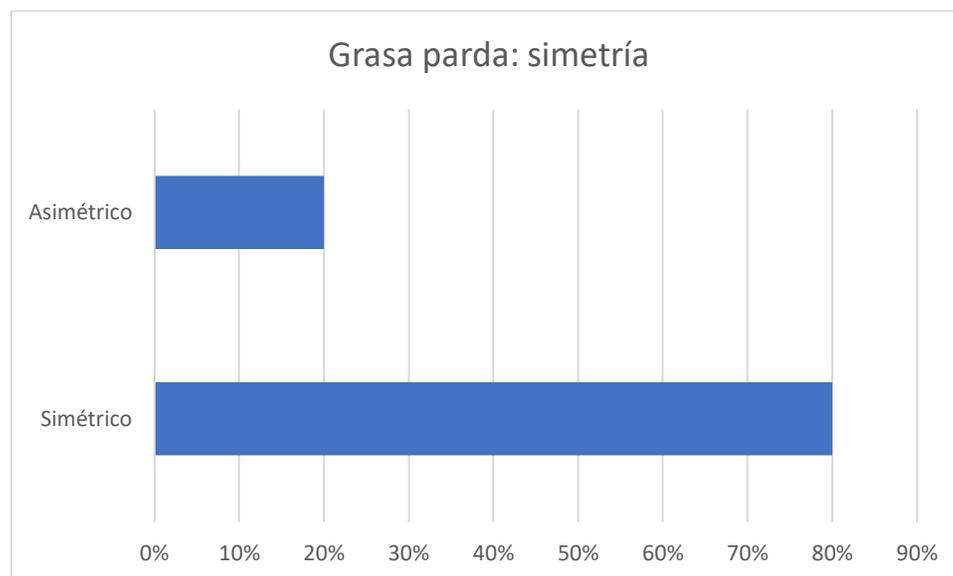
Fuente: Elaboración propia (2022).

Según un estudio de captación de la grasa parda por Cronin et al. (2012), se estudió el valor promedio y máximos del SUV, el cual fue de 4,04 y 4,26 respectivamente. Se puede observar que existe una relación entre los valores del estudio clínico realizado por los autores y los datos obtenidos a partir de la presente investigación.

En la caracterización con respecto a la simetría se encontró que 8 de las captaciones observadas son simétricas y las dos restantes son asimétricas (Ver Figura 22).

Figura 22

Simetría de las captaciones de grasa parda



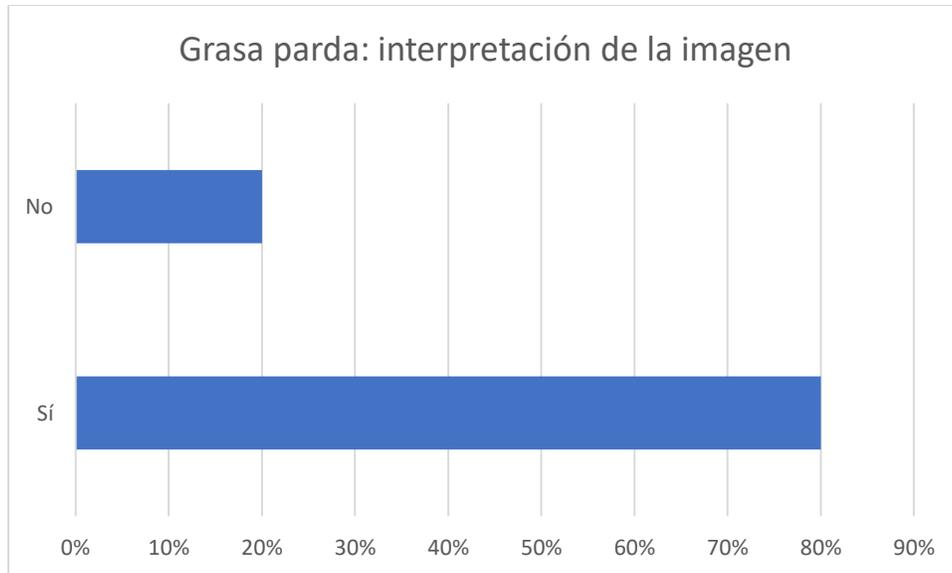
Fuente: Elaboración propia (2022).

La captación de la grasa parda en el área del cuello se presenta de manera bilateral y se extiende desde el cuello hasta los hombros y en el área paravertebral, de igual forma se extiende bilateralmente a lo largo de la columna torácica (Colmener et al., 2010).

En cuanto a la interferencia de las captaciones de la grasa parda con la interpretación de la imagen a partir de las conclusiones descritas en los reportes médicos se encontró que 8 de las observaciones sí interferían para realizar una correcta interpretación, y las 2 restantes no interferían (Ver Figura 23).

Figura 23

Interferencia en la interpretación de la imagen de las captaciones de grasa parda



Fuente: Elaboración propia (2022).

El linfoma se manifiesta como un crecimiento anormal de los ganglios linfáticos, denominados adenopatías. Estas adenopatías pueden presentarse principalmente en cuello, axilas, ingles, tórax y abdomen principalmente (Asociación Linfoma Mieloma y Leucemia, 2022).

Una de las principales indicaciones de los estudios de PET/CT incluidos en la presente investigación es el linfoma, el cual representó un 46% del total de las patologías estudiadas. Para los linfomas, principalmente el de tipo Hodgkin, el PET/CT es considerado la técnica *gold standard* para la valoración de la extensión de la enfermedad linfoproliferativa y decidir remisión después de completado el tratamiento (Subocz et al., 2016).

Las captaciones por grasa parda que se consideraron afectan la interpretación de la imagen se puede deber a que su ubicación es principalmente supraclavicular, axilar y mediastínica, estos lugares coinciden con formaciones ganglionares, lo cual podría llegar a

generar confusión y obstaculizar el proceso de realizar un diagnóstico preciso (Tjeerd et al., 2010).

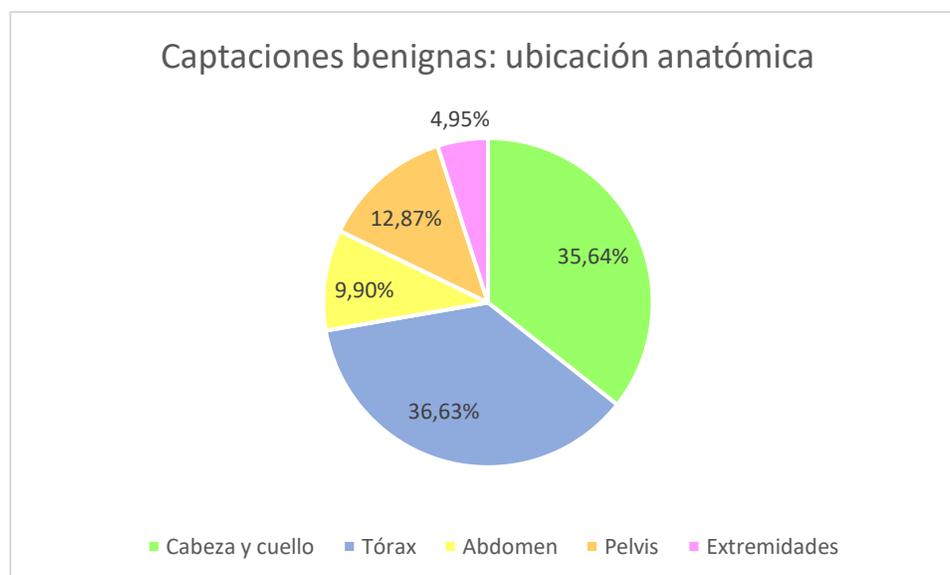
En la presente investigación se encontró que un 9,9% de las captaciones observadas correspondieron a grasa parda. En otros estudios similares realizados, Cronin et al. (2012), encontraron una prevalencia 3.19% de captaciones por grasa parda. Al igual que Cypess et al.(2010), donde obtuvieron un 5.4% de prevalencia de captaciones por grasa parda. Por su parte, Cohade et al. (2003), obtuvo un 14.1% de prevalencia, un porcentaje similar al de esta investigación.

4.1.5. Análisis general

De manera generalizada se presenta a continuación datos de todas las captaciones benignas observadas en los estudios de PET/CT. En cuanto a la ubicación anatómica se encontró que el 37 de las captaciones benignas observadas se encuentran en el área del tórax, 36 se ubican en la cabeza y cuello, 13 corresponden a captaciones localizadas en la pelvis, 5 se encuentran en las extremidades y 10 se ubican en el abdomen (Ver Figura 24).

Figura 24

Ubicación anatómica de las captaciones observadas en los estudios de PET/CT

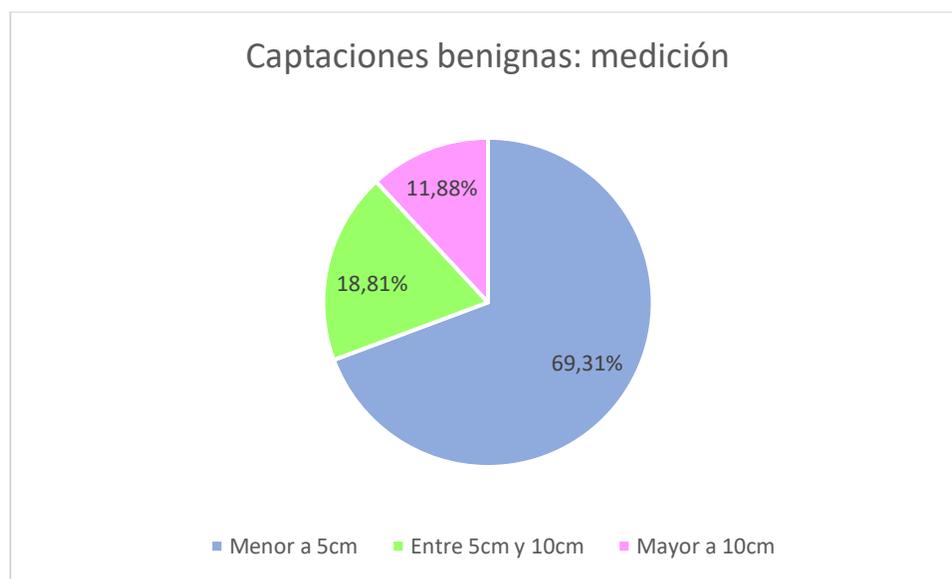


Fuente: Elaboración propia (2022).

De modo general la medida de las captaciones benignas observadas se concentró principalmente en estructuras que miden menos de 5 centímetros, representando 70 captaciones del total, seguido por estructuras que miden entre 5 y 10 centímetros que corresponde a 19 hallazgos y finalmente, las estructuras con captaciones benignas de mayor tamaño 12 captaciones del total (Ver Figura 25).

Figura 25

Medición de las captaciones observadas en los estudios de PET/CT

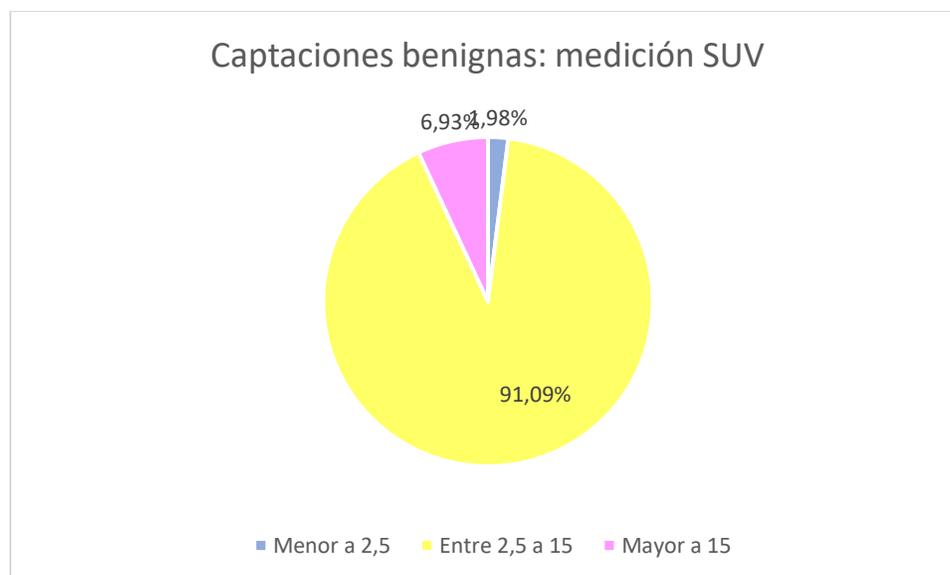


Fuente: Elaboración propia (2022).

El rango de medición SUV que más se presentó en las captaciones benignas observadas correspondió entre 2.5 y 15, esta categoría representa 92 hallazgos del total, seguido por captaciones mayores a 15 que corresponde a 7 hallazgos y en menor cantidad las captaciones con SUV menores a 2.5 corresponde a 2 hallazgos (Ver Figura 26).

