



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMÉDICAS Y TECNOLÓGICAS
TÉCNICO SUPERIOR UNIVERSITARIO
EN IMAGENOLÓGÍA**



**PROTOCOLOS DE PROCEDIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE
TOMOGRFÍA DE EMISIÓN DE POSITRONES Y TOMOGRFÍA
COMPUTARIZADA EN PACIENTES ONCOLÓGICOS**

AUTORES:

Guanipa, Samuel
Linares, Aliana
Quiñonez, Eli
Rivas, Marievilys

TUTOR ESPECIALISTA:

M.D Milagros Gómez

NAGUANAGUA, MAYO 2016



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMÉDICAS Y TECNOLÓGICAS
TÉCNICO SUPERIOR UNIVERSITARIO
EN IMAGENOLÓGÍA



CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, **Profesora Maira Leal y Profesora Maria Ludert**, hacemos constar que una vez obtenidas las evaluaciones del tutor, jurado evaluador del trabajo en presentación escrita y jurado de la presentación oral del trabajo final de grado titulado: **PROTOCOLOS DE PROCEDIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE TOMOGRAFÍA DE EMISIÓN DE POSITRONES Y TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA EN PACIENTES ONCOLÓGICOS** cuyos autores son los bachilleres, Guanipa Samuel, Linares Aliana, Quiñonez Eli, Rivas Marievilys. Presentado como requisito para obtener el título de Técnico Superior Universitario en Imagenología, el mismo se considera APROBADO.

En Naguanagua a los 19 días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.

Sello.

Profesora: Maira Leal

Profesora: Maria Ludert



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMÉDICAS Y TECNOLÓGICAS
TÉCNICO SUPERIOR UNIVERSITARIO
EN IMAGENOLÓGÍA**



CONSTANCIA DE ENTREGA

La presente es con la finalidad de hacer constar que el Informe Monográfico titulado:

**PROTOCOLOS DE PROCEDIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE
TOMOGRAFÍA DE EMISIÓN DE POSITRONES Y TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA EN PACIENTES ONCOLÓGICOS**

Presentado por los bachilleres:

**GUANIPA, SAMUEL CI 25.536.696
LINARES, ALIANA CI 21.476.111
QUÍÑONEZ, ELI CI 23.411.404
RIVAS, MARIEVILYS CI 24.548.612**

Fue leído y se considera apto para su presentación desde el punto de vista metodológico, por lo que tienen el derecho de hacer la presentación final de su INFORME MONOGRAFICO. Sin más que hacer referencia se firma a petición de la parte interesada a los ____ días del mes de Mayo del año 2016.

Nombre del tutor:

**M.D Milagros Gómez
CI 14.677.775**

Firma



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMÉDICAS Y TECNOLÓGICAS
TÉCNICO SUPERIOR UNIVERSITARIO
EN IMAGENOLOGÍA



PROTOCOLOS DE PROCEDIMIENTOS PARA EL ESTUDIO DE
TOMOGRAFÍA DE EMISIÓN DE POSITRONES Y TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA EN PACIENTES ONCOLÓGICOS

AUTORES:

Guanipa, Samuel

Linares, Aliana

Quiñonez, Eli

Rivas, Marievilys

TUTOR ESPECIALISTA:

M.D Milagros Gómez

Año: 2016

RESUMEN

Para el diagnóstico, pronóstico y seguimiento de pacientes oncológicos se emplea la técnica híbrida de Tomografía por Emisión de Positrones y Tomografía Computarizada (PET CT por sus siglas en inglés) la cual utiliza frecuentemente el radiofármaco ^{18}F -FDG en el área de la oncología. El presente trabajo de investigación, consiste en la descripción del equipo híbrido PET CT, la comparación con otras modalidades de diagnóstico en oncología y dar a conocer el rol del Técnico en Imagenología dentro de los Servicios de Medicina Nuclear, para analizar la importancia de establecer los protocolos técnicos en el país. La iniciativa surge de la necesidad de llegar a un consenso a nivel nacional y obtener un conjunto de pasos que delimiten, unifiquen y estandaricen las funciones del Técnico para la realización de los procedimientos. Siendo un punto clave para el progreso del T.S.U en Imagenología en referencia a esta nueva técnica. La investigación fue realizada bajo un diseño de tipo documental, se recolectó información de diversas fuentes escritas y se realizó una entrevista a especialistas en el área. De esta forma se pretende dar a conocer el procedimiento correcto de esta modalidad, ofreciendo a los Técnicos en Imagenología una visión general de las condiciones de trabajo actuales en el área de Medicina Nuclear.

Palabras claves: Tomografía por Emisión de Positrones, Tomografía Computarizada, Equipo Híbrido, Protocolos, Ciclotrón.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMÉDICAS Y TECNOLÓGICAS
TÉCNICO SUPERIOR UNIVERSITARIO
EN IMAGENOLÓGÍA**



**PROTOCOLS OF PROCEDURES FOR THE STUDY OF POSITRON
EMISSION TOMOGRAPHY AND COMPUTERIZED TOMOGRAPHY IN
CANCER PATIENTS**

AUTORES:

Guanipa, Samuel

Linares, Aliana

Quiñonez, Eli

Rivas, Marievilys

TUTOR ESPECIALISTA:

M.D Milagros Gómez

Año: 2016

ABSTRACT

For diagnosis, prognosis and monitoring of cancer patients hybrid technique is used Positron Emission Tomography and Computed Tomography (PET CT for its acronym in English) which frequently uses the radiopharmaceutical ^{18}F -FDG in the area of oncology. This research work is the description of hybrid PET CT, comparison with other diagnostic modalities in oncology and publicize the role of Technician Imaging in the Nuclear Medicine to analyze the importance of the technical protocols in the country. The initiative arises from the need to reach a national consensus and get a set of steps to demarcate, unify and standardize technical functions to perform the procedures. It is a key to progress in Imaging T.S.U referring to this new technique point. The research was conducted under a documentary design, information from various written sources was collected and an interview was conducted with specialists in the area. In this way it seeks to highlight the correct procedure of this kind, offering Imaging Technicians an overview of current working conditions in the area of Nuclear Medicine.

