

Procedimientos clínicos para imágenes híbridas en **Medicina Nuclear**

Protocolo Nacional



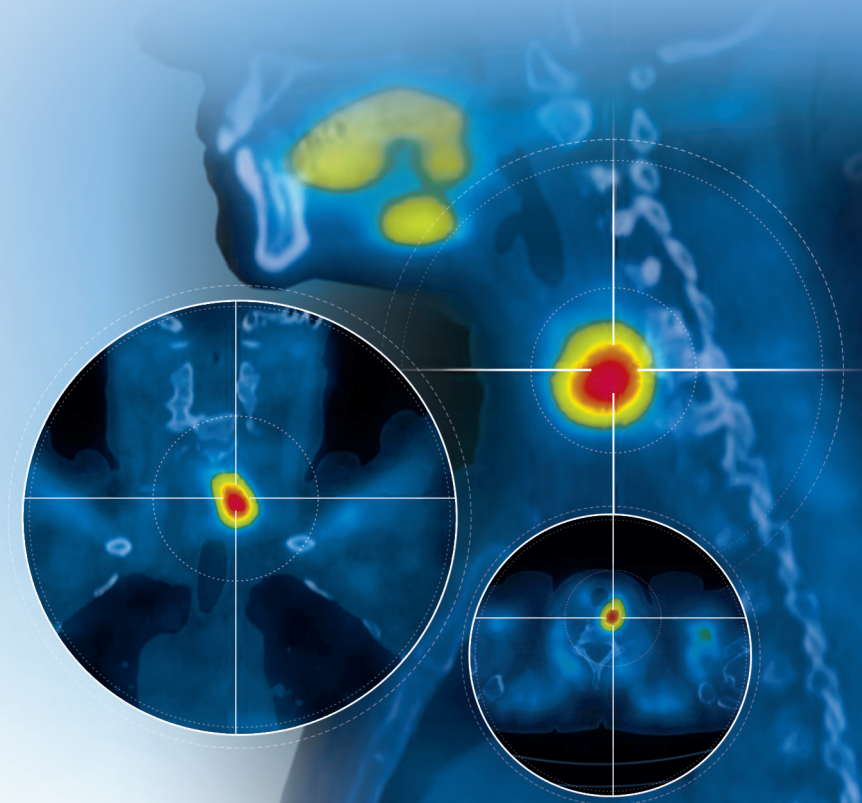
Procedimientos clínicos
para imágenes híbridas
en **Medicina Nuclear**

Protocolo Nacional



Procedimientos clínicos para imágenes híbridas en **Medicina Nuclear**

Protocolo Nacional



Catalogación de la Editorial Ciencias Médicas

Cuba. Ministerio de Salud Pública. Sección Independiente de Control del Cáncer. Programa Integral para el Control del Cáncer en Cuba. Procedimientos clínicos para imágenes híbridas en Medicina Nuclear. Protocolo Nacional. / Caridad Alina Casacó Santana... [et al.]— La Habana: Editorial Ciencias Médicas, 2025

262 p.: il., tab. – (Publicaciones Institucionales. Serie Protocolos).

-

-

Medicina Nuclear, Radiología Oncológica, Tomografía Computarizada de Emisión de Fotón Único, Protocolos Clínicos, Estudios Prospectivos, Guías de Práctica Clínica, Cuba

-

WN 445

Cómo citar esta obra:

Ministerio de Salud Pública (CUB), Caridad Alina Casacó Santana et al. Programa Integral para el Control del Cáncer en Cuba. Procedimientos clínicos para imágenes híbridas en Medicina Nuclear. Protocolo Nacional; La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2025. Disponible en: <http://www.bvscuba.sld.cu/libro/procedimientos-clinicos-para-imagenes-hibridas-en-medicina-nuclear-protocolo-nacional/>

Edición: M. Sc. Gisela Abreu Ruíz

Corrección: Ing. Damiana Martín Laurencio

Diseño, ilustraciones y maquetación: D.I. José Manuel Oubiña González

Sobre la presente edición:

© Ministerio de Salud Pública, 2025

© Editorial Ciencias Médicas, 2025

ISBN 978-959-316-239-5 (PDF)

ISBN 978-959-316-238-8 (EPUB)

Esta obra se difunde bajo una licencia Creative Commons de Atribución No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0). Usted es libre de copiar, compartir, distribuir, exhibir o implementar sin permiso, salvo con las siguientes condiciones: reconocer a sus autores (atribución), no usar la obra de manera comercial (no comercial) y, si produce obras derivadas, mantener la misma licencia que el original (compartir igual). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



Los autores y colaboradores de la presente publicación declaran no tener conflictos de interés respecto a los contenidos. Su desarrollo y publicación ha sido financiado íntegramente con fondos estatales.

Editorial Ciencias Médicas

Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas

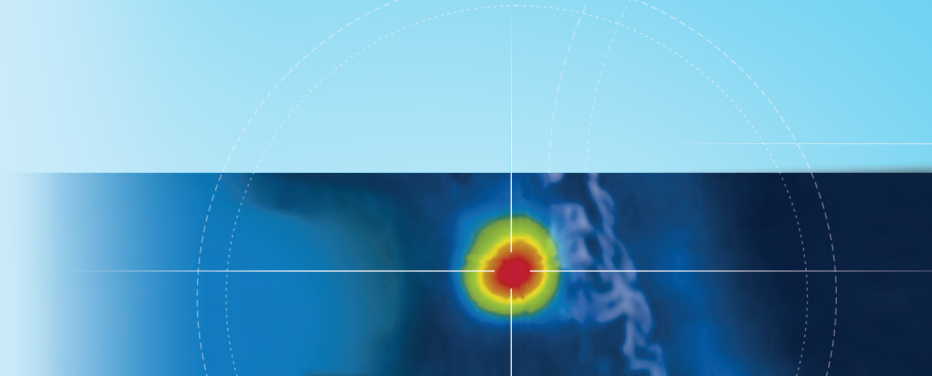
Calle 23, núm. 654, entre D y E, El Vedado

La Habana, C. P. 10400, Cuba

Teléfono: +53 7836 1893

ecimed@infomed.sld.cu

www.ecimed.sld.cu



Grupo editorial del Programa Integral para el Control del Cáncer en Cuba

Gisela Abreu Ruíz

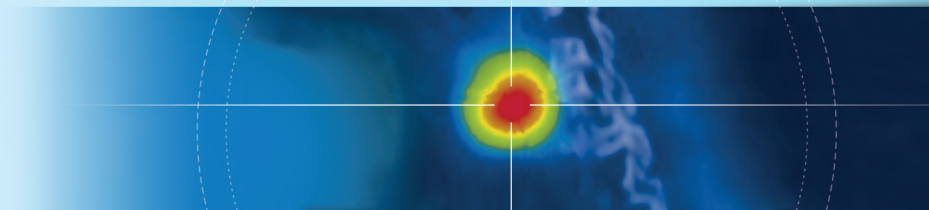
Máster en Atención Primaria de Salud
Especialista de II Grado en Medicina General Integral
y de I Grado en Medicina Interna. Profesor e Investigador Auxiliar
Coordinadora del Grupo Programa de la Sección Independiente de
Control del Cáncer
Ministerio de Salud Pública

Walkiria Bermejo Bencomo

Máster en Atención Integral a la Mujer
Especialista de II Grado en Ginecología y Obstetricia
Investigador Auxiliar. Profesor Auxiliar
Coordinadora de la Red de Conocimientos de la Sección Independiente
de Control del Cáncer
Ministerio de Salud Pública

Carlos Alberto Martínez Blanco

Especialista de I Grado en Cirugía General
Profesor Asistente.
Sección Independiente de Control del Cáncer
Ministerio de Salud Pública