Figura 26

Medición SUV de las captaciones observadas en los estudios de PET/CT

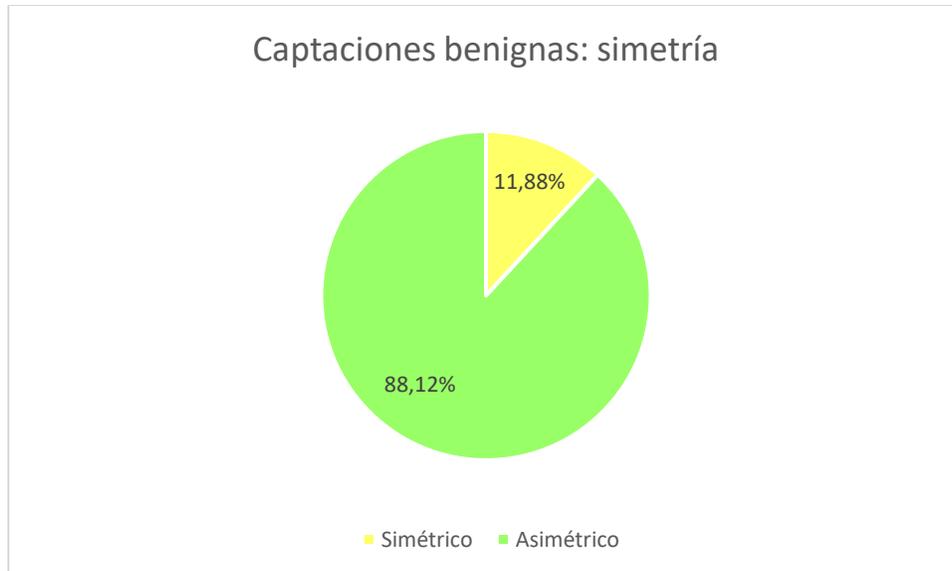


Fuente: Elaboración propia (2022).

El aspecto de simetría también fue valorado en el total de las captaciones benignas observadas y se encontró que un 89 corresponde a hallazgos asimétricos, mientras que los restantes 12 corresponden a estructuras con captación simétrica (Ver Figura 27).

Figura 27

Simetría de las captaciones observadas en los estudios de PET/CT



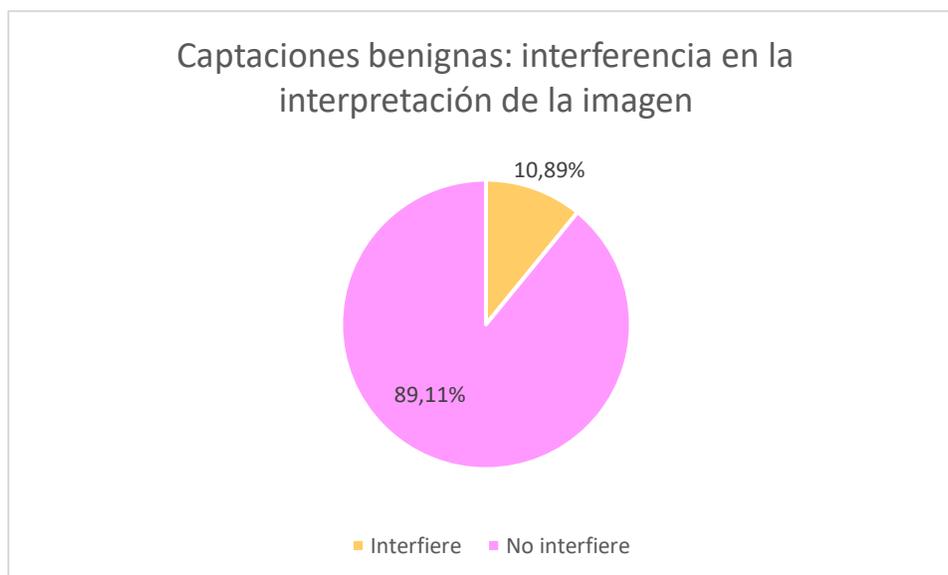
Fuente: Elaboración propia (2022).

Uno de los aspectos más relevantes es conocer si existe o no interferencia de las captaciones benignas a la hora de realizar la interpretación y generación de reporte médico. Se analizó este aspecto de modo general en todas las captaciones benignas observadas y se encontró que 90 de estas no interfiere con la interpretación de la imagen y las 11 restantes si causó algún tipo de interferencia para la correcta interpretación, siendo las captaciones que más interfieren las ocasionadas por la grasa parda, seguido por los ganglios inflamatorios (Ver figura 28).

El porcentaje de interferencia para interpretar la imagen es bastante bajo y en lo que respecta al área de la cabeza y cuello, que representa una de las mayores áreas de captación, es importante tener cautela ya que debido a diversos factores como captaciones musculares y/o procesos quirúrgicos suelen inducir a errores a la hora de realizar diagnósticos (González et al., 2020).

Figura 28

Interferencia en la interpretación de las imágenes



Fuente: Elaboración propia (2022).

4.2 Caracterización de las Principales Captaciones Benignas en las Imágenes de PET/CT con FDG -F18

Como parte del análisis descriptivo que se planteó realizar con respecto a las captaciones benignas observadas en las imágenes de los estudios de PET/CT, se planeó hacer una caracterización de variables que pueden propiciar la aparición de dichas captaciones.

Como parte de esta caracterización se evaluaron las dimensiones de uno de los objetivos de investigación, estableciendo género, rangos de edad, de índice de masa corporal, de valores de glicemia y estableciendo si la procedencia de la persona usuaria era de fuera o dentro del gran área metropolitana. Además, se indagó sobre la existencia de antecedentes de traumas, procesos infecciosos, un tiempo de ayuno de más de 6 horas, determinar si hubo realización de actividad física previo al estudio y el tiempo transcurrido desde la realización de alguna terapia (quimioterapia o radioterapia) o procedimiento médico (cirugía o biopsia).

4.2.1 Tipo de Captación Benigna

Se contabilizó de manera global la frecuencia de aparición de las captaciones y se encontró que el 34,65% de los hallazgos corresponden a ganglios inflamatorios, el 33,07% corresponde a inflamación de articulaciones, el 24,41% corresponde a actividad muscular, y, por último, 7,87% de las observaciones corresponde a grasa parda (Ver Figura 29).

Figura 29

Captaciones observadas en los estudios de PET/CT



Fuente: Elaboración propia (2022).

4.2.2 Sexo

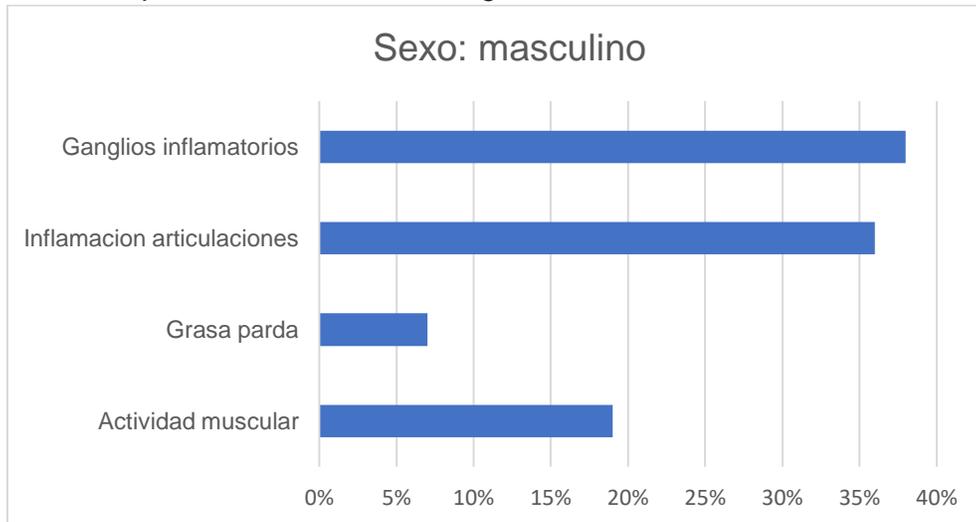
Para evaluar esta variable se dividieron los hallazgos en femenino y masculino, y se relacionaron con cada una de las captaciones observadas. En total el 58% de las captaciones fueron observadas en estudios de personas usuarias femeninas y el restante 42% correspondió al género masculino.

Analizando por separado esta variable, en el caso de las personas usuarias con género masculino se encontró que la mayor captación observada fueron ganglios

inflamatorios con un 38% del total, seguido por inflamación de articulaciones con un 36%, luego actividad muscular con un 19% y, por último, grasa parda con un 7% (Ver figura 30).

Figura 30

Distribución de captaciones observadas del género masculino

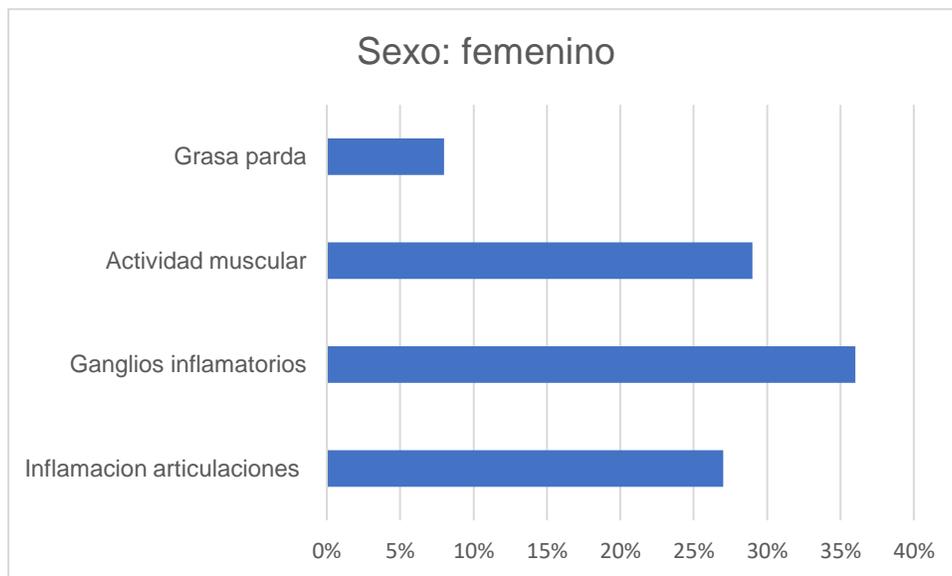


Fuente: Elaboración propia (2022).

En cuanto al género femenino se encontró que la mayor cantidad de captaciones benignas observadas correspondió a ganglios inflamatorios con un 36%, seguido por actividad muscular con un 29%, luego inflamación de articulaciones con un 27% y, por último, grasa parda con un 8% (Ver figura 31).

Figura 31

Distribución de captaciones observadas del género femenino



Fuente: Elaboración propia (2022).

Podemos observar que en ambos géneros la captación benigna que más se observó fue la de ganglios inflamatorios. De modo general, esta correspondió a la captación más observada en todos los estudios de PET/CT analizados.

Según otras investigaciones se conoce que el género femenino suele presentar más captaciones benignas relacionadas con grasa parda (Truong, et al., 2004), sin embargo, según los datos obtenidos a partir de esta investigación no existe una diferencia marcada en cuanto al género.

También el caso de la captación relacionada con grasa parda se conoce que por lo general es más común en niños y en la población femenina (Truong, et al., 2004). En cuanto a los resultados de esta investigación la diferencia entre ambos sexos no fue marcada, el género femenino tuvo un 8% y masculino 7%.

Además, se observó que en el caso de las mujeres hubo mayor incidencia de las captaciones benignas relacionadas con actividad muscular con 29% y el género masculino

con 19%. Según otros estudios realizados se obtuvo que el 56,16% correspondió al género masculino y 43,83% correspondió al género femenino (Jackson, et al., 2005).

4.2.3 Edad

Otro de los factores sociodemográficos que se analizaron en la investigación fue la edad de las personas usuarias. Se confeccionaron rangos de edad para asociarlos con la presencia de las captaciones benignas observadas. Los datos obtenidos se exponen de manera organizada en la Tabla 3.

Tabla 3

Aparición de captaciones benignas según rango de edad

Rango de edad	Ganglios inflamatorios	Actividad muscular	Inflamación articulaciones	Grasa parda	Total
18 a 40	8	5	1	6	20
41 a 65	15	9	17	2	43
65 o más	14	11	13	0	38
Total	37	25	31	8	101

Fuente: Elaboración propia (2022).

El primer rango se seleccionó de los 18 hasta los 40 años donde se consideran personas usuarias adultas jóvenes, esta categoría fue en la que menos se observaron captaciones benignas, principalmente hubo presencia de ganglios inflamatorios logrando contabilizar 8 hallazgos, seguido por actividad muscular con 5, luego grasa parda con 6 observaciones y, por último, inflamación de articulaciones logrando contabilizar únicamente 1 captación.