Keywords: Positron Emission Tomography, Computed Tomography, Equipment Hybrid, Protocols, Cyclotron.

ÍNDICE

Introducción.....	7
Equipo Híbrido de PET CT.....	12
Utilidad del PET CT en comparación al PET Y CT como técnicas individuales.....	16
Procedimientos técnicos de PET CT en pacientes oncológicos.....	18
Conclusión.....	22
Recomendaciones.....	23
Referencias.....	24

INTRODUCCIÓN

El técnico en imagenología desempeña un rol muy importante dentro del equipo de trabajo en el área de la salud; en la mayoría los casos en que un paciente llega a un centro de salud y se realiza algún tipo de estudio por imagen previo a la revisión del especialista, es atendido por un técnico radiólogo o imagenólogo y por esta razón se hace necesario e importante que el técnico conozca los protocolos de trabajo para la realización de los diferentes estudios y se establezca a ciencia cierta y claramente las responsabilidades y limitaciones según el grado de preparación que tenga.

En el área de oncología se cuentan con diferentes técnicas por imagen que requieren de un cuidadoso cumplimiento de pautas y protocolos a seguir para la obtención de imágenes de calidad y con la optimización de la exposición a las radiaciones ionizantes de los pacientes, imágenes útiles para el diagnóstico clínico y decisiones terapéuticas, una de las técnicas utilizadas en el área oncológica es la combinación de la Tomografía por Emisión de Positrones con la Tomografía Computarizada (PET CT por sus siglas en inglés) la cual es una técnica que fusiona imágenes de atenuación de rayos X, en conjunto con imágenes creadas a través de la captación de radiación que proviene del paciente al que se la ha suministrado un radiofármaco previamente; que sirven de referencia anatómica y funcional en un solo estudio.

El conjunto de pasos a seguir por el técnico en imagenología en la mayoría de los estudios está delimitado en un protocolo de procedimientos, en el caso del PET CT se han establecido protocolos internacionales para la realización del estudio, sin embargo a nivel nacional es necesario estandarizar las prácticas individuales del técnico encargado de proporcionar en primera instancia imágenes de calidad que sean de utilidad para el equipo médico.

Es por todo lo antes expuesto que el objetivo general de esta investigación es analizar la importancia de establecer protocolos de procedimientos técnicos a seguir por el profesional en imagenología al emplear la técnica híbrida de Tomografía de Emisión de Positrones y Tomografía Computarizada en pacientes Oncológicos en la

República Bolivariana de Venezuela. Se han establecidos tres objetivos específicos que tienen como finalidad el cumplimiento del propósito general de la investigación; Describir el equipo híbrido y los equipos disponibles en Venezuela. Comparar la utilidad del PET CT en relación con PET o CT (dependiendo del caso) como técnicas individuales de estudios por imagen utilizados en oncología. Y Explicar los procedimientos técnicos correspondientes para la correcta realización de estudios de PET CT en pacientes oncológicos, y los procedimientos técnicos adaptados a la realidad de los Servicios de Medicina Nuclear en Venezuela.

La presente investigación reconoce la importancia y la responsabilidad atribuida al técnico en imagenología dentro del equipo multidisciplinario en el área de la Oncología, y la situación actual del país con respecto a los protocolos. Con esta acción se tiene la expectativa de mejorar el desempeño laboral del técnico que se iniciará en el campo de la medicina nuclear. Desde este punto de vista, la realización de protocolos representa un aporte primordial que desarrolla y fortalece las destrezas del personal capacitado como técnico imagenólogo en la utilización de la técnica híbrida. Asimismo, la investigación responde a las necesidades de fortalecimiento y desarrollo de la Medicina Nuclear en la República Bolivariana de Venezuela, contribuyendo potencialmente en elevar la eficiencia del personal involucrado en dicha área, por medio de la esquematización de los procedimientos a realizar antes, durante y después del estudio.

Este trabajo se encuentra enmarcado en diseño bibliográfico, basado en la recolección y análisis de los datos seleccionados, que se consideraron útiles para la misma. Para el desarrollo de esta investigación fue necesario utilizar herramientas que permitieron recolectar el mayor número de información necesaria. Por la naturaleza del estudio se requirió la recopilación documental, que se trata del acopio de los antecedentes relacionados con la investigación. Para tal fin se consultaron documentos escritos, formales como libros, revistas médicas, páginas webs verificadas, e informales que tuvieron su origen en conversaciones con especialistas en el área en el Hospital Universitario de Caracas.