Autoría

Autora principal

Caridad Alina Casacó Santana

Especialista de II Grado en Imagenología
Centro de Isótopos, Dirección de Servicios Biomédicos

Coautores

Aldo Martínez Ramírez

Especialista de I Grado en Oncología
Profesor Auxiliar
Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología (INOR)
Universidad de Ciencias Médicas de La Habana

Amalia Teresa Peix González

Doctor en Ciencias
Máster en Cardiorresonancia. Máster en TAC cardiaca
Especialista de II Grado en Cardiología
Investigador Titular
Profesor Titular y Consultante
Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular
Universidad de Ciencias Médicas de La Habana
<https://orcid.org/0000-0001-5805-1810>

Esteban Alfaro Alonso

Especialista de I Grado en Medicina Interna
Instructor
Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas
Universidad de Ciencias Médicas de La Habana

Juan Felipe Batista Cuéllar

Especialista de I Grado en Medicina Interna

Profesor Asistente

Centro de Isótopos, Dirección de Servicios Biomédicos

Universidad de Ciencias Médicas de La Habana

Léster Rodríguez Paleo

Especialista de I Grado en Medicina Interna

Profesor Auxiliar

Investigador Auxiliar

Hospital Clínico Quirúrgico Hermanos Ameijeiras

Universidad de Ciencias Médicas de La Habana

<https://orcid.org/0000-0003-1489-1310>

Lissette Mejías Pérez

Especialista de II Grado en Imagenología

Especialista de I Grado en Medicina General Integral

Profesor Auxiliar

Investigador Agregado

Hospital Clínico Quirúrgico Hermanos Ameijeiras

Universidad de Ciencias Médicas de La Habana

<https://orcid.org/0000-0003-2126-8375>

Luis Manuel Rochela Vázquez

Doctor en Ciencias

Máster en Investigación en Aterosclerosis

Especialista de II Grado en Cardiología

Investigador Agregado

Centro de Isótopos. Dirección de Servicios Biomédicos

<https://orcid.org/0000-0001-7609-5462>

Colaboradores

Consuelo Varela Corona

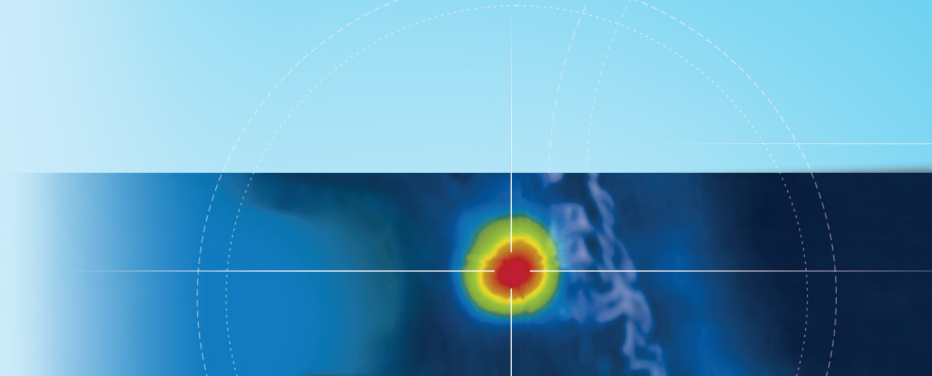
Máster en Física Médica.
Ingeniera en Energética Nuclear.
Profesora Auxiliar. Investigadora Agregada.
Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos
y Dispositivos Médicos (CECMED)
Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Nucleares
Universidad de La Habana