El siguiente grupo se seleccionó en el rango de 41 a 65 años. La captación más observada en este grupo fue de inflamación de articulaciones contabilizando 17 hallazgos, seguido por ganglios inflamatorios con 15, luego actividad muscular con 9 y, por último, grasa parda con 2 observaciones.

Por último, el grupo de 65 años o más presentó de manera muy homogénea captaciones entre ganglios inflamatorios, actividad muscular e inflamación de articulaciones, cada una representada por 14, 11 y 13, respectivamente.

Llama la atención que en las imágenes de personas usuarias mayores de 41 años no se presentaron más de dos captaciones benignas relacionadas a grasa parda, por lo que un factor influyente para la aparición de esta captación se podría considerar la edad avanzada en probable relación con una disminución de la demanda de termogénesis del cuerpo (Truong, et al., 2004).

4.2.4 Clima de la Zona de Procedencia

Dentro de las variables que se estudiaron se incluyó la zona climática del lugar de procedencia de la persona usuaria con el fin de relacionarla directamente con la aparición de grasa parda en las imágenes.

Para realizar la clasificación de las zonas climáticas donde residen las personas usuarias incluidas en la presente investigación se realizó una clasificación con base en la temperatura promedio del lugar en las siguientes categorías: clima caliente, más de 24° (se incluyó la provincia de Puntarenas, Guanacaste y Limón), clima templado, entre 18° y 24° (se incluyó la provincia de Alajuela, Heredia, San José y Cartago) y clima frío, menos de 18° (no se incluyó ninguna provincia del país en este rango) (Climate-Data, 2022).

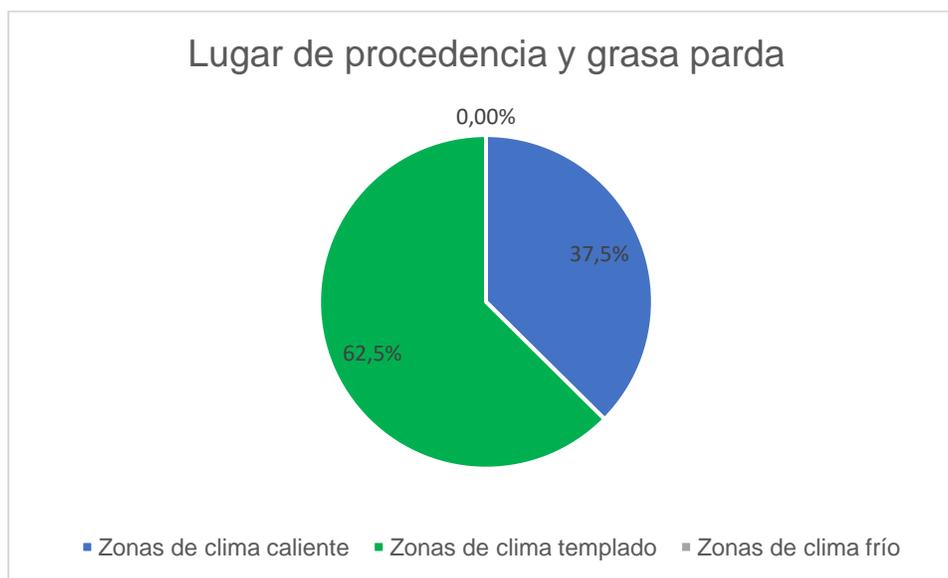
La clasificación de zona climática de las personas usuarias provenientes del extranjero también se realizó consultando los datos de Climate-Data y según la temperatura del lugar se clasificó en zona de clima caliente, templado y frío.

Es sabido que los ambientes fríos ocasionan termogénesis del tejido adiposo, la cual es estimulada por el sistema nervioso simpático, por lo que parte de la preparación para un estudio de PET/CT consiste en limitar la exposición al frío, de esta manera se reduce esta captación de la grasa parda que puede llegar a generar conflicto con la correcta interpretación de las imágenes (Truong, et al., 2004).

Como resultado de los datos obtenidos se encontró que la mayor parte de los estudios que presentaron grasa parda correspondió a personas usuarias que residen en un clima templado correspondiente a un 63% del total de los hallazgos, y el restante 38% corresponde a personas usuarias que residen en lugares con clima caliente (Ver figura 32).

Figura 32

Captaciones benignas de grasa parda con respecto al lugar de procedencia de la persona usuaria



Fuente: Elaboración propia (2022).

Con el fin de analizar la influencia de la temperatura del lugar en la aparición de grasa parda en las imágenes es importante conocer el clima de la ubicación del lugar y las características de los lugares de espera del centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, el cual se encuentra en la Uruca, San José. Según Climate-Data (2022), esta zona cuenta con un clima templado entre los 18 y 24 grados. Las salas de espera y de inyección del centro se encuentran en un rango entre los 23 y 25 grados, además se les proporciona una cobija para poder mantener una temperatura caliente y los cubículos son cerrados con sillones cómodos (V. Mesén, comunicación personal, 28 de julio del 2022).

Los resultados obtenidos concuerdan con lo que la bibliografía menciona acerca de la exposición al frío y la aparición de grasa parda en las imágenes de los estudios de PET/CT, sin embargo, también es importante no dejar de lado evidenciar que la grasa parda no está influenciada únicamente por la temperatura y que hubo un porcentaje considerable de personas usuarias que viven en lugares con clima caliente que presentaron esta captación benigna.

4.2.5 Área geográfica de procedencia

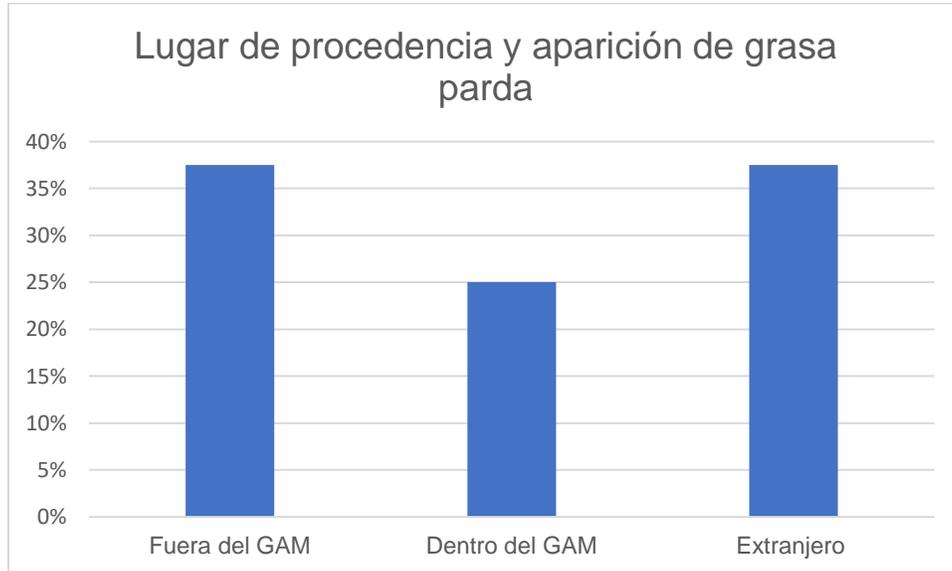
Otra de las variables seleccionadas que se consideró que pueden afectar la aparición de captaciones benignas en las imágenes fue el área geográfica de procedencia. Esta variable se estudió con la aparición de grasa parda y de actividad muscular. Se supuso que podría existir diversos factores externos durante el traslado de la persona usuaria hasta las instalaciones del PET/CT que ocasionarían la presencia de estas captaciones.

Este factor se analizó seleccionando el lugar de procedencia de la persona usuaria, ya sea dentro o fuera de la gran área metropolitana o bien, procedente del extranjero. Tomando en cuenta que las personas que se trasladan largas distancia pueden verse afectadas por diferentes factores climáticos y de transporte que pueden interferir con la correcta obtención de las imágenes.

Analizando primero la aparición de la grasa parda se obtuvo que el 75% de los hallazgos obtenidos corresponden a personas usuarias que se desplazaron mayor distancia hacia el centro de imágenes para la realización del estudio. El mismo porcentaje fue obtenido por las personas que se desplazaron desde afuera del GAM y las que fueron procedentes del extranjero. El restante 25% correspondió a personas usuarias provenientes de la gran área metropolitana (Ver figura 33).

Figura 33

Relación de aparición de captaciones de grasa parda y el lugar de procedencia de la persona usuaria



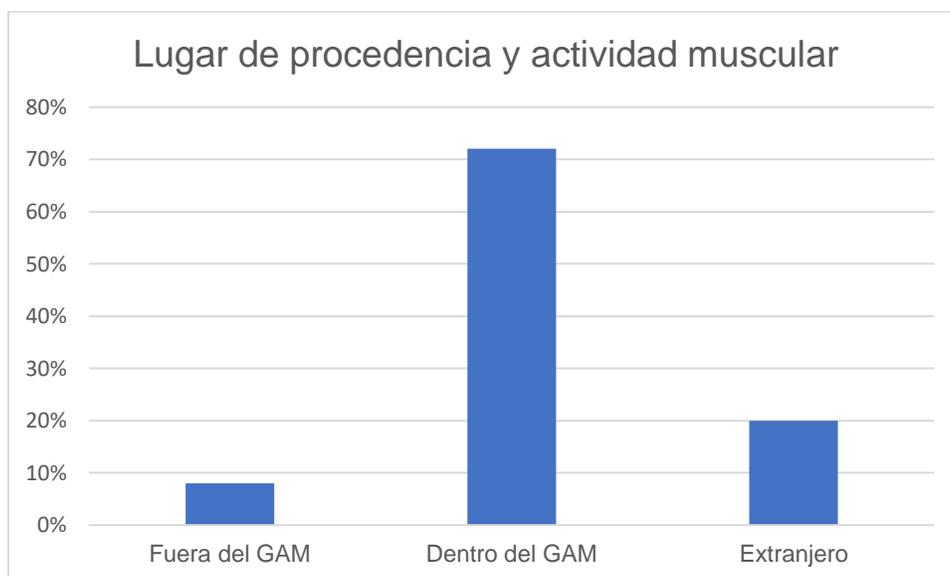
Fuente: Elaboración propia (2022).

Se podría considerar que las personas que deben desplazarse mayor distancia hasta las instalaciones del centro médico son más propensas a presentar grasa parda en las imágenes que aquellas que residen en el GAM. Además, de que la incidencia de la captación benigna en las personas que venían del extranjero y las de fuera del GAM fue en igual proporción.

El aspecto de la distancia se creyó que también podía influir en la aparición de la captación relacionada con actividad muscular, sin embargo, según los datos obtenidos a partir de la recolecta de información se comprobó que la mayor cantidad de personas usuarias con esta captación benigna son residentes del GAM representadas por un 72% del total de los hallazgos, seguidos por personas usuarias provenientes del extranjero con un 20%, y, por último, personas usuarias de fuera del GAM con un 8% (ver figura 34).

Figura 34

Relación de aparición de captaciones de actividad muscular y el lugar de procedencia de la persona usuaria



Fuente: Elaboración propia (2022).

4.2.6 Ayuno

Otro de los aspectos considerados dentro de la investigación y que forman parte de la preparación del paciente es el ayuno. La captación difusa de FDG-F18 en los músculos puede ser ocasionada por niveles altos de insulina o por la ingesta reciente de alimentos. Según la investigación realizada por Jackson et al. (2005), este tipo de captación es muy poco frecuente ya que se obtuvo en menos del 1% de los estudios analizados que presentaron captación muscular difusa.

Para la presente investigación se analizó si esta variable puede afectar la aparición de captaciones benignas en las imágenes, y para conocer esto se recabaron datos de la entrevista previa que se le realiza a la persona usuaria en la cual se verifica que sí cumpla con el requisito de ayuno de por lo menos seis horas (horas establecidas como protocolo del centro).

De esta manera, se realizó una consulta de la información disponible en los expedientes médicos de las personas usuarias que presentaron actividad muscular y se

obtuvo que el 100% de ellas declararon no haber ingerido alimentos en las últimas seis horas.

4.2.7 Nivel de glicemia

Parte de la preparación que se solicita para realizar un estudio de PET/CT incluye un ayuno de 4 a 6 horas previo a la inyección del radiofármaco, esto producirá que los niveles de insulina se mantengan bajos, lo cual reducirá la captación a nivel muscular, de la grasa y del miocardio (Cook et al., 2004).

Debido a la influencia del nivel de azúcar en sangre con respecto a la captación muscular en las imágenes de PET/CT se analizaron los niveles de glicemia de las personas usuarias que presentaron dicha captación, consultando los expedientes médicos.

En la valoración de la glicemia en sangre se obtuvo que de los 25 estudios en los que se observó captación muscular únicamente uno tenía niveles de glicemia por encima de los 150 mg/dl.