El equipo híbrido de Tomografía por Emisión de Positrones y Tomografía Computarizada combina un tomógrafo de alta calidad, utilizando equipos especiales de Rayos X, para emitir radiación ionizante que atraviesa el cuerpo del paciente, y posterior a ello producir imágenes de las estructuras anatómicas del interior del cuerpo humano, en conjunto con un estudio de PET, el cual consiste en la administración de un radiofármaco que se acumula en el órgano específico del área del cuerpo a examinar, produciendo emisiones radioactivas, que son detectadas por la cámara PET y proporciona información molecular detallada, formando parte de la subespecialidad médica denominada Medicina Nuclear. Al combinar las dos tecnologías en un solo equipo se obtiene de forma rápida, precisa y certera información metabólica y anatómica de los órganos y sistemas del cuerpo humano de interés en la práctica clínica.¹

Parte importante de un estudio de PET CT es la selección y uso de radiofármacos, el cual es una droga que contiene material radioactivo llamado radioisótopo, este se administra al paciente generalmente por vía endovenosa u oral, o posicionándolo en una cavidad específica del cuerpo.² Es de hacer notar que para la fabricación y desarrollo de un radiofármaco emisor de Positrón es necesario contar con la tecnología de un Ciclotrón o Mini Ciclotrón. El cual se considera una cámara de alto vacío y se clasifican en función del tipo de partícula utilizada, la energía a la que estas partículas son aceleradas, su estructura y a su aislamiento.³

Teniendo muy en cuenta la complejidad del sistema, es importante regirse por protocolos o manuales de procedimientos tomando en cuenta que estos son un tipo de documento en el cual se encuentra detallado paso a paso los modos a seguir para llevar a cabo determinada tarea; en el caso de los técnicos en imagenología son la base fundamental para el correcto desarrollo de sus funciones, aunado a la experticia adecuada al área en que se desempeña y al manejo eficaz de los equipos. En este sentido, en cuanto a PET CT se han establecido protocolos aprobados internacionalmente por parte de distintas organizaciones en el ámbito mundial, entre los cuales destacan el Colegio Americano de Radiología (ACR), la Sociedad de Medicina Nuclear e Imagenología Molecular (SNMMI), la Asociación Europea de

Medicina Nuclear (EANM) y la Asociación Latinoamericana de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear (ALASBIMN).

Los protocolos internacionales para procedimientos de PET CT en Oncología presentan información detallada de cada paso a realizar durante el procedimiento, son de especial utilidad para el técnico en imagenología ya que abarcan pautas determinantes y explican en detalle procesos que no deben ser olvidados al realizar el examen. Así como las instrucciones que deben darse al paciente antes, durante y luego del examen. Aun así dichos protocolos pueden presentar variantes, que dependen del caso, del médico tratante, e incluso pueden variar dependiendo de la realidad local del país donde se realice el examen.

En el caso de la República Bolivariana de Venezuela la tecnología PET CT, es establecida aproximadamente en el año 2003 y está especialmente utilizado para el diagnóstico oncológico⁴; contando en el país con un ciclotrón Mini Trace de la compañía General Electric, el cual produce el isótopo ¹⁸F, fluoruro de sodio (NaF) y fluorodesoxiglucosa (FDG) marcadores emisores de positrones para el uso PET. ⁵ El uso de un único mini Ciclotrón también influye considerablemente en el procedimiento de la realización del estudio, sobre todo en lo concerniente a la vida útil del radiofármaco.

En la actualidad los esfuerzos realizados por las Universidades Nacionales y Privadas en la formación de nuevos profesionales técnicamente adecuados a los cambios tecnológicos, mundiales y acordes con las necesidades de los pacientes, han sido reconocidos por una parte en el aumento de la oferta de carreras técnicas y por otra la exigencia gubernamental a través de las Normas Venezolanas COVENIN para establecer las buenas prácticas en el uso médico de las radiaciones ionizantes en Medicina Nuclear, donde se exige a cada Servicio de Medicina Nuclear, realizar Manuales de Procedimientos específicos para cada uno de los protocolos técnicos internacionalmente aceptados y adaptarlos a la realidad técnica local.

Al ser el PET CT una técnica relativamente nueva en el país los protocolos que se manejan son basados en los protocolos internacionalmente aceptados, sin embargo actualmente en Venezuela no se ha llegado a un consenso nacional para el protocolo

técnico de PET CT que especifique detalladamente los pasos a seguir por el técnico imagenólogo que se está iniciando en esta área en el país.

De acuerdo a ello en el año 2014 se realizó un estudio cuyo propósito se basó en englobar los distintos protocolos internacionalmente propuestos en la utilización de PET CT en el área de oncología, para presentar un protocolo que pueda ser fácilmente integrado a la práctica clínica, resumiendo los datos existentes.⁶ En un diseño de tipo explicativo, basado en investigaciones de campo realizadas anteriormente. El cual tuvo como resultado un protocolo estandarizado que puede ser adaptado a distintas prácticas clínicas. Por lo cual guarda estrecha relación con la presente investigación y representa la base, en cuanto a protocolo de procedimientos se refiere, para analizar la importancia de adaptar dichos protocolos internacionales a la realidad local de la República Bolivariana de Venezuela.

En el año 2013 se presentó una investigación la cual tuvo como propósito ofrecer una visión amplia del proceso de PET CT en su aplicación en oncología, abarcando diferentes matices de dicho proceso, resaltando la importancia del mismo en el área de oncología, el procedimiento en sí mismo del estudio, las precauciones para con el paciente y el uso de diferentes radiofármacos. Su diseño es teórico, basado en el consenso de un grupo de profesionales especializados en el área.⁷

Dicha publicación tiene como resultado un aporte sustancial para el desarrollo de los profesionales involucrados en el área de la medicina nuclear aplicada a la oncología. Esta publicación se relaciona con la presente investigación ya que presenta los distintos matices en los cuales el uso de PET CT se ha convertido en un factor fundamental en la oncología. Lo cual le da un carácter relevante a el propósito de analizar la importancia de establecer protocolos adaptados a la realidad local, así como de presentar un compendio de diferentes tipos de neoplasias malignas en las cual el valor predictivo, la especificidad y la sensibilidad son mayores que en otras técnicas utilizadas en la misma área.