Jorge Cruz Arencibia

Licenciado en Radioquímica
Centro de Isótopos

Raisa Ledesma Maura

Licenciada en Física
Centro de Isótopos



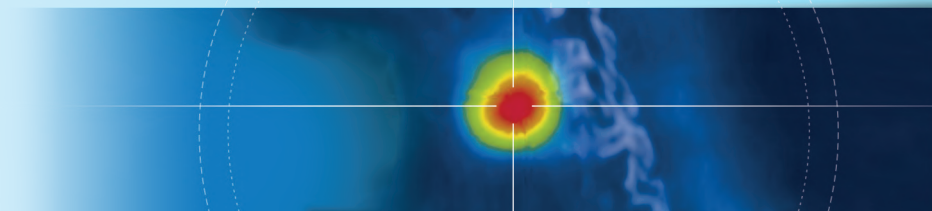
Agradecimientos

Al Organismo Internacional de Energía Atómica y sus expertos Dr. Rodrigo Jaimovich Fernández, Dr. Manuel María Gómez Río, Dra. Francisca Redondo, Dr. Camilo García por su acompañamiento técnico y apoyo en la publicación de este libro.

A la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada de Cuba (AENTA) por su ayuda incondicional para el desarrollo del Proyecto Implementación en la práctica clínica del servicio de tecnología híbrida SPET/CT y PET/CT para la evaluación de pacientes con diversas enfermedades. Fase II

A la Dirección de Servicios Biomédicos del Centro de Isótopos (CENTIS).

A todos los especialistas, tecnólogos y enfermeros que hicieron posible a partir de su experiencia y empeño, la aplicación e implementación en la práctica clínica de cada protocolo para contribuir a mejorar cada día la atención al paciente.



Prólogo

El desarrollo y la aplicación de técnicas nucleares con la más alta tecnología para el diagnóstico y tratamiento de pacientes con diferentes enfermedades, ha sido una prioridad de la Medicina Nuclear cubana gracias a la voluntad política y el trabajo en equipo. Si bien la instrumentación nuclear y su adecuado control de la calidad constituyen uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de esta especialidad, la protocolización clínica de cada una de las aplicaciones médicas en estos servicios, es parte esencial de los sistemas de gestión de calidad para garantizar que se ofrezca a los pacientes una atención sostenida y eficiente.

En la actualidad la fortaleza de cualquier técnica de imagen de la medicina nuclear está basada no solo en el desarrollo intrínseco de su plataforma de *hardware* y *software*, sino también en el desarrollo de modalidades de asociación o integración con otras técnicas de imagen.

En este contexto se han desarrollado las llamadas tecnologías híbridas, que permiten que las imágenes de medicina nuclear se integren con las de tomografía axial computarizada y resonancia magnética nuclear, creando un ambiente propicio que aumenta la certeza diagnóstica o el proceder terapéutico con una mayor calidad de las imágenes *per se*, al mismo tiempo que facilita que en una misma sesión de estudio, se pueda apreciar la información anatómica y metabólica de un paciente.

El objetivo fundamental de este protocolo es ofrecer a los profesionales vinculados a la práctica de la medicina nuclear, un instrumento actualizado y adaptado al contexto cubano que permita utilizar procedimientos clínicos consistentes y estandarizados para garantizar la efectividad y la seguridad en la práctica médica.

Este protocolo que se convierte en documento de obligada referencia, está elaborado a partir de una sólida evidencia científica que abarca conocimientos teóricos y prácticos de gran interés, para la comunidad de profesionales y técnicos dedicados a esta especialidad. El manejo diagnóstico terapéutico de las enfermedades no transmisibles que más afectan la población cubana, se abordan desde la óptica imagenológica de la medicina nuclear teranóstica. Cada capítulo sirve de apoyo a

la docencia, la práctica clínica y el control de la calidad, sobre la base de aspectos clínicos y tecnológicos aplicados en la actualidad, que pudieran a futuro introducirse en el país.

Gracias al trabajo cohesionado de los autores, se pudo lograr un producto con una estructura de fácil comprensión para la implementación adecuada de cada uno de los procedimientos. Mi más sincero agradecimiento a todos los que contribuyeron al desarrollo de esta obra, y en particular al Organismo Internacional de Energía Atómica por su apoyo.