4.2. Índice de masa corporal

Diversas investigaciones han estudiado la relación entre el índice de masa corporal y la presencia de grasa parda en las imágenes de PET/CT. Cypess et.al (2010) encontraron que existe una diferencia significativa en la aparición de grasa parda y los índices de masa corporal bajos de las personas usuarias.

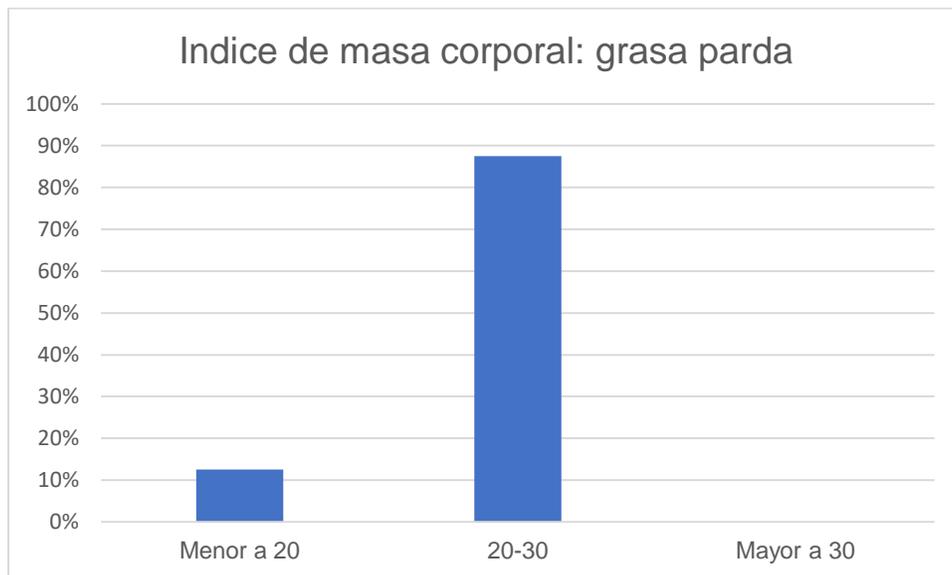
También Cronin et al. (2012), encontraron que las personas usuarias con índices de masa corporal bajos y pesos bajos tenían mayor presencia de grasa parda en las imágenes obtenidas. Por otro lado, Truong et al. (2004) no lograron encontrar diferencias significativas en cuanto a la presencia de grasa parda y el peso e índice de masa corporal.

Como parte de esta investigación también se analizó el índice de masa corporal de las personas usuarias con la aparición de grasa parda en las imágenes. Para poder establecer relaciones entre ambas partes se clasificó el índice de masa corporal de la siguiente manera: menor a 20 (bajo peso), entre 20 y 30 (normal) y mayor a 30 (sobrepeso).

De los datos obtenidos se descubrió que el 88% de las personas usuarias que presentaron grasa parda tienen un índice de masa corporal normal entre 20 y 30. También se encontraron imágenes de personas usuarias con índice de masa corporal menor a 20, peso bajo, con aparición de captaciones de grasa parda correspondiente a un 12% de los hallazgos. Por último, no se visualizaron hallazgos de esta captación benigna en pacientes con sobre peso o con un índice de masa corporal mayor a 30 (Ver figura 35).

Figura 35

Distribución de las captaciones benignas por grasa parda según el IMC de las personas usuarias



Fuente: Elaboración propia (2022).

4.2.8 Trauma y fracturas previas

Las células inflamatorias y otros macrófagos tienen captación aumentada de FDG-F18 por lo tanto es detectable en procesos inflamatorios condiciones de trauma y también en tejidos de granulación que rodean las enfermedades malignas ya tratadas (Costelloe, et al., 2009).

Debido a esto se analizó la aparición de captaciones en procesos inflamatorios de las articulaciones con el historial de la persona usuaria en cuanto a trauma y fracturas. Para

esto se indagó en el expediente clínico si la persona usuaria había tenido algún antecedente de fractura y si en las últimas dos semanas presentó algún tipo de trauma.

Es importante mencionar que las respuestas obtenidas a la pregunta de trauma o fracturas que se le hace a la persona usuaria y que se registran en el expediente médico pueden verse influenciadas por factores como que la persona usuaria no recuerda con exactitud, no considera que sea relevante mencionar algún evento de trauma, o bien, no haya veracidad en su respuesta.

Como resultado se obtuvo que el 100% de los sujetos incluidos en esta investigación declararon no haber presentado trauma en las dos semanas previas a la realización del estudio. En cuanto a las fracturas, el 94% no tienen historia de fractura y el 6% restante sí.

4.2.9 Actividad física

Se ha encontrado que las captaciones aumentadas de FDG-F18 en los músculos es debido a actividad física intensa realizada en las últimas 48 horas previas a la realización del estudio, sin embargo, según investigaciones estas captaciones no generan interferencia para la interpretación de las imágenes (Jackson, et al., 2005).

Por esta razón, se realizó una revisión del expediente clínico donde se verificó que la persona usuaria cumpliera con el preparativo correcto, en este caso se clasificó la variable en “realizó actividad física 48 horas previo al estudio” o “no realizó actividad física 48 horas previo al estudio”.

De los datos obtenidos de este análisis se obtuvo que el 100% de las personas usuarias que presentaron este tipo de captación benigna en las imágenes declaró no haber realizado actividad física 48 horas previo a la realización del estudio.

Es importante mencionar que los resultados obtenidos a partir de esta información se pueden considerar impreciso ya que no se puede determinar con certeza si la persona usuaria realizó o no actividad física, la pregunta planteada en la entrevista previa se puede interpretar de manera subjetiva, o bien, puede no haber veracidad en la respuesta.

4.2.10 Procesos infecciosos

Los nódulos linfáticos que captan FDG-F18, por lo general se ubican a nivel yugulo digástrico, axilar, hiliar e inguinal y que se encuentran de manera simétrica, suelen ser asociados con procesos de origen inflamatorios e infecciosos (Rahman, et al., 2019).

A nivel de cabeza y cuello existen diversos procesos que pueden provocar captación aumentada de FDG-F18 de nódulos linfáticos reactivos. En el área torácica los nódulos linfáticos hiliares y mediastinales se asocian a enfermedades crónicas granulomatosas (Rahman, et al., 2019).

Para estudiar de mejor manera la posible relación entre la aparición de ganglios inflamatorios de las imágenes de PET/CT y los procesos infecciosos se decidió hacer un análisis de la información escrutada a partir del expediente médico y se obtuvo que el 100% de las personas usuarias que presentaron captación de ganglios inflamatorios declararon no haber tenido ningún proceso infeccioso en las últimas dos semanas previas a la realización del estudio.

La información con respecto a procesos infecciosos previos que se incluye en la historia clínica y expediente médico en la mayoría de los casos no se encontró de manera clara y en algunos casos no se encontró, este factor influyó en los resultados obtenidos en la presente investigación, ocasionando que no se pueda afirmar con certeza la relación entre esta variable y la aparición de la captación benigna.

De acuerdo con el Dr. Gabriel Castro, especialista, la historia clínica es indispensable para diferenciar entre un ganglio benigno o inflamatorio y uno maligno. Se debe conocer el tipo de tumor y sus patrones de diseminación, además de datos relacionados con infecciones o procesos inflamatorios recientes. También es importante hacer una correlación con los hallazgos del CT (G. Castro, comunicación personal, 4 de junio del 2022).

Es importante una vez obtenida la imagen analizar los hallazgos con los síntomas y con la historia clínica para poder clarificar el origen de las captaciones observadas (Rahman, et al., 2019).

4.2.11 Tratamientos

Debido a diversos tratamientos como cirugías, radiación o quimioterapia se pueden ocasionar distorsiones de la anatomía y procesos infecciosos e inflamatorios que pueden llegar a enmascarar la enfermedad (Purandare, et al., 2014). Otro de los procedimientos que se consideró incluir en esta investigación y que podría afectar de esta manera fue la biopsia.

Como parte de la investigación para analizar la influencia de estos tratamientos en la aparición de captaciones benignas en las imágenes se investigó si la persona usuaria había sido sometida a alguno de estos tratamientos hace tres meses o más, entre uno y tres meses, menos de un mes, o no recibió tratamiento alguno.

4.2.11.1 Cirugías y biopsias.

Se consideró de interés analizar la influencia de procedimientos intervencionistas en la aparición de captaciones benignas debido a que se ha observado que el FDG-F18, en los casos quirúrgicos se capta en estas zonas debido a una reacción inflamatoria, en ocasiones crónica, por lo que la captación puede prologarse en el tiempo (Costelloe, et al., 2009).

Existen procedimientos quirúrgicos que ocasionan pérdida en el patrón simétrico de captación del radiofármaco debido a resecciones y sitios de reconstrucción (Purandare, et al., 2014). Estos aspectos ocasionan una mayor dificultad a la hora de interpretar la imagen, por lo tanto, fueron de interés de análisis de la esta investigación.

En la presente investigación se revisaron los antecedentes quirúrgicos de las personas usuarias con la aparición de las captaciones benignas seleccionadas. Los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Número de apariciones de captaciones benignas relacionadas con antecedentes quirúrgicos de la persona usuaria

Tiempo desde última Cirugía	Ganglios inflamatorios	Actividad muscular	Inflamación articulaciones	Grasa parda	Total
No tuvo	7	4	4	4	19
Un mes o menos	1	1	0	0	2
Entre uno y tres meses	2	0	0	1	3
Tres meses o más	27	20	27	3	77
Total	37	25	31	8	101

Fuente: Elaboración propia (2022).

De las captaciones observadas la mayor cantidad se presentaron en las imágenes de personas usuarias con antecedentes quirúrgicos de más de tres meses, 19 de 101 hallazgos correspondieron a imágenes de personas usuarias que no tienen ningún antecedente quirúrgico, y, únicamente 5 de 101 captaciones son de personas usuarias con procesos quirúrgicos recientes (menos de tres meses).

En cuanto los procedimientos de toma de muestra se exponen de igual manera con todas las captaciones benignas observadas. Los resultados son reflejados en la tabla 5.

Tabla 5

Número de apariciones de captaciones benignas relacionadas con antecedentes de biopsias de la persona usuaria

Tiempo desde última Biopsia	Ganglios inflamatorios	Actividad muscular	Inflamación articulares	Grasa parda	Total
No tuvo	14	8	14	1	37
Un mes o menos	0	1	0	0	1
Entre uno y tres meses	1	3	1	1	6
Tres meses o más	22	13	16	6	57
Total	37	25	31	8	101

Fuente: Elaboración propia (2022).

Los resultados que arrojó la investigación se asemejan mucho con la variable anteriormente seleccionada, procedimientos quirúrgicos, ya que la mayoría de las captaciones observadas correspondieron a imágenes de personas usuarias que tenían más de tres meses de haber sido sometido o sometida a una biopsia.

4.2.11.2 Quimioterapia.

Otro de los tratamientos que se debe tomar en cuenta a la hora de realizar un estudio de PET/CT es la quimioterapia. Se cree que se debe esperar un tiempo prudencial finalizada la terapia para realizar la adquisición de las imágenes, ya que se pueden generar hipercaptaciones de FDG-F18 en un periodo reciente a la quimioterapia (Kostakoglu, et al., 2004).

Además, se puede observar captación de la médula ósea de manera difusa en pacientes que a los que se les ha administrado quimioterapia o factores de crecimiento, ocasionando falsos positivos en las imágenes de PET/CT (Kostakoglu, et al., 2005).

Debido a esta influencia en las captaciones que se presentan en las imágenes, es que se decidió analizar el efecto de la quimioterapia en la aparición de las captaciones benignas estudiadas en la presente investigación. Para esto se clasificó en rangos de tiempo según la última sesión de quimioterapia que tuvo la persona usuaria, o si del todo no tuvo.

De los datos recolectados se obtuvo que la mayoría de las personas usuarias que fueron sometidos y sometidas a tratamientos de quimioterapia hace más de tres meses fueron los y las que presentaron estas captaciones benignas, otro grupo que también las presentó fueron las personas usuarias que no recibieron este tratamiento. Y, por último, 20 de las 101 captaciones observadas correspondió a personas con menos de tres meses de haber recibido este tratamiento. Estos datos se exponen en la tabla 6.

Tabla 6

Número de apariciones de captaciones benignas relacionadas con antecedentes de quimioterapia de la persona usuaria

Tiempo desde última Quimioterapia	Ganglios inflamatorios	Actividad muscular	Inflamación articulares	Grasa parda	Total
No tuvo	10	9	11	3	33
Un mes o menos	2	4	0	1	7
Entre uno y tres meses	5	1	6	1	13
Tres meses o más	20	11	14	3	48
Total	37	25	31	8	101

Fuente: Elaboración propia (2022).

4.2.11.3 Radioterapia.

Múltiples tejidos presentan reacciones tempranas, tales como, edema, inflamación y aumento de vascularización, debido a la radiación, además de que se pueden dar cambios inflamatorios por radiotoxicidad. Existen ciertos grupos musculares que han demostrado una elevada captación de FDG-F18 secundario a la radiación recibida (Purundare, et al., 2014).