Asimismo en el año 2010 se presenta la “Planificación de un centro clínico de PET” Que tuvo como fin presentar un panorama general de los pasos a seguir para el establecimiento de un centro clínico de PET. El cual aporta información acerca del

equipo y todos sus componentes así también como de los radiofármacos, los requerimientos en cuanto a personal y los requisitos de radioprotección.⁸ De la misma forma que la publicación antes mencionada, esta también es un compendio de diferentes temas expuestos de forma teórica y explicativa por diferentes colaboradores, profesionales en el área.

Al analizar la importancia del establecimiento de protocolos de procedimientos en cualquier área, es obligatorio conocer el campo en el cual se va trabajar, por lo cual la investigación ya mencionada mantiene estrecha relación con esta investigación ya que esta pretende dentro de muchos otros aspectos, dar una visión general acerca de todos los componentes del equipo híbrido de PET CT.

EQUIPO HIBRIDO DE PET CT Y EQUIPOS DISPONIBLES EN VENEZUELA

La Tomografía Computarizada es un proceso en el cual un haz de rayos x se dirige a la zona de estudio del paciente, y la radiación atenuada es medida por un receptor en forma de anillo, dispuesto alrededor del paciente, el cual tras analizar la señal formará imágenes en base al grado de atenuación de los diferentes tejidos. La información que esta técnica proporciona, es información de tipo anatómica.⁹

La Tomografía por Emisión de Positrones por su parte es una técnica, que pertenece a la especialidad de medicina nuclear, en la cual la formación de imágenes se basa en la colisión de un positrón emitido por un radioisótopo y un electrón del medio en el cual este está produciendo la actividad molecular. Este proceso se conoce como aniquilación y da lugar a la producción de dos fotones que viajan en direcciones opuestas y son captados por un anillo de detectores de un escáner PET, que se encuentran alrededor de todo el cuerpo.¹⁰ Dicha técnica proporciona información de procesos a nivel celular y molecular, es decir, información funcional del tejido con el cual interactúa el radiofármaco.

En el PET CT ambas técnicas se complementan, proporcionando información anatómica más precisa, y con un agregado de gran valor como lo es la información

funcional de alguna lesión o un área de interés. En algunos estudios está comprobado que la imagen combinada genera una mejor localización del radiotrazador, mejora la especificidad y reduce los falsos positivos.¹⁰ Lo que en Tomografía Computarizada se veía como una lesión ocupante de espacio, en PET CT se puede aparte de visualizar su aspecto anatómico, evaluar la actividad metabólica de la misma, lo cual es especialmente beneficioso en el área de Oncología

Uno de los componentes fundamentales para el uso de la técnica es un ciclotrón; el cual es un acelerador de partículas cargadas, donde las mismas se mantienen girando en forma de espiral en un campo magnético; en un punto específico de este recorrido se aplica un alto voltaje eléctrico que hace que la partícula se acelere cada vez más, hasta alcanzar una alta cantidad de megaelectronvolt (MeV). Luego este haz de energía se extrae del acelerador y colisiona con un blanco, para causar un cambio en el núcleo de la partícula que transforma en un radionuclido que luego de ser extraído químicamente del blanco se usa para marcar un trazador específico. A pesar de que un ciclotrón requiere de un blindaje especial y de un uso adecuado, es muy seguro ya que trabaja solamente con energía eléctrica.¹¹

Los radiofármacos usados en PET constan de una molécula específica, la cual determina la ruta metabólica, unida a un átomo radiactivo emisor de positrones que permite la detección externa de la biodistribución de este dentro del organismo, y se emplean diferentes tipos de radiofármacos para determinar tratamientos más precisos y/o abordar el manejo terapéutico adecuado en patologías complejas ¹².

Mundialmente en la actualidad se cuenta con diferentes tipos de radiofármacos, y su uso suele variar según la patología que se desee estudiar. La fluorodesoxiglucosa o ¹⁸F-FDG es un análogo de la glucosa y actualmente es el más utilizado para estudios de diagnóstico clínico con PET CT, ya que permite evaluar la actividad glucolítica en las células, en especial en el caso de las neoplasias malignas, ya que tienen un elevado índice de actividad. Se utiliza también en estudios de viabilidad cardíaca y enfermedades neurológicas involucradas con el metabolismo glucolítico. En el caso de la ¹⁸F-Colina (FCH), suele utilizarse para el estudio de cierto tipo de neoplasias malignas que no pueden ser estudiadas con FDG. Se ha demostrado su

utilidad en el cáncer de próstata, en tumores del sistema excretor, en hepatocarcinomas y en tumores del sistema nervioso central.

Asimismo ^{18}F -Fluoruro de sodio (NaF) está valorado en estudios óseos, para la detección de tumores primarios y metástasis predominantemente osteoblásticas. Es un estudio más sensible y específico que el centellograma óseo, detectando lesiones milimétricas junto con la alteración morfológica en la TC, contribuyendo a detectar lesiones óseas no visibles por otros métodos y a diferenciar lesiones malignas y benignas.