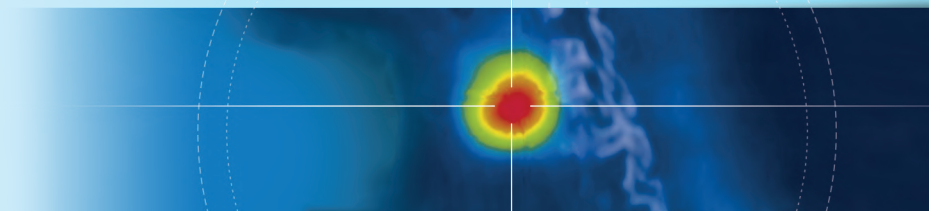
Dr. Juan F. Batista Cuéllar

Profesor Asistente.

Universidad de Ciencias Médicas de La Habana

Dirección de Servicios Biomédicos, CENTIS

La Habana, 23 de junio de 2025



Introducción

La Medicina Nuclear ha experimentado una revolución gracias a la introducción de las imágenes híbridas. La adquisición y procesamiento de estas imágenes en sus inicios, estuvo caracterizada por sencillas representaciones bidimensionales en un papel (gammatopógrafos), luego evolucionó hacia la obtención de información tridimensional con emisores gamma puros, hasta llegar a las imágenes fusionadas que actualmente existen, mediante el uso de equipos híbridos con rayos X y emisores positrónicos.

Estas técnicas combinan la sensibilidad funcional y molecular de la Medicina Nuclear con la precisión anatómica de modalidades de imagenología, como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM). El resultado es una herramienta poderosa que ofrece una visión integral del proceso patológico, permitiendo una mejor caracterización de las enfermedades, una planificación de tratamiento más precisa y un seguimiento más eficaz de la respuesta terapéutica.

El uso de estas tecnologías marca un hito en la práctica de la Medicina Nuclear, pues se convierten en un elemento primordial para el diagnóstico por imágenes, con la mejora significativa de la estadificación, reestadificación y planificación terapéutica especialmente en cáncer, la utilidad en las evaluaciones cardíacas, la detección de infecciones, de imágenes óseas, y la obtención de diagnósticos más rápidos y precisos.

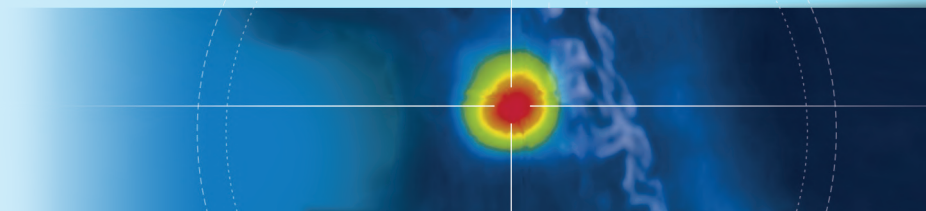
En esencia, las imágenes híbridas abordan las limitaciones inherentes a las técnicas de imagen individuales. La Medicina Nuclear por sí sola proporciona información valiosa sobre la actividad metabólica y fisiológica, pero a menudo carece de la resolución espacial necesaria para precisar la localización exacta de la enfermedad. La TC y la RM, por otro lado, ofrecen imágenes anatómicas detalladas, pero pueden ser menos sensibles para detectar cambios sutiles a nivel molecular que preceden a las alteraciones estructurales.

Las modalidades híbridas, principalmente SPECT/TC (tomografía computarizada por emisión de fotón único/tomografía computarizada) y PET/TC (tomografía por emisión de positrones/tomografía computarizada), han revolucionado la práctica clínica en oncología, cardiología, neurología y otras especialidades. La adición de la

tomografía computarizada a las imágenes funcionales no solo mejora la localización anatómica, sino que también permite la corrección de la atenuación de los fotones emitidos, mejorando la calidad y la precisión cuantitativa de las imágenes de Medicina Nuclear.

Más recientemente, la PET/RM ha surgido como una alternativa prometedora, ofreciendo una resolución de contraste superior y una menor exposición a la radiación, especialmente beneficiosa en la evaluación pediátrica.