El proceso inflamatorio post radioterapia puede inducir a falsos positivos, lo cual ocasiona que se reduzca la especificidad de la técnica. También se pueden dar falsos negativos debido a que se producen daños vasculares que provoca que el radiofármaco no pueda alcanzar células viables (Purundare, et al., 2014).

Debido a todos estos cambios que puede producir en el cuerpo y a su vez en la captación del FDG-F18 es que se decidió valorar la influencia del tratamiento de radioterapia con la aparición de las captaciones benignas seleccionadas. Para esto se dividió en rangos según el tiempo que hubo entre la última sesión de radioterapia recibida por la persona usuaria y la adquisición de las imágenes PET/CT.

Para representar estos datos obtenidos se elaboró la tabla 7 donde se observa que 100 de las 101 captaciones benignas observadas corresponde a personas usuarias que no fueron sometidas al tratamiento de radioterapia, o bien, tienen más de tres meses de haberla recibido. Únicamente se encontró un caso que había finalizado radioterapia entre uno y tres meses previo a la realización del estudio.

Tabla 7

Número de apariciones de captaciones benignas relacionadas con antecedentes de radioterapia de la persona usuaria

Tiempo desde última Radioterapia	Ganglios inflamatorios	Actividad muscular	Inflamación articulación es	Grasa parda	Total
No tuvo	24	17	20	5	66
Un mes o menos	0	0	0	0	0
Entre uno y tres meses	0	0	1	0	1
Tres meses o más	13	8	10	3	34
Total	37	25	31	8	101

Fuente: Elaboración propia (2022).

4.3 Relación de la aparición de las principales captaciones benignas de actividad muscular, ganglios inflamatorios, procesos inflamatorios de articulaciones y grasa parda en las imágenes de PET/CT con FDG-F18 con el protocolo de estudio utilizado en el centro.

Con el fin de conocer la relación de las distintas etapas del protocolo del estudio de PET/CT con respecto a la aparición de las captaciones benignas seleccionadas se planteó realizar un análisis en el que se expone cada una de las fases de este proceso, el cual se desglosa a continuación.

4.3.1 Etapa: Asignación de la cita

4.3.1.1 Actividad muscular

En la etapa de asignación de la cita la persona usuaria recibe digitalmente el preparativo del estudio, en el cual se indica que no debe realizar actividad física en las 48 horas previas a la realización del estudio (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 8). De esta manera se pretende evitar las captaciones musculares debido a actividad física.

Otro de los aspectos que también se incluyen en dicho preparativo es el ayuno, el cual se indica que debe ser por lo menos de 6 horas, de esta manera hay seguridad de que la captación del radiofármaco será el correcto, permitiendo un apropiado análisis de las imágenes y evitando de esta manera captaciones musculares debido a ingesta reciente de alimentos. A su vez, se controlan los niveles de glicemia gracias al ayuno (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 8).

Se identificó que para esta etapa se brindan solamente instrucciones escritas, por lo que no existe certeza de que las personas si lean y comprendan la importancia de seguir las instrucciones, en esta etapa no se brindan instrucciones orales donde la persona pueda abordar sus dudas de preparación.

En esta etapa no se indaga si el día de la cita la persona vendrá desde un lugar muy lejos o su medio de transporte a utilizar para asistir a la cita, para poder brindar instrucciones adicionales que pudieran evitar la captación muscular. La activación muscular se pudiera

dar por malas posturas en viajes lejanos, o bien si la persona decide desplazarse caminando hacia el centro.

Los niveles elevados de glucosa o el uso de insulina podrían ocasionar captación muscular en las personas. En esta etapa se les brinda un instructivo donde se indica que si la persona es diabética debe comer 6 horas previas al estudio y aplicarse la dosis habitual de insulina, sin embargo, es un instructivo que se entrega a todas las personas, no se indaga previamente, por lo que si una persona es o no diabética no modifica el proceso de asignación de cita propiamente.

El brindar una correcta instrucción en esta etapa y asegurarse de que haya una correcta comprensión, podría marcar la diferencia entre la aparición o no en la imagen de la captación benigna. Por esta razón, se considera que el impacto que podría tener esta etapa es elevado, pero dado que se le brindan instrucciones escritas, se considera que la relación de estos hallazgos con el protocolo es media.

4.3.1.2 Ganglios inflamatorios

Al momento de asignar la cita no se interroga a la persona usuaria sobre ganglios inflamatorios o historia de procesos infecciosos, el preparativo tampoco menciona medidas preventivas para evitar que se den captaciones benignas por ganglios inflamatorios, sin embargo, sí se solicita que la persona usuaria aporte documentación sobre su historia clínica (hemogramas, epicrisis, entre otros) (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 8), y en caso de que se observen imágenes con ganglios hipercaptantes se pueda consultar esta información para dar un mejor diagnóstico.

Por otro lado, se identificó que para otorgar la cita no es requerido el visto bueno de un médico especialista, acto que permite identificar a priori qué información clínica es importante recolectar de previo al estudio.

La documentación aportada o lo que se le pueda solicitar a la persona usuaria en esta etapa es de gran importancia para conocer el trasfondo clínico de una posible aparición de ganglios inflamatorios, por lo que se considera que el proceso de asignación de la cita es muy importante para que en futuras etapas se comprenda el porqué la aparición de estas

captaciones. Sin embargo, no es una etapa que influya directamente en que estas captaciones aparezcan o no en la imagen, por lo que se considera existe una relación entre la aparición de la captación y esta etapa del protocolo de grado bajo.

4.3.1.3 Inflamación de articulaciones

En cuanto a los procesos inflamatorios de articulaciones en esta etapa, como ya se mencionó, se solicita a la persona usuaria entregar información con respecto a su historial clínico, además aporta datos personales con respecto a la edad, lo cual sirve como indicador para conocer el grado de probabilidad de que presente procesos inflamatorios en las articulaciones (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 8).

La documentación aportada o lo que se le pueda solicitar a la persona usuaria en esta etapa es de gran importancia para conocer el trasfondo clínico de una posible aparición de inflamación de articulaciones, por lo que se considera que el proceso de asignación de la cita es muy importante para que en futuras etapas se comprenda el porqué la aparición de estas captaciones. Sin embargo, no es una etapa que influya directamente en que estas captaciones aparezcan o no en la imagen, por lo que se considera que la relación entre la aparición de la captación y esta etapa del protocolo es de grado bajo.

4.3.1.4 Grasa parda

Con respecto a las captaciones benignas por grasa parda, en el instructivo que se entrega en esta etapa se indica que la persona usuaria debe evitar ambientes fríos a toda costa y utilizar ropa abrigada días previos a la realización del estudio (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 8). Estas medidas se toman para evitar captaciones de este tipo.

En esta etapa no se indaga sobre la región geográfica o clima de dónde proviene la persona o si el día de la cita vendrá desde un lugar muy lejos o su medio de transporte para brindar instrucciones adicionales. Es conocido que la activación de la grasa parda se puede dar por condiciones climáticas y estrés incluso previo a la realización del estudio, por ello el brindar una correcta instrucción en esta etapa, podría marcar la diferencia entre la aparición o no en la imagen de la captación benigna. Por ende, se considera que el impacto que

podría tener esta etapa es elevado, pero dado que se le brindan instrucciones escritas para minimizar esta captación, se considera que la relación de estos hallazgos con el protocolo del centro es media.

4.3.2 Etapa: Preparación del Estudio

4.3.2.1 Actividad Muscular

Con respecto a la etapa de preparación del estudio se incluye la entrevista y valoración clínica realizada por un médico general. En esta etapa se verifica que la persona usuaria no haya realizado actividad física previo a la realización del estudio y que se encuentre en ayuno de 6 horas o más (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9). Esto con el fin de prevenir que se presenten imágenes con captaciones benignas relacionadas con actividad muscular.

Posteriormente, la persona usuaria es trasladada al área de enfermería para iniciar el estudio donde se le colocará la vía periférica y la toma del nivel de glicemia para asegurarse que se encuentra dentro de los niveles aceptables (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9). Este paso es primordial para evitar captaciones musculares por niveles elevados de azúcar en sangre.

Tanto la entrevista como la verificación del nivel de glucosa permiten minimizar la aparición de estas captaciones benignas y podría marcar la diferencia entre la aparición o no en la imagen de la captación benigna. Por ende, se considera que el impacto que podría tener esta etapa es elevado. Se considera que la relación de la presencia de las captaciones benignas identificadas y caracterizadas, con el protocolo del centro es media.

4.3.2.2 Ganglios inflamatorios

Durante esta etapa la persona usuaria es sometida a un examen físico y entrevista en busca de lesiones palpables, procesos infecciosos, intervenciones quirúrgicas o heridas que puedan generar imágenes hipercaptantes en ganglios. Toda esta información es registrada en la historia clínica de la persona usuaria (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

La correcta realización de la historia clínica se considera de gran importancia para comprender lo visualizado en la imagen, pero no influye en que estas captaciones aparezcan por ello se considera que la relación es baja.

4.3.2.3 Inflamación de articulaciones

Parte del examen físico al que es sometida la persona usuaria incluye la valoración del sistema musculoesquelético con el fin de identificar lesiones articulares que puedan generar captaciones a este nivel. Sumado a esto se indaga sobre historia de trauma reciente o fracturas previas, toda esta información se completa en la historia clínica (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

La correcta realización de la historia clínica se considera de gran importancia para comprender lo visualizado en la imagen, pero no influye en que estas captaciones aparezcan, por ello se considera que la relación entre el hallazgo y el protocolo de estudio es baja.

4.3.2.4 Grasa parda

Durante esta etapa y como parte de la entrevista se valoran factores que se consideran pueden influir en la aparición de captaciones de grasa parda, lo cuales son la edad, peso y talla, toda esta información se registra en la historia clínica (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9). Esta entrevista se realiza en un consultorio médico con sillas confortables, en un ambiente tranquilo y reservado, sin aire acondicionado, para promover posteriormente una correcta distribución del radiofármaco.

La entrevista, permite identificar la posible aparición de grasa parda. El espacio físico y condiciones ambientales donde se realiza esta entrevista, podrían marcar la diferencia entre la aparición o no en la imagen de la captación benigna. Por ende, se considera que el impacto que podría tener esta etapa es elevado. Sin embargo, se considera que la relación entre la aparición de grasa parda y esta etapa del protocolo de estudio es baja.

4.3.3. Etapa: Administración del radiofármaco

Para la etapa de inyección del material radioactivo la persona usuaria tiene una vía periférica permeable para evitar extravasaciones que pueden ocasionar captaciones a nivel de los ganglios linfáticos, esta vía debe colocarse del lado contralateral de la lesión, en caso de que tenga alguna en los miembros superiores y se debe anotar el punto de inyección (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9). Esta administración se da en un espacio cómodo, con temperatura cálida y la persona se encuentra sentada en todo momento.

A diferencia de las etapas previas, se consideró que esta etapa no es relevante para comprender clínicamente ni evitar la aparición de las captaciones por actividad muscular, por grasa parda o inflamación de articulaciones, por lo que la relación entre estos hallazgos y el protocolo es baja.

Por su parte, una correcta administración del radiofármaco podría marcar la diferencia entre la aparición o no en la imagen de la captación benigna de ganglios inflamatorios, considerándose que el impacto que podría tener esta etapa es elevado para este caso. Sin embargo, se considera que las medidas tomadas en cuenta durante esta etapa del protocolo de estudio de inyección del radiofármaco permiten minimizar estos hallazgos, y dado que los ganglios inflamatorios hallados en este estudio no corresponden a extravasaciones, se considera que la relación entre el hallazgo de la captación benigna y el protocolo de estudio es baja.

4.3.4. Etapa: Tiempo de espera post inyección

Durante esta etapa la persona usuaria debe esperar un tiempo aproximado de 60 minutos para la biodistribución del radiofármaco en un cubículo cerrado en un sillón cómodo para evitar distracciones, en esta fase se le indica a la persona usuaria que debe evitar moverse o utilizar dispositivos electrónicos para prevenir la presencia de imágenes con captaciones musculares (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

Se consideró que esta etapa no es relevante para comprender clínicamente ni evitar la aparición de las captaciones de ganglios inflamatorios, sin embargo, para el resto de las captaciones esta etapa resulta relevante.

4.3.4.1. Actividad muscular

Durante el tiempo de biodistribución del radiofármaco la persona usuaria es vigilada por la persona profesional en imagenología a cargo del estudio por medio de cámaras, de esta manera se asegura que la persona usuaria siga correctamente las instrucciones. Estas instrucciones también se entregan de manera escrita previo al estudio para una mejor comprensión (Comunicación personal, 15 octubre del 2022).