Tanto el ^{68}Ga como el ^{18}F DOPA, tienen su principal aplicación en los tumores neuroendocrinos. El Galio se fija específicamente en las células que presentan sobreexpresión de receptores de somatostatina. y ^{18}F -DOPA es un análogo de un aminoácido, y es superior a otro tipo de radiofármacos en el estudio de cáncer de Tiroides y en afecciones como el hiperinsulinismo congénito.¹³

En Venezuela el uso de PET CT está principalmente destinado al área de oncología. El único centro público de medicina nuclear en el país se encuentra en el Hospital Universitario de Caracas, donde cuentan con un equipo PHILIPS GEMINI GXL de 16 cortes, de diseño abierto para proporcionar mayor confort al paciente ansioso o que padece de claustrofobia, y a los pacientes pediátricos. Además cuenta con un sistema de control de dosis que proporciona seguridad para el paciente, así como imágenes de calidad. Y la capacidad de peso de la camilla es hasta 195 kgs.¹⁴

A nivel nacional se cuenta con un ciclotrón Mini Trace de la compañía General Electric, es un acelerador de iones a una energía de 9.6 meV y se opera bajo un programa Solaris en un computador Sum TM Ultra TM. El ciclotrón puede ser adaptado a varios sistemas químicos, para producir gran cantidad de radiofármacos que pueden ser utilizados en PET. Sin embargo por razones de costo-beneficio el único radiofármaco que se produce en el país es el ^{18}F -FDG.¹⁵ El cual debido a su interacción con la glucosa en este tipo de lesiones es el indicado en los estudios de carácter oncológico.

El ^{18}F es utilizado como radionúcleo, y se produce en una primera etapa. Adicional a ello a este ciclotrón se le ha adaptado un laboratorio de elaboración de trazadores

para producción de FDG, el cual es un sistema que en un tiempo estimado de 28 minutos convierte el ^{18}F a ^{18}F -FDG listo para el control de calidad y posterior a ello el uso en los pacientes.¹⁵ Sin embargo el control de dicho proceso es riguroso, por lo cual en el laboratorio se cuenta con licenciados en química para la elaboración y control de la producción del radiofármaco y un físico encargado de la seguridad radiológica.

La ^{18}F -FDG se traslada desde el Centro de Diagnóstico las Mercedes hasta el Hospital Universitario de Caracas, cada día, dependiendo del número de pacientes que estén citados para ese día en específico. Este proceso debe ser cuidadoso y bien planificado, debido al tiempo de desintegración que tiene el radiofármaco, en 110 minutos cumple su primera etapa de desintegración, por lo cual no deja oportunidad para un gran margen de error en el traslado del mismo.

La selección de pacientes en dicho centro de medicina nuclear en muchas ocasiones se torna un tanto difícil para el médico encargado, debido a la gran demanda y la gran necesidad que hay en el país en el área de oncología. Los pacientes son seleccionados según la indicación formal del estudio y el beneficio real de la realización del estudio representará un cambio en la calidad del tratamiento que se les está suministrando o en el diagnóstico temprano de alguna lesión. Se seleccionan los pacientes que según la evaluación médica se consideren aptos para el estudio.

La utilidad del PET CT abarca un campo tan amplio, que prácticamente está presente en todas las etapas que se pueden definir en la evolución de un cáncer como: diagnóstico, estadificación, seguimiento, evaluación temprana de respuesta a terapia, Recurrencia, determinación de sitios de biopsia y planificación de radioterapia. Los beneficios del estudio son amplios, y aunque es considerado en algunos casos un estudio muy costoso, representa en la mayoría de ellos una disminución en los gastos totales de tratamiento. Ya que un paciente diagnosticado a tiempo es un paciente con expectativas de vida mayor. En cuanto a los procedimientos terapéuticos o quirúrgicos, el PET CT representa un factor determinante al escoger el procedimiento a seguir.¹⁶

UTILIDAD DEL PET CT, EN COMPARACIÓN AL PET Y CT COMO TÉCNICAS INDIVIDUALES

Se conocen diferentes tipos de estudios por imagen en la evaluación de neoplasias malignas, algunos por separado arrojan resultados muy beneficiosos, sin embargo el PET CT con ^{18}F -FDG ha demostrado ser superior, en casos específicos, a los métodos convencionales en la detección de un tumor primario, incluso en la planificación de tratamientos y en la evaluación postquirúrgica o los resultados del paciente tras una secuencia de terapias.

Se ha comprobado que cuando PET con FDG no detecta un tumor primario existen muy pocas probabilidades de que sean detectados por medios de otras técnicas. Por lo que una de las limitaciones es que en ocasiones arroja resultados de falsos positivos en localizaciones difíciles de observar, como cabeza y cuello; sin embargo en el caso de PET CT debido a la combinación con FDG y la información anatómica específica se reducen los falsos positivos en este tipo de áreas.

Los beneficios de la técnica híbrida de PET CT sobre otras técnicas no influyen solamente en la adecuada interpretación de los estudios, esta técnica ofrece beneficios aún mayores en la calidad de vida del paciente. Un estudio que resume en sí mismo dos grandes vertientes de vital importancia, como lo son el diagnóstico, y el seguimiento de una enfermedad como el cáncer, es un estudio que sin duda alguna tiene un agregado de valor para la integridad del paciente. Entre ellos los más resaltantes serían, en cuanto al diagnóstico, la detección a tiempo de un foco de metástasis puede ser pronta en comparación a estudios en los que se toma solo la imagen anatómica en un área específica, en PET CT generalmente se hacen estudios a cuerpo completo. Y en cuanto al seguimiento de la enfermedad, los resultados son especialmente alentadores, los cuales pueden ser utilizados para la valoración de los efectos del tratamiento y para adoptar nuevas medidas para el mismo.