La presente publicación pretende establecer el contexto general para comprender la importancia y el impacto de las imágenes híbridas en la Medicina Nuclear moderna. En los capítulos siguientes, se profundizará en los procedimientos clínicos comunes, las consideraciones técnicas, las aplicaciones específicas en diversas áreas de la medicina, y las indicaciones y contraindicaciones del estudio en las diferentes afecciones médicas. Este protocolo se ha elaborado sobre la base de los procedimientos establecidos a nivel internacional y ajustado al contexto cubano actual, para estandarizar la práctica, aprovechar las bondades de la medicina nuclear con fines pacíficos y proporcionar una visión más completa de este campo, que se mantiene en constante evolución.



Índice de contenido

Capítulo 1. Procedimientos comunes/ 1

- Protocolos de estrés/ 1
 - Estrés físico/ 1
 - Preparación del paciente/ 3
 - Día de la prueba/ 4
 - Estrés farmacológico/ 5
- Procedimiento general de uso de medios de contraste/ 11
 - Objetivo/ 11
 - Términos y definiciones/ 12
 - Responsabilidades/ 12
 - Descripción del procedimiento/ 12
 - Los contrastes yodados y la función tiroidea/ 15
 - Los contrastes yodados en pacientes diabéticos en tratamiento con metforminas/ 15
 - Los contrastes yodados en el embarazo y la lactancia materna/ 16
- Procedimiento para extravasación y manejo de situaciones adversas después de la administración de contrastes yodados/ 17
 - Tratamiento/ 17
- Manejo de situaciones adversas después de la administración de contrastes yodados/ 18
 - Objetivo/ 18
 - Términos y definiciones/ 18
 - Responsabilidades/ 19
 - Descripción del procedimiento/ 19
- Procedimiento general de uso de radiofármacos/ 21
 - Objetivo/ 21
 - Alcance/ 21
 - Equipamiento, materiales y reactivos/ 21
 - Personal/ 21
 - Procedimiento/ 21
 - Condiciones de seguridad/ 24
 - Observaciones/ 24

Metodología para la atención al paciente en un estudio con tecnología PET-CT/ 25
Responsabilidades/ 25
Condiciones de seguridad/ 25
Equipamiento/ 25
Materiales y reactivos/ 25
Procedimiento/ 26
Manejo de los eventos adversos posadministración de radiofármacos/ 27

Capítulo 2. Procedimientos de neurología nuclear/ 28

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios SPECT/CT en neurología/ 28
Objetivo/ 28
Alcance/ 28
Indicaciones/ 28
Contraindicaciones/ 29
Términos y definiciones/ 29
Responsabilidades/ 29
Condiciones de seguridad/ 30
Recursos humanos/ 31
Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos/ 31
Recepción de la indicación y verificación de la justificación del estudio/ 32
Recepción del paciente el día del estudio/ 32
Radiofármacos/ 32
Administración del radiofármaco/ 32
Protocolo de adquisición de imágenes/ 34
Procesamiento de imágenes SPECT/CT/ 37
Controles/ 41
Observaciones/ 41
Documentación asociada/ 42
Procedimiento de colección y procesamiento de estudios SPECT/CT de Cerebro con ^{99m} Tc-TRODAT/ 43
Objetivo/ 43
Alcance/ 43
Indicaciones y contraindicaciones/ 43
Términos y definiciones/ 43
Responsabilidades/ 44
Condiciones de seguridad/ 45
Recursos humanos/ 45
Equipamiento, materiales y reactivos/ 45
Preparación del paciente/ 46
Radiofármaco/ 46