Esta etapa del protocolo de estudio es de vital importancia para que el radiofármaco se biodistribuya de manera correcta y podría marcar la diferencia entre la aparición o no en la imagen de la captación benigna, por lo que se considera que el impacto que podría tener esta etapa es elevado. Sin embargo, se considera que las medidas tomadas en cuenta durante esta etapa del protocolo de estudio de tiempo de espera post inyección, permiten minimizar estos hallazgos, por lo que se considera que la relación entre el hallazgo de la captación benigna y el protocolo de estudio es baja.

4.3.4.2 Inflamación de articulaciones

Las indicaciones con respecto a evitar movimientos o levantarse del sillón también se considera que son propuestas para evitar captaciones por inflamación de articulaciones, lo ideal es que la persona usuaria permanezca en una misma posición, además con la intención de disminuir estas captaciones benignas se busca la mayor comodidad de la persona usuaria durante el tiempo de biodistribución (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

Esta etapa del protocolo de estudio es de vital importancia para que el radiofármaco se biodistribuya de manera correcta y podría marcar la diferencia entre la aparición o no en la imagen de la captación benigna, por lo que se considera que el impacto que podría tener esta etapa es elevado. Sin embargo, se considera que las medidas tomadas en cuenta durante esta etapa del protocolo de estudio de tiempo de espera post inyección, permiten

minimizar estos hallazgos, por lo que se considera que la relación entre el hallazgo de la captación benigna y el protocolo de estudio es baja.

4.3.4.3 Grasa parda

Durante esta etapa mientras se distribuye el radiofármaco se procura que la persona usuaria permanezca lo más abrigada posible, para esto se provee de varias cobijas, además de que se mantiene una temperatura cálida, un ambiente relajado y reservado para evitar distracciones y que se reduzcan los niveles de ansiedad y estrés, esto para evitar captaciones benignas por grasa parda (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

Esta etapa del protocolo de estudio es de vital importancia para que el radiofármaco se biodistribuya de manera correcta y podría marcar la diferencia entre la aparición o no en la imagen de la captación benigna, por lo que se considera que el impacto que podría tener esta etapa es elevado. Sin embargo, se considera que las medidas tomadas en cuenta durante esta etapa del protocolo de estudio de tiempo de espera post inyección, permiten minimizar estos hallazgos, por lo que se considera que la relación entre el hallazgo de la captación benigna y el protocolo de estudio es baja.

4.3.5 Etapa: Adquisición del estudio

Para la adquisición de las imágenes se posiciona al paciente decúbito supino con los brazos hacia arriba de la cabeza y se adquieren imágenes desde la base del cráneo hasta el tercio medio del muslo, la persona usuaria debe evitar moverse y se le darán indicaciones de respirar suavemente (Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, 2020, p. 9).

Se consideró que esta etapa no es relevante para comprender clínicamente ni evitar la aparición de las captaciones por actividad muscular, por ganglios inflamados y por inflamación de articulaciones, dado que el radiofármaco ya se ha acumulado y ni el posicionamiento del paciente ni las condiciones ambientales de la sala inciden en la aparición de las mismas. Por lo que la relación entre estos hallazgos y el protocolo es bajo.

Por su parte, en lo que respecta a la aparición de grasa parda, no está claro en la teoría existente si a estas alturas del procedimiento se pudiera aún activar de alguna manera la grasa parda, sin embargo, por la biodistribución del radiofármaco la probabilidad es mínima.

Cuando la persona usuaria se encuentra en la posición deseada se procede a cubrir con varias cobijas ya que la sala de exploración se encuentra a una temperatura de 22° Celsius, que es más baja que los cubículos de espera de tiempo post inyección, estas medidas se toman para evitar posibles captaciones benignas por grasa parda (Comunicación personal, 15 de octubre del 2022).

Sin embargo, la probabilidad es baja dado que el radiofármaco es captado por el organismo principalmente en los primeros 60 minutos post inyección. Por ello, se considera como bajo el impacto que podría tener esta etapa en el hallazgos de captaciones benignas por grasa parda y una baja relación entre esta etapa del protocolo y la aparición de estas captaciones.

En cuanto a la adquisición de la imagen se realiza en primera instancia la tomografía computarizada y posteriormente la adquisición del PET. Para la adquisición del CT se emplean técnicas de 120 kV y 250 mAs con un espesor de 5 mm, un campo de visión de 50 mm y para la adquisición del PET se realizan aproximadamente 8 camillas entre 2.5 y 4 minutos *bed position* con un campo de visión de 70mm. La reconstrucción del CT se realiza a 3,75mm con una ventana de tejidos blandos y la reconstrucción del PET se realiza a 5 mm con un filtro estándar, 2 iteraciones y 32 subconjuntos (Comunicación personal, 15 de octubre del 2022).

Se considera que esta sección del protocolo tiene bajo grado de relación con la aparición de captaciones benignas.

4.3.7 Etapa: Procesamiento de las imágenes

En cuanto al post procesamiento de las imágenes se realizan reconstrucciones multiplanares y en tercera dimensión (3D). Las reconstrucciones multiplanares se realizan

con las imágenes del CT, del PET y de la fusión PET/CT, además se realiza una reconstrucción 3D de la imagen del PET (Comunicación personal, 15 de octubre del 2022).

Se considera que el procesamiento de las imágenes influye en bajo grado en cuanto a la aparición de cualquiera de las captaciones benignas analizadas en esta investigación, ya que esta etapa se realiza cuando ya las imágenes fueron adquiridas y las captaciones ya fueron debidamente documentadas.

Para resumir los resultados obtenidos en las diferentes etapas en relación con cada una de las captaciones benignas se organizó la información recolectada en la tabla 8 que se expone a continuación.

Tabla 8

Relación de las etapas del protocolo de estudio con la aparición de captaciones benignas

Etapas	Actividad muscular	Ganglios inflamatorios	Inflamación articulaciones	Grasa parda
Asignación de la cita	Media	Baja	Baja	Media
Preparación del estudio	Media	Baja	Baja	Baja
Administración del radiofármaco	Baja	Baja	Baja	Baja
Tiempo de espera post inyección	Baja	Baja	Baja	Baja
Adquisición del estudio	Baja	Baja	Baja	Baja
Post procesamiento de las imágenes	Baja	Baja	Baja	Baja

Fuente: Elaboración propia (2022).

Capítulo V. Limitaciones

La presente investigación se limitó a estudiar y analizar las cuatro principales captaciones benignas que más se presentan en las imágenes de los estudios de PET/CT del centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada, sin embargo, en las imágenes se pueden encontrar muchas captaciones benignas distintas a las seleccionadas.

Parte de las limitaciones que se enfrentaron en la presente investigación se dieron en el proceso de selección de las imágenes de los sujetos de estudio, ya que gran parte de los expedientes médicos no están completos, por ejemplo, el valor de glicemia inicial en algunos casos no se encuentra dentro de su expediente digital. Este aspecto puede llegar a complicar procesos para futuras investigaciones.

La recolección de los datos de los expedientes médicos requirió de mucho tiempo ya que la información se encuentra en dos diferentes medios, una base de datos propia del centro que únicamente se puede acceder mediante algunas computadoras y otra parte se encuentra accediendo al sistema digital de agenda o sistema RIS (*Radiology Information System*).

Otro de los aspectos limitantes en cuanto a la información recolectada a partir de los expedientes médicos, es que los datos de la persona usuaria tales como la edad, lugar de residencia, entre otros, se ingresan en el sistema a la hora de agendar la cita, sin embargo, esta información es corroborada únicamente en la historia clínica el día de la cita y no se corrige el expediente médico digital.

También se puede mencionar que la caracterización de las captaciones con respecto a su valor SUV máximo se realizó desde una separación de tres rangos, sin embargo, su rango central (2.5 a 10) resultó ser muy amplio ocasionando que el análisis realizado no se pudiera realizar de manera más específica. Se considera que dividir este rango hubiera resultado más enriquecedor para el análisis de los datos

Capítulo VI. Conclusiones

La tecnología PET/CT es nueva en el país, por eso surge la necesidad de investigar sobre esta modalidad de imagen, tal como se planteó en esta investigación. En primera instancia se estudiaron las características de las captaciones benignas observadas en las imágenes seleccionadas, a partir de los datos obtenidos se lograron una serie de conclusiones que se exponen a continuación:

- La captación benigna de actividad muscular se presenta principalmente a nivel del tórax y las extremidades de manera asimétrica y se consideró que no afectan en la interpretación de la imagen para poder obtener un diagnóstico, esto gracias al contexto que se ofrece en la historia clínica
- Las captaciones debidas a ganglios linfáticos inflamatorios se encontraron principalmente en el área de la cabeza y cuello, seguido por el tórax, la gran mayoría menores a 5 centímetros y de manera asimétrica.
- La distribución anatómica de las captaciones benignas por inflamación de articulaciones se dio de manera homogénea a lo largo de todo el cuerpo, la gran mayoría se encontraba en focos menores a los 5 centímetros de manera asimétrica.
- Una de las zonas principales donde se encontraron captaciones por grasa parda fue en la cabeza y el cuello, y se encontraron de manera simétrica. Este tipo de captación fue la que menos se encontró en las imágenes valoradas, por lo tanto, se puede concluir que la preparación y las condiciones bajo las cuales se realiza el estudio (cobijas, temperatura de aire acondicionado, etcétera) resultan óptimas.
- Aunque se consideró que la gran mayoría de las captaciones benignas estudiadas en la presente investigación no afectaron en la interpretación de la imagen, se concluye que los ganglios inflamatorios y la grasa parda son las que más influyen o afectan a la hora de valorar las imágenes para poder dar un diagnóstico certero.

Posterior al análisis de las características de las captaciones observadas se concluye que:

- Los valores SUV obtenidos de las captaciones estudiadas en la presente investigación fueron mayores a lo que se conoce normalmente, posterior al análisis de este comportamiento se concluye que esto puede ser influenciado por factores intrínsecos del equipo, dosis de inyección, niveles de azúcar en sangre, entre otros.
- En cuanto al estudio de las diferentes variables que podían influir en la aparición de captaciones benignas se encontró que no hubo predominio de captaciones en hombres o mujeres, los porcentajes obtenidos fueron muy semejantes, por lo tanto, se concluye que esta no es una variable influyente.
- La captación por grasa parda se presentó principalmente en personas usuarias más jóvenes y la captación de inflamación de articulaciones se presentó en personas usuarias de mayor de edad, que son las más propensas a tener padecimientos de tipo inflamatorio y artrósico.
- Pese a la teoría de que las personas procedentes de lugares de climas más fríos presentarían más captaciones benignas de grasa parda no se considera que la variable sea influyente en la presencia de dichas captaciones. Es importante mencionar que estos resultados se pueden ver influenciados por la falta de corroboración del clima del lugar de donde viene la persona usuaria.
- Posterior al estudio del lugar de procedencia, sí se encontró relación entre la presencia de grasa parda en las imágenes en personas usuarias y un mayor desplazamiento de distancias hasta el centro de imágenes.
- En la bibliografía consultada se encontró que la variable de área geográfica de procedencia se asocia con la aparición de captaciones musculares en las imágenes, sin embargo, en esta investigación no se observó una influencia de esta variable en la aparición de las captaciones benignas, ya que, hubo más captaciones musculares en personas provenientes dentro del GAM.

- De los datos obtenidos a partir de la variable ayuno, no se encontró influencia de la preparación de ayuno con la aparición de captaciones musculares. Este dato resulta difícil de verificar, ya que, solo se cuenta con la declaración de la persona usuaria.
- Según la bibliografía consultada los niveles de glicemia elevados pueden ocasionar captaciones musculares y según los resultados de esta investigación se observó que gran parte de las personas usuarias tenían valores de glicemia adecuados para la realización del estudio, por lo tanto, no se pudo corroborar la influencia de esta variable en la aparición de dichas captaciones.
- A partir de la relación que se estudió entre el IMC y la aparición de grasa parda en las imágenes se puede concluir que esta captación benigna disminuye o se ausenta en personas de mayor peso y mayor IMC.
- En cuanto al estudio de la influencia de la variable trauma reciente y las imágenes con captaciones de inflamación de articulaciones no se puede determinar que sea una de las causas de origen debido a que todas las personas usuarias declararon no haber tenido trauma en las dos semanas previas al estudio.
- En la variable de historia de fracturas se encontró que es muy poca la población que presentó este antecedente, únicamente se encontraron 2 casos de 29 incluidos. Del mismo modo, la influencia de esta variable con las imágenes de inflamación de articulaciones no se puede corroborar.
- Es importante mencionar que los resultados obtenidos a partir de esta información se pueden considerar imprecisos ya que no se puede determinar con certeza si la persona usuaria presentó o no presentó trauma reciente o historia de fracturas, la pregunta planteada en la entrevista previa se puede interpretar de manera subjetiva, o bien, puede no haber veracidad en la respuesta.
- De la misma manera, al estudiar la influencia de la realización de ejercicio en las 48 horas previas al estudio y la aparición de captaciones musculares, no se logra

probar como una de las causas de origen debido a que todas las personas usuarias incluidas en la investigación declararon no haber realizado actividad física previo al estudio. Al igual que algunas de las variables citadas previamente, los datos obtenidos no son corroborables ya que solo se cuenta con la declaración de la persona usuaria.