La ^{18}F -FDG tras ser inyectada en el cuerpo por vía intravenosa, atraviesa la membrana celular y es almacenada en el interior de las células, debido al incremento de la actividad metabólica de las células malignas se almacena en ellas una cantidad mayor de esta la cual es captada por el escáner PET. Para la medición de la captación

del radiofármaco, se mide el cociente entre la captación media del cuerpo y la captación del lugar de la lesión. ¹⁸

Los usos del PET CT en oncología dependen del sitio donde esté localizada la lesión o donde la ¹⁸F-FDG se haya acumulado en mayor cantidad en relación con el tejido circundante. Para la detección de un tumor primario antes de diagnosticar la enfermedad es útil en: la caracterización de un nódulo pulmonar solitario, en la detección de un tumor de origen desconocido y en la caracterización de una masa pancreática. Para la estadificación del grado de la enfermedad es útil en: tumores de cabeza y cuello, cáncer de pulmón primario, cáncer de mama localmente avanzado, cáncer de esófago, carcinoma de páncreas, cáncer colorrectal, especialmente en las recurrencias, linfoma maligno, y melanoma maligno.

Para la evaluación de la respuesta morfológica o metabólica después de un tratamiento, es útil en: Linfoma maligno y tumores de cabeza y cuello. Mientras que para la valoración de la reaparición de la enfermedad tras su completa desaparición por sospechas clínicas, o elevación de marcadores tumorales es útil en casos de cáncer de mama, colorrectal, de ovarios, de páncreas, de pulmón, de melanoma maligno, linfoma maligno, cáncer de tiroides, tumores de cabeza y cuello, y gliomas de alto grado de malignidad.

La utilidad de la técnica híbrida es notablemente mayor que en estudios individuales, hay factores determinantes para obtener la mayor cantidad de beneficios del estudio, no debe hacerse el estudio sin antes considerar el conjunto de variantes que deben concordar para que el estudio tenga realmente un valor; debe realizarse considerando en primer lugar el sitio de la lesión, de esta forma se procede a escoger la técnica, el radiofármaco y el periodo más beneficioso para realizar el estudio, esto depende siempre de la utilidad que quiera darse al mismo.

PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE PET CT EN PACIENTES ONCOLÓGICOS

Organizaciones internacionales como la ACR, SNMMI, y EANM, se han encargado de estandarizar el proceso mediante el cual se realiza un estudio de PET CT. De esta forma queda ya establecido el conjunto de pasos a seguir, según dichas organizaciones para realizar el estudio, evitando así fallas dentro del desarrollo del mismo que puedan afectar la integridad del grupo de trabajo o del paciente, obteniendo resultados diferentes a los deseados.

Estas organizaciones se encargaron de documentar ciertas recomendaciones que deben tomarse en cuenta para realizar el estudio, como los son las instrucciones dietéticas, las instrucciones de hidratación, actividad física, y el consumo de los medicamentos de los pacientes que van a realizarse el estudio, así como también dedicaron parte de su trabajo a ofrecer instrucciones en cuanto a los niveles de insulina adecuados al momento de inyectar el radiofármaco.

En cuanto a las instrucciones dietéticas del paciente, se recomienda un ayuno completo de alimentos, incluyendo el cese completo de cualquier tipo de alimentación, incluso por sonda, por al menos 6 horas antes de la exploración. Solo está permitido el consumo de agua, sin ningún tipo de saborizantes, al menos 4 horas antes, y luego del estudio hidratación continua para mejorar la excreción. Se prohíbe cualquier tipo de ingesta de azúcares o carbohidratos 6 horas antes, ni café, alcohol, o algún contenido de nicotina 12 horas antes. Así como una dieta alta en proteínas y baja en carbohidratos 24 horas antes del momento del estudio. En cuanto a la actividad física, es recomendable suspenderse 48 horas antes del estudio, o al menos 24 horas, todo tipo de actividad, que requiera correr, andar en bicicleta o algún otro tipo de esfuerzo físico notable. También es recomendable suspender la actividad sexual, y el paciente tampoco debería masticar chicle en las horas previas al estudio.

Todos los medicamentos deben tomarse según las indicaciones, la metformina puede interrumpirse durante 2 días antes del estudio, si hay tumores gastrointestinales para minimizar la absorción gastrointestinal inadvertida. Debe tomarse el control de la glucosa para asegurar los niveles adecuados de glucosa en la sangre de 200 mg/dL.

La hora en que se programen los estudios de los pacientes diabéticos debe ser según la hora en que se le haya aplicado su tratamiento de insulina, En el caso de los pacientes tratados regularmente con insulina deben tomar la cantidad regular a las 6 am. Y su estudio debe ser programado para las 12 o 1 pm. Para los pacientes que recibieron insulina de acción prolongada la noche anterior, deben ser programados para las 7 am. Después del ayuno nocturno. Y en el caso de los pacientes los pacientes con insulina continua, serán programados para las 8 am. Y después del examen tomarán en desayuno.

En cuanto a las condiciones ambientales los pacientes deben evitar la exposición al frío durante 2 días antes del estudio, y evitar el aire acondicionado el día del estudio. En el trayecto hacia la clínica el paciente debe mantener las ventanillas del auto cerradas, y si es un día frío será necesario un calentador. Debe mantenerse abrigado, pantalones largos y suéter de mangas largas. Además de ello de mantenerse en una temperatura cálida y con mantas calientes durante el periodo de captación.⁵

Tomando en consideración que en el Hospital Universitario de Caracas se utilizan los protocolos de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) para PET CT. El protocolo que se describe a continuación consta entonces de los pasos a seguir establecidos por IAEA y está delimitado por las funciones de un técnico en imagenología en el área de medicina nuclear, establecidas por Margarita Núñez en el año 2008 »

En cuanto al paciente, el tecnólogo en primera instancia tiene un compromiso con el paciente, debe comunicarse de forma eficaz con el mismo y en muchas ocasiones también con sus familiares. Antes del examen debe informarle al paciente acerca de la preparación, durante el examen debe posicionarlo y explicarle en qué consiste el procedimiento y luego del examen debe darle indicaciones para que retome más prontamente su rutina.