- Otra de las variables estudiadas fue el de procesos infecciosos previos. No se pudo determinar que ésta fuera una causa de las captaciones en los ganglios inflamatorios ya que ninguna de las personas usuarias tuvo algún proceso de este tipo en las dos semanas previas a la realización del estudio.
- Es importante aclarar que esta información relacionada a procesos infecciosos previos no se encontró de manera explícita y en ocasiones se encontró difícil de descifrar ya que no hay una parte de la entrevista donde se exponga este aspecto de manera más específica.
- De los resultados obtenidos a partir de la indagación en el expediente médico sobre procesos quirúrgicos (cirugías y biopsias) realizados previos a la realización del estudio, no se logró determinar si éstos influyen o no en la aparición de las captaciones benignas estudiadas, ya que la mayor parte de las personas usuarias no habían sido sometidas a estos procedimientos o bien, tenían más de tres meses de haber sido sometidos a ellos.
- Otro de los tratamientos que se evaluó fue la quimioterapia y se obtuvo que la mayoría de las personas usuarias no habían sido sometidas a quimioterapia o bien, tenían más de tres meses desde la última aplicación., por lo tanto, no se puede determinar si esta influye o no en la aparición de las captaciones benignas seleccionadas.
- Del mismo modo se estudió tratamientos de radioterapia y la mayoría de las adquisiciones fueron realizadas con un tiempo de tres meses o más desde la última aplicación de radioterapia, por lo tanto, tampoco se puede determinar con certeza que esta variable influya en la aparición de las captaciones benignas seleccionadas.

- En la mayoría de los casos estudiados se cumplen los requisitos establecidos por el centro en cuanto a los tiempos de espera desde la aplicación del tratamiento y la realización del estudio de PET/CT.

Posteriormente se realizó el análisis de la influencia de las diversas etapas del protocolo de estudio con la aparición de las captaciones benignas seleccionadas con el fin de establecer si se relacionan con su origen. Las conclusiones obtenidas a partir de este análisis se exponen a continuación.

- Las etapas que se considera que más influyen en la aparición de captaciones benignas corresponden a las primeras dos: asignación de la cita y preparación del estudio. Durante este proceso la persona usuaria debe seguir las indicaciones sobre el preparativo estrictamente para evitar la aparición de dichas captaciones.
- En relación con el aspecto anterior, se considera que las captaciones benignas que están más relacionadas con la etapa de asignación de la cita son la actividad muscular y la grasa parda, principalmente porque son captaciones altamente dependientes de la preparación previa al estudio de la persona usuaria.
- En la etapa de asignación de la cita únicamente se proporciona la información necesaria para la realización del estudio y se recolectan los datos personales, sin embargo, no se indagan aspectos importantes como conocer si la persona es diabética, si debe trasladarse largas distancias para llegar al centro, es de una zona con un clima frío, entre otros, con el fin de dar indicaciones adicionales para prevenir la aparición de captaciones benignas.
- Pese a esto, de acuerdo con las medidas tomadas para prevenir captaciones benignas, los pasos que se siguen, la información suministrada como preparativo y las condiciones del lugar de las primeras dos etapas es que se considera que el grado de relación de éstas con la aparición de captaciones benignas es bajo, en ocasiones medio.

- La etapa que transcurre posterior a la inyección del material radioactivo también se considera una de las que más incide en la aparición de captaciones benignas, ya que durante esta fase se produce la fijación del radiofármaco en las diversas estructuras, por lo tanto, es importante que la persona usuaria siga las instrucciones para que haya una captación deseada del FDG-F18.
- Durante esta etapa de tiempo de espera para la fijación del radiofármaco se siguen medidas para procurar que no se presenten captaciones benignas, tales como: brindar cobijas para evitar el frío, explicar detalladamente las instrucciones a las personas usuarias, monitorear mediante cámaras de seguridad que se sigan dichas instrucciones, entre otros. Debido a todas estas medidas es que se considera que el grado de relación de esta fase con la aparición de captaciones benignas es bajo.
- La información recolectada en las primeras dos etapas del estudio es de relevancia para conformar la historia clínica, con estos datos se puede conocer antecedentes de las personas usuarias relacionadas con procesos infecciosos o inflamatorios, intervenciones quirúrgicas, heridas, entre otros. Esta información se considera muy importante para predecir, evitar y comprender las captaciones benignas.
- Las etapas en las que se llevó a cabo la adquisición del estudio y el post procesamiento de las imágenes son las menos influyentes en la aparición de las captaciones benignas estudiadas, por lo tanto, se consideró que el grado de relación con la aparición de captaciones benignas es bajo.

De modo general se considera que de las conclusiones más relevantes obtenidas por la presente investigación es que la historia clínica, que forma parte de la etapa de preparación del estudio, es una parte vital del estudio de PET/CT ya que ayuda a dar contexto clínico a las imágenes que se obtienen y tener mayor certeza de las captaciones benignas que se observan.

Capítulo VII. Recomendaciones

La tecnología del estudio de PET/CT es un área de la imagenología nueva en nuestro país, por lo tanto, tiene un ámbito de investigación aún muy amplio. Esta investigación es la primera que se realiza a nivel nacional y tiene muchos aspectos que se consideran de interés para futuras investigaciones, para el centro médico y para la institución universitaria que imparte la carrera del Imagenología Diagnóstica y Terapéutica.

7.1 Recomendaciones para futuras investigaciones

Sería de interés para futuras investigaciones incluir otras captaciones benignas que no se incluyeron en esta investigación, mostrar otras características distintas y poder relacionarlas con otros factores que se considere que propicien su aparición en las imágenes, incluso poder abordar el tema desde un punto de vista más estadístico que el planteado en la presente investigación.

En la presente investigación se realizó una separación de rangos de medidas SUV muy amplias, se recomienda para futuras investigaciones realizar una segmentación en rangos más pequeños con el fin de poder estudiar y caracterizar mejor las captaciones, de esta manera poder realizar un análisis más específico en cuanto a este aspecto.

También sería de interés analizar más específicamente aspectos como la zona climática de procedencia de la persona usuaria, indagando de manera más profunda las condiciones climáticas que permitan definir la influencia de esta variable en la aparición de la grasa parda. Del mismo modo, investigar más a fondo sobre antecedentes clínicos de la persona usuaria con respecto a procesos infecciosos y su relación con los ganglios inflamatorios.

7.2 Recomendaciones para el centro de Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada

Se recomienda al centro de Imágenes Médicas ahondar más en la etiología de las formaciones ganglionares encontradas e indagar más sobre procesos infecciosos o inflamatorios que podrían ocasionar estas formaciones, esto debido al alto porcentaje de

personas usuarias con linfoma que son atendidas en el centro. De esta manera poder tener más claro si lo que se observa corresponde a un hallazgo benigno o maligno.

En este mismo sentido, es importante orientar la historia clínica hacia procesos inflamatorios e infecciosos que puedan generar captaciones benignas en las imágenes, para esto se debe incluir un apartado más específico para evaluar, por ejemplo, patologías de articulaciones o procesos infecciosos de vías aéreas, dermatológicos, urológicos, entre otros. También se considera valioso conocer por escrito la condición de ayuno de la persona usuaria y la última vez que realizó actividad física.

Otro aspecto que se recomienda como parte de la preparación para la realización del estudio, consiste en brindar charlas previas al estudio una vez que se asigne la cita para que la persona usuaria comprenda la importancia de la preparación y cómo la falta de ésta puede influir en las imágenes que se obtienen y, por ende, el resultado del estudio. En esta charla se podría incluir la recomendación de que las personas que provienen de lejos se trasladen desde el día anterior, con la finalidad de evitar estrés físico y mental por el viaje que pudieran activar la grasa parda y se de activación de la captación en músculos.

Las charlas previas son importantes para identificar particularidades o situaciones no contempladas por el centro o esta investigación y que pudieran afectar la preparación requerida del estudio e incluso afectar la realización del mismo. Las charlas además de ser educativas son espacios de intercambio con las personas usuarias a través de los cuales se puede obtener información valiosa e incluso prever situaciones. Las charlas pudieran programarse para ser grupales de manera presencial o virtual.

A parte de la información brindada en la charla, se puede entregar un folleto con toda esta información más resumida y comprensible. O crear un video informativo, donde se incluya toda la información necesaria de manera clara y concisa, el cual se puede compartir con las y los usuarios por algún medio electrónico. De esta manera si olvidan algún detalle de la charla informativa, pueden regresar al video y obtener mayor claridad.

Además de la recomendación anterior, se considera aconsejable dar un seguimiento de la preparación de la persona usuaria, ya que únicamente se entrega la información en el preparativo en la etapa de asignación de la cita, sin embargo, es importante monitorear,

mediante algún medio de comunicación, que la persona usuaria esté siguiendo el preparativo como está estipulado en el instructivo.

Se recomienda brindar información sobre el preparativo del estudio y su importancia a los médicos tratantes y referentes, ya que este personal médico juega un papel fundamental en el seguimiento de la enfermedad de las personas usuarias. Además, enfatizar a los médicos la importancia de aportar datos relevantes e historias clínicas completas que permitan confirmar si la persona usuaria es candidata al estudio y también que aporten la información necesaria para que el personal médico del centro de imágenes pueda confeccionar una historia clínica más completa.

El día del estudio cuando las y los pacientes hacen una entrevista con el personal médico general, es recomendable sea este quien se encargue de actualizar el expediente médico digital y que se estandarice la información brindada siguiendo el machote de preguntas, así se mantendrá el expediente completo y actualizado.

Se recomienda al centro plantear una forma de indagar si la persona usuaria acató o no las indicaciones de permanecer en ambientes calientes y debidamente abrigada o abrigado los días previos al estudio, lo cual se considera uno de los principales causantes de captaciones benignas por grasa parda.

Así mismo, es recomendable que el personal de imagenología se encargue de dar capacitaciones a todo su personal, incluido el personal de servicio al cliente, sobre el proceso que conlleva la realización del estudio de PET/ CT. Ya que, en el caso del personal de servicio al cliente, son los encargados de agendar las citas y solicitar algunos datos a las personas usuarias y en este paso podrían generarse dudas, las cuales podrían aclararse con mayor facilidad al contar con un adecuado conocimiento del proceso que implica. En esta misma línea se sugiere tomar en consideración disponer del personal de imagenología para llevar a cabo estas funciones.

Por otro lado, es recomendable se plantee dentro del centro un protocolo para agendar y educar a las personas diabéticas, de manera que las citas de estas personas sean las primeras del día, y así evitar posibles fluctuaciones del nivel de glucosa.

Se le recomienda al centro médico involucrar más el personal de imagenología en las fases de preparación de las personas usuarias, de modo que puedan aportar mayor información sobre las causas y consecuencias de las captaciones benignas en las imágenes, además de resolver de manera más eficiente las consultas de las personas usuarias sobre el preparativo.

Por último, otra observación que se realiza al centro consiste en tener un procedimiento más estricto para valorar si la persona usuaria cumple o no las condiciones para la realización del estudio, ya que según el OIEA (2021), un médico experto en medicina nuclear debe revisar las referencias médicas y dar su autorización para la realización del estudio. Al incluir este paso en el proceso se contribuiría con un mayor aporte de información para una elaboración más completa de la historia clínica.

7.3 Recomendaciones a la institución universitaria que imparte la carrera de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica

En cuanto a las recomendaciones para la institución universitaria que imparte la carrera de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica se sugiere fomentar en las y los estudiantes, la investigación de temas que son novedosos en el campo de la imagenología. La tecnología en el ámbito médico avanza cada vez más rápido, por esto es importante impulsar la educación en estos temas y mantener a los y las estudiantes en constante actualización.

También se considera que se debe incentivar el desarrollo de estos temas a lo largo de la formación académica de los y las estudiantes para tener mejores bases y conocimientos con los cuales desarrollar a futuro temas de investigación novedosos. El desarrollo de investigaciones más actuales contribuye a la formación de profesionales de excelencia y al avance de la carrera.

VII. Bibliografía

- Agudo Martínez, A., Gómez Perales, J., & Tirado, J. (2012, mayo 4). *Alabismn Journal*. From <http://www.alasbimnjournal.net/contenidos/alteraciones-en-la-biodistribucion-de-los-radiofarmacos-causadas-por-interacciones-medicamentosas-65>
- Asociación Linfoma Mieloma y Leucemia. (2022, Abril 16). *Información sobre el sistema linfático*. From Asociación Linfoma Mieloma y Leucemia: <http://www.aeal.es/diamundial2009/docs/Informaci%C3%B3n%20sobre%20el%20sistema%20linf%C3%A1tico.pdf>
- Ávila, M., & Alva, H. (2010, Septiembre 21). *Radiofármacos para PET, una nueva perspectiva de la medicina nuclear molecular en México*. From <https://www.medigraphic.com/pdfs/residente/rr-2010/rr103c.pdf>
- Brujinen, S., Van Der Weijden, M., Klein, J., Hoekstra, O., Boellard, R., Van Denderen, C., . . . Van Der Laken, C. (2012). Formación de tejido óseo en vez de inflamación refleja actividad en PET/CT en espondilitis anquilosante. *Artritis: investigación y terapia*, 1-9.
- Castrejón, V., Carbó, R., & Martínez, M. (2007, Mayo 8). *Medigraphic*. From *Revistas Biomédicas*: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2007/reb072b.pdf>
- Chain, Y., & Illanes, L. (2015). *Radiofármacos en medicina nuclear*. Mar de Plata: Editorial de la Universidad de La Plata.
- Climate-Data. (2022, junio 04). *Climate-Data.org*. From <https://es.climate-data.org/info/sources/>
- Cohade, C., Osman, M., Pannu, H., & Wahl, R. (2003). Captación en la grasa supraclavicular: Descripción en 18F-FDG PET/CT. *The Journal of Nuclear Medicine*, 170-176.
- Colmener R., L. F., Bastianello, M., Quintero, F. M., & Estrada, E. (2010). Conceptualizando: PET/CT. La imagen molecular vs. metabólica con PET-FDG y los cambios imagenológicos de tipo benigno. *Alabismn Journal*, 1-13.
- Cook, G., Wegner, E., & Fogelman, I. (2044). Errores y artefactos en imagen oncológica de 18FDG PET y PET/CT. *Seminars in Nuclear Medicine*, 122-133.
- Costelloe, C., Murphy, W., & Chasen, B. (2009). Errores musculo-esqueléticos en PET-CT 18F-FDG: revisión pictórica. *AJR Integrative Imaging*, 1-13.
- Cronin, C., Prakash, P., Daniels, G., Boland, G., Kalra, M., Harpne, E., . . . Blake, M. (2012). Grasa parda en el PET/CT: Correlación con las características de los pacientes. *Radiology*, 836-842.
- Cypess, A., Lehman, S., Williams, G., Tal, I., Rodman, D., Goldfine, A., . . . Kahn, R. (2009). Identificación e importancia de grasa parda en humanos adultos. *N Engl J Med*, 1-12.
- Díaz, A. L. (2014, Enero). PET/CT: una apuesta por una tecnología joven, revolucionaria y dinámica. *Acta Médica*, 15(1).

- Estrada Sánchez, G., Altamirano Ley, J., & Ochoa Carrillo, F. J. (2007). Captaciones fisiológicas y variantes normales en el estudio de PET/CT con 18FDG. *Cirugía y Cirujanos*, 491-497.
- García Gómez, J., Alva, L. F., García Reyna, J. C., Ortega, N., Espinoza, V., & Arias, G. (2013). Caracterización de cadenas ganglionares por US y PET-CT. *Revista de Investigación Médica Sur*, 136-145.
- Gil Martínez, E. M., Mohedano Ferrer, B., López Ramírez, M. A., González Cabezas, P., Durán Barquero, C., & Moya García, F. (2007, Enero). Captación fisiológica y no maligna de 18 FDG en estudio PET de cuerpo completo. *Alabismn Journal*, 9(35).
- González Acosta, O. D., & Abel Encarnación, T. M. (2020). *Eficacia del uso de PET/CT 18F-FDG en la respuesta al tratamiento y recidiva tumoral en el Centro de Radiología Especializada*. Tesis doctoral, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Facultad de Ciencias de la Salud, República Dominicana.
- Hervás, I., & Martí, J. F. (2005, Mayo 12). *Sociedad Española de Inofrmática de la Salud*. From Monográfico Radiología Digital: <http://www.conganat.org/SEIS/is/is45/>
- Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada. (2020). *Instructivo PET/CT*. San José: Imágenes Médicas Dr. Chavarría Estrada.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2015). *Total de defunciones por grupos especiales de edades, según grandes grupos de causa de muerte*. Estadística demográfica, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Departamento de Estadísticas Continuas, San Jose.
- Jackson, R., Thomas, S., Hubble, W., & Osman, M. (2006). Prevalencia y patrones de captaciones musculares fisiológicas detectadas en estudios de cuerpo completo de 18F-FDG PET. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, 29-33.
- Jiménez Alpízar, A. C. (2020, Abril 20). PET/CT: captaciones benignas. (M. F. Hidalgo, Interviewer)
- Karunanithi, S., Soundararajan, R., Sharma, P., Naswa, N., Bal, C., & Kumar, R. (2014). Spectrum of physiologic and pathologic skeletal muscle 18F-FDG uptake on PET/CT. *AJR*, 141-149.
- Kinahan, P., & Fletcher, J. (2010). Sci-Hub. *Seminar in Ultrasound, CT and MRI*, 496-505.
- Kostakoglu, L., & Ruth Hardoff, R. M. (2005, Setiembre-Octubre). PET-CT Fusion Imaging in Differentiating Physiologic from Pathologic FDG Uptake. *RadioGraphics*, 24(5).
- Ladrón De Guevara, D. (2015). Utilidad clínica oncológica y no oncológica del PET/CT. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 78-87.
- Lam, M., Burke, C., & Walter, W. (2021). Correlación de la captación del 18F-FDG PET/CT con la severidad de hallazgos por RM y sitios de inyecciones epidurales de esteroides con enfermedad sintomática degenerativa de la columna lumbar: un estudio retrospectivo. *Diagn Interv Radiol*, 580-586.
- Martínez-Villaseñor, D., & Gerson-Cwilich, R. (2006, Julio-Agosto). La tomografía por emisión de positrones (PET/CT). Utilidad en oncología. *Cirugía y Cirujanos*, 74(4).
- Ministerio de Salud de Costa Rica. (2018, Mayo 01). *Ministerio de Salud de Costa Rica*. From www.ministeriodesalud.go.cr
- Nuñez, M. (2008). Retrieved Abril 20, 2019 from ALASBIMN: www.alasbimn.net

- Oliva González, J., Martínez Ramírez, A., & Paul Baum, R. (2017, Julio 01). *SciELO*. From http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-084X2017000200003
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2021). *QUANUM 3.0: Una herramienta actualizada para las auditorías en Medicina Nuclear*. Vienna: Salud Humana OEIA.
- Purandare, N., Puranik, A., Shah, S., Agrawal, A., & Rangarajan, V. (2014). Apariencias, errores y patrones post tratamiento de fallo de imágenes de FDG PET/CT. *Indian Journal of Nuclear Medicine*, 151-157.
- Quirós, A. R. (2015-2016, Octubre-Marzo). Radiofármaco [18F]-FDG: Un aporte novedoso para el diagnóstico de cáncer en el país. *Revista Médica de la Universidad de Costa Rica*, 9(2).
- Rahman, T., Wale, D., Viglianti, B., Townsend, D., Manganaro, M., Gross, M., . . . Rubello, D. (2019). El impacto de infección e inflamación en imágenes de 18F-FDG PET/CT. *Elsevier*, 1-9.
- Retamal, A., Schiappacasse, G. C., Pérez, L. A., & Schild, I. (2017). PET/CT: Técnica, consideraciones e indicaciones en el estudio oncológico de pacientes pediátricos. *Revista Chilena de Pediatría*, 803-811.
- Roldán-Valadez, E., Vega-González, I., Valdivieso-Cárdenas, G., Rumoroso-García, A., Morales-Santillán, O., & Osorio-Cardiel, L. (2007, Agosto). Conceptos básicos de 18F-FDG PET/CT. Definición y variantes normales. *Gaceta Médica de México*, 144(2).
- Suárez, J., Maldonado, A., Domínguez, M., Serna, J., Kostvinseva, O., Ordovás, A., . . . Alfonso, J. (2004, Julio 17). *SciELO*. From <http://scielo.isciii.es/pdf/onco/v27n8/02.pdf>
- Subocz, E., Halka, J., & Dziuk, M. (2016). Rol del FDG-PET en linfoma Hodgkin. *Contemporary Oncology*, 104-114.
- Tjeerd, A., Wouter, V., Cees, H., & Renato, V. O. (2010). Prevention of brown adipose tissue activation in 18-F-FDG PET/CT of breast cancer patients receiving neoadjuvant systemic therapy. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, 24-27.
- Truong, M., Erasmus, J., Munden, R., Marom, E., Saboff, B., Gladish, G., . . . Macapinlac, H. (2004). Captación focal de FDG en mediastino simulando malignidad. *American Journal of Radiology*, 1127-1132.
- Ulaner, G. (2018). *Fundamentals of Oncologic PET/CT* (Primera ed.). (M. Reid, Ed.) Filadelfia: Elsevier.
- Vega, I., Graef, A., García, J. C., & Ornelas, M. (2005). Nuevas modalidades de imagen: PET-CT. *Médica Sur*, 11-25.
- Viglianti, B., Wong, K. K., Gross, M., & Wale, D. (2018). Common Pitfalls in Oncologic FDG PET/CT Imaging. *Journal of the American Osteopathic College of Radiology*, 5-17.

VIII. Anexos

Anexo 1. Ficha de selección de la población

Código asignado: _____		
Datos generales		
Expediente disponible: ____ Sí ____ No	Fecha del estudio:	Patología reportada:
Verificación de información contenida en el expediente		
<i>Información contenida</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>
Mayor de 18 años	()	()
Valor de glicemia inicial	()	()
Peso	()	()
Expediente clínico disponible	()	()
Historia clínica completa	()	()
Reporte médico disponible	()	()
Indicación del estudio disponible	()	()
Dosis de inyección	()	()
Estudio adquirido en protocolo estándar	()	()
Tiempos de adquisición de las imágenes	()	()
Imágenes con movimiento	()	()
Persona usuaria sufrió extravasación	()	()
Actividad administrada igual o mayor a 0.10 mCi/kg.	()	()
Se incluye en la investigación: ____ Sí ____ No		
Captaciones benignas		
<i>Captación observada</i>	<i>Sí</i>	<i>No</i>
Actividad muscular	()	()
Ganglios inflamatorios	()	()
Inflamación articulaciones	()	()
Grasa parda	()	()

Fuente: elaboración propia, 2020.

Anexo 3. Ficha de recolección de datos del expediente clínico

Código asignado					
Tipo de captación benigna	Actividad muscular				
	Ganglios inflamatorios				
	Grasa parda				
	Inflamación articulaciones				
Edad	18 y 40				
	41 y 65				
	Más de 65				
Sexo	Femenino				
	Masculino				
Clima de la zona de procedencia	Clima caliente				
	Clima templado				
	Clima frío				
Área geográfica de procedencia	Dentro del GAM				
	Fuera del GAM				
	Extranjero				
Ayuno	Menos de 6 horas				
	Más de 6 horas				
Nivel de glicemia	150 mg/dl o menos				
	Más de 150 mg/dl				
Índice de masa corporal	Menor a 20				
	20-30				
	Mayor a 30				
Trauma	No asocia trauma				
	Presentó trauma en las dos semanas previas al estudio				
Fracturas previas	Fracturas				
	No fracturas				
Actividad física	No realizó actividad física 2 días previos al estudio				

	Realizó actividad física en los 2 días previos al estudio				
Procesos infecciosos	No presentó procesos infecciosos 2 semanas previas al estudio				
	Presentó procesos infecciosos 2 semanas previas al estudio				
Quimioterapia	Recibió hace menos de 1 mes				
	Recibió hace más de 1 mes y menos de 3 meses				
	Recibió hace más de 3 meses				
Radioterapia	Recibió hace menos de 1 mes				
	Recibió hace más de 1 mes y menos de 3 meses				
	Recibió hace más de 3 meses				
Cirugías	Tuvo cirugía hace menos de 1 mes				
	Tuvo cirugía hace más de 1 mes y menos de 3 meses				
	Tuvo cirugía hace más de 3 meses				
Biopsias	Tuvo biopsia hace menos de 1 semana				
	Tuvo biopsia hace más de 1 semana y menos de 1 mes				
	Tuvo biopsia hace más de 1 mes				

Fuente: elaboración propia, 2021.

Anexo 4. Matriz de análisis de captaciones benignas y protocolo del centro médico

Tipo de captación benigna Hallada: _____				
Etapa del protocolo	Análisis de la relación con el protocolo	Grado de Relación del protocolo con la aparición de la captación benigna		
Asignación de la cita		Bajo	Medio	Alta
Preparación de estudio		Bajo	Medio	Alta
Administración de radiofármaco		Bajo	Medio	Alta
Tiempo de espera Post Inyección		Bajo	Medio	Alta
Adquisición del estudio		Bajo	Medio	Alta
Procesamiento de las imágenes		Bajo	Medio	Alta

Fuente: elaboración propia, 2021