El Técnico debe indicarle al paciente cuál debe ser su preparación del paciente antes del examen, se le indica al paciente que debe tener entre 4 a 6 horas de ayuno, en el caso de los niños 3 horas de ayuno son suficientes. Cualquier tipo de paciente debe ir bien hidratado, de modo que se garantice la evacuación adecuada, deben también

evitar cualquier tipo de actividad física al menos 24 horas antes del estudio. Y debe asistir el día del examen con ropa cómoda y abrigada. El tecnólogo debe comprobar que todos estos requisitos se cumplan, antes del examen debe preguntar al paciente sobre el ayuno, y sobre la actividad física. Se encuentra en la responsabilidad, de cuidar del paciente, de prepararlo para el estudio, y del procedimiento administrativos relacionados con el mismo. A su vez debe también identificar correctamente al paciente y garantizar su seguridad dentro del servicio.

En cuanto a la responsabilidad con respecto a los radiofármacos el tecnólogo, está encargado de prepararlos, controlar su calidad, identificarlos, rotularlos y prepararlos en dosis individuales. Todo esto debe realizarse antes de recibir a los pacientes. Se deben preparar las dosis necesarias para el día, según la cantidad de pacientes. En la mayoría de los centros se cuenta en el equipo disciplinario con más de un tecnólogo de esta forma la labor se lleva a cabo con mayor rapidez. Durante este proceso el técnico cuenta con la presencia de un físico médico o un médico especialista en la medicina nuclear que se encarga de indicar la dosis que se requiere para cada paciente.

El técnico en imagenología debe entonces luego de calcular la dosis para el paciente, y que la enfermera haya tomado la vía, suministrar el radiofármaco con la protección adecuada, y luego de esto, dependiendo del radiofármaco y el estudio a realizar recomendará el tiempo de descanso para el paciente, que es generalmente alrededor de 45 min, en una habitación oscura, hasta el momento de realizar el estudio.

El tecnólogo está encargado del correcto posicionamiento del paciente, al momento de realizar el estudio debe considerar el tipo de estudio a realizar, luego de colocar al paciente en la camilla, procederá a ajustar en relación con el equipo, y fijar las marcas del mismo en la región anatómica que delimite el estudio.

Luego de posicionar al paciente se establecen los parámetros para la adquisición y se realiza el estudio. Luego de realizar el estudio el tecnólogo recomendará al paciente una hidratación continua para facilitar la excreción del radiofármaco.

Debe considerarse que en algunos casos el paciente necesita de sedación o inmovilización. En el caso de la sedación la responsabilidad recae sobre el

anestesiólogo y la enfermera. y en el caso de la inmovilización se usarán bolsas de arena para hacer peso a las extremidades, generalmente la inmovilización es usada en niños y la mayoría de estas es suficiente con que los padres o el personal técnico lo sostengan, Otro de los métodos para que el paciente se mantenga quieto es utilizar elementos de distracción, una lectura, un televisor o una canción pueden funcionar.

Al finalizar el estudio y cuando el paciente se ha retirado del centro, la labor del técnico en imagenología continua, es entonces cuando procederá a limpiar cualquier tipo de desecho que haya quedado en el área y a organizar la sala para un próximo estudio. El tecnólogo es responsable del buen mantenimiento del equipo y de su área de trabajo, estas tareas van a variar según el centro donde se encuentre, pero en todos ellos debe mantener el orden y los equipos que ha utilizado en buen estado. Las acciones del tecnólogo en imagenología se ven reflejadas en los resultados del estudio. Por esta razón es de vital importancia que todo aquel que comienza a desempeñar su labor en un centro de medicina nuclear debe tener un conocimiento completo de todas las acciones que debe realizar. El conjunto de pasos establecidos en el servicio de Medicina Nuclear deben cumplirse al pie de la letra. Cada integrante del equipo multidisciplinario debe llevar a cabo todas sus tareas, y aunque se ha descrito un protocolo con acciones ya delimitadas, existen variaciones en las tareas del Técnico en Imagenología en el país.

CONCLUSIÓN

Al conocer en qué consiste un estudio de PET CT, y conocer sus componentes, al saber su utilidad en frente de técnicas por separado, y al tener conocimientos de los pasos a seguir por los Técnicos Imagenólogos al realizar este tipo de estudio, se puede analizar cuán importante es llegar a un consenso en el cual se establezca un patrón estándar a seguir por los Técnicos que laboran en el área en la República Bolivariana de Venezuela. Al estudiar detalladamente dichas partes por separado se pueden formar opiniones acerca de esta realidad que ha representado una necesidad para los profesionales en el Área.

Cuando el Técnico en Imagenología es plenamente consciente de lo que debe realizar al iniciarse en el área de Medicina Nuclear, se verá reflejada esta seguridad en los resultados del estudio. El hecho de establecer un protocolo otorga en sí mismo seguridad al que lo ejecuta, proporciona al Técnico la facultad de prepararse para desempeñar sus labores correctamente.

Al lograr un consenso a nivel nacional sobre las prácticas y deberes del Técnico se proporciona a toda la población de Imagenólogos en general un punto de referencia al desempeñar sus labores, un beneficio notable es que se contará con personal que además de ser calificado debido a sus estudios previos también lograra desempeñarse en el área con fluidez, y dentro de los parámetros correctos.

Las responsabilidades cumplidas generan beneficios directos al paciente, un Técnico que sepa administrar su tiempo para lograr los objetivos deseados garantiza comodidad y seguridad al paciente, conocer sobre la preparación correcta del paciente, el tiempo indicado en que debe realizarse el examen, la preparación y distribución de los radiofármacos, son factores determinantes, los cuales se encuentran enmarcados dentro de los protocolos para la realización de PET CT, el hecho de reunir todos estos pasos y delimitarlos según las funciones del Técnico acorde al país donde ha sido formado, da como resultado estudios bien realizados, con un valor importantísimo al momento de ser utilizado por ejemplo para un diagnóstico o para la planificación de un tratamiento oncológico.

RECOMENDACIONES

En Venezuela el área de Medicina Nuclear ha tenido un impacto muy significativo en cuanto a los beneficios que ofrece a los pacientes, el área de oncología ha sido especialmente beneficiada, debido a la amplia aplicabilidad que tiene PET CT en la misma. Es de considerar que los beneficios generados por esta técnica pueden llegar a ser mucho mayores si se llegase a un acuerdo entre las partes involucradas y de esta forma se fomentase la inclusión de esta área en la formación del personal Técnico. Considerando todos los puntos anteriormente explicados se recomienda fomentar el crecimiento del personal especializado en el área y asimismo concertar un acuerdo en el cual se establezcan Protocolos de procedimientos para Técnicos en Imagenología en la realización del estudio híbrido de PET CT.

REFERENCIAS

1. Radiologyinfo.org com [actualizado 07 de julio de 2015; citado 08 de agosto de 2015] URL disponible en: <http://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=PET#generalidades>
2. Cáncer.org [actualizado 27 de octubre de 2014; citado 08 de agosto de 2015] URL disponible en: <http://www.cancer.org/treatment/treatmentsandsideeffects/treatmenttypes/radiation/radiationtherapyprinciples/radiation-therapy-principles-how-is-radiation-given-radiopharmaceuticals>
3. Essalud.gov.pe [actualizado en el 2007; citado 08 de agosto de 2015] URL disponible en: <http://www.essalud.gob.pe/empresarial/salud/boltecnol22.pdf>
4. Mscnoticias.com.ve [actualizado 08 de marzo de 2014; citado 08 de agosto de 2015]. URL disponible en: <http://www.mscnoticias.com.ve/2014/03/mas-de-20-mil-pacientes-se-han-beneficiado-de-la-tecnologia-del-pet-ct/>
5. Gehealthcare.es [fecha de acceso 08 de agosto de 2015]; URL disponible en: http://www3.gehealthcare.es/es-es/productos/categorias/imagenes_moleculares/pet-radiofarmacia/tracer_center_equipment/minitrace_cyclotron#tabs/tab2879FB2327D444E388C1FFA19CF5FF05
6. Shilpa D. Bhambhvani P. Baldwin J. Almodovar S. O'Malley J. et al. 18 F-FDG PET and PET/CT Patient Preparation: A Review of the Literature. JNMT [en línea]. Febrero 6, 2014 [fecha de acceso 30 de septiembre de 2015]; 42:5-13. URL disponible en: <http://tech.snmjournals.org/content/42/1/5.full.pdf+html>
7. El-Haj N. Etchebehere E. Fanti S. Gerbaudo V.H. Núñez R. Obando J. et al. Standard Operating Procedures for PET/CT:A Practical Approach for Use in Adult Oncology. IAEA [en línea]. Julio, 2013.24 [fecha de acceso 30 de septiembre de 2015]; 26: 15-111. URL disponible en: <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10423/Standard-Operating-Procedures-for-PET-CT-A-Practical-Approach-for-Use-in-Adult-Oncology>

8. Abdul Khader M. et al. Planning a Clinical PET Centre. IAEA [en línea]. 2010 [fecha de acceso 30 de septiembre de 2015]; 11: 13-141. URL disponible en: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1457_web.pdf
9. Stewart C. Manual de Radiología para Técnicos. Novena Edición. Barcelona: ELSEVIER MOSBY; 2010
10. Podoloff D. et al. NCCN Task Force Report: PET/CT Scanning in Cancer. JNCCN [en línea]. Mayo, 2007 [fecha de acceso 10 de Enero de 2016] 5 (1): 17-24 URL disponible en: www.nccn.org/JNCCN/PDF/PETCT2007.pdf
11. Alasbimn.net [fecha de acceso 10 de Enero de 2016] URL disponible en: www.alasbimn.net/comites/tecnologos/material/Fundamentos_PET.pdf
12. Medigraphic.com [fecha de acceso 10 de Enero de 2016] URL disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/residente/rr-2010/rr103c.pdf>
13. Imaxe.com [fecha de acceso 10 de Enero de 2016] URL disponible en: <http://www.imaxe.com.ar/estudios-pet-tc-68-ga.asp>
14. Usa.philips.com [fecha de acceso 10 de Enero de 2016] URL disponible en: <http://www.usa.philips.com/healthcare/product/HC889467/diamond-select-gemini-refurbished-gxl-16-ixr>
15. Cddlasmercedes.com [fecha de acceso 10 de Enero de 2016] Disponible en: <http://www.cddlasmercedes.com/html/Ciclotron.htm>
16. Medicinanuclear.cl [fecha de acceso 10 de Enero de 2016] Disponible en: http://www.medicinanuclear.cl/pet_indice-2.htm)
17. Jiménez A. Vicioso R. Delgado B. Tumores De Origen Desconocido. Tomografía por Emisión de Positrones y Tomografía Computarizada. Editorial Médica Panamericana; 2014. p. 183-196.
18. MUFACE. Guía PET-TC. Protocolo de Prescripción. Mutualidad General de Funcionarios Civiles del Estado. Madrid, 2011. Disponible en: www.muface.es
19. Alasbimn.net [fecha de acceso 16 de Enero de 2016] Disponible en: http://www.alasbimn.net/comites/tecnologos/material/Tecnicos_funciones_e_interaccion.pdf