Protocolo de adquisición de imágenes/	47
Procesamiento de imágenes SPECT/CT/	48
Presentación del estudio/	49
Cuantificación en el estudio SPECT/CT/	50
Presentación de los informes médicos/	50
Controles/	51
Observaciones/	51
Documentación asociada/	52
Procedimiento de colección y procesamiento de estudios PET/CT con ¹⁸ F-FDG (2-deoxy-2 [fluorine-18] fluoro-D-Glucosa) en neurología/	52
Objetivo/	52
Alcance/	52
Indicaciones y contraindicaciones/	52
Términos y definiciones/	53
Responsabilidades/	54
Condiciones de seguridad/	54
Recursos humanos/	55
Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos/	55
Recepción de la indicación y verificación de su justificación del estudio/	55
Radiofármacos/	57
Administración del radiofármaco/	58
Protocolo para la adquisición de imágenes/	58
Procesamiento de imágenes/	60
Interpretación del estudio/	60
Redacción de los informes/	61
Controles/	62
Observaciones/	63
Instrucciones de manejo interno de FDG, pacientes y material contaminado/	63
Documentación asociada/	64

Capítulo 3. Procedimientos de cardiología nuclear/ 65

Procedimientos de colección y de procesamiento de estudios SPECT-CT con ^{99m} Tc-MIBI en cardiología/	65
Objetivo/	65
Alcance/	65
Indicaciones y contraindicaciones/	65
Términos y definiciones/	67
Responsabilidades/	67
Condiciones de seguridad/	69
Recursos humanos/	69

Equipamiento, materiales y reactivos/	69
Procedimientos/	69
Administración del radiofármaco/	71
Procesamiento de las imágenes/	75
Documentación del estudio/	76
Controles/	82
Observaciones/	83
Documentación asociada/	83
SPECT-CT cardíaco con ^{99m} Tc-pirofosfato para diagnóstico de amiloidosis cardíaca/	83
Objetivo/	83
Alcance/	84
Indicaciones y contraindicaciones/	84
Términos y definiciones/	84
Responsabilidades/	85
Condiciones de seguridad/	86
Recursos humanos/	86
Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos/	86
Recepción de la indicación y verificación de su justificación/	87
Recepción del paciente el día del estudio/	87
Protocolo de administración del radiofármaco y adquisición de imágenes/	87
Protocolo de adquisición/	88
Procesamiento e interpretación de las imágenes/	88
Documentación del estudio/	91
Controles/	94
Observaciones/	94
Documentación asociada/	94
PET/CT cardíaco con ¹⁸ F-FDG para estudio de viabilidad miocárdica/	95
Objetivo/	95
Alcance/	95
Indicaciones y contraindicaciones/	95
Términos y definiciones/	96
Responsabilidades/	96
Condiciones de seguridad/	97
Recursos humanos/	98
Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos/	98
Procedimientos/	98
Cálculo e interpretación de los resultados. Interpretación de las imágenes/	101
Controles/	101
Observaciones/	102
Documentación asociada/	102

PET/CT con ¹⁸ F-FDG para la detección de inflamación e infección cardiovascular/	102
Objetivo/	102
Alcance/	103
Indicaciones y contraindicaciones/	103
Términos y definiciones/	103
Responsabilidades/	103
Condiciones de seguridad/	104
Recursos humanos/	105
Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos/	105
Procedimientos/	105
Interpretación de imágenes/	108
Controles/	111
Observaciones/	112
Documentación asociada/	112
PET/CT para la evaluación de la perfusión miocárdica con rubidio-82 o N13-amonio/	113
Objetivo/	113
Alcance /	113
Indicaciones y contraindicaciones/	113
Términos y definiciones/	113
Ventajas y desventajas del PET en relación con el SPECT/	114
Responsabilidades/	114
Condiciones de seguridad/	115
Recursos humanos/	116
Equipamiento, materiales y reactivo/	116
Procedimientos/	116
Protocolo de administración del radiofármaco y adquisición de imágenes/	117
Protocolo de adquisición/	119
Procesamiento e interpretación de las imágenes/	120
Documentación del estudio/	123
Controles/	125
Documentación asociada/	125

Capítulo 4. Procedimientos de oncología nuclear/ 127

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios PET/CT con ¹⁸ F-FDG para oncología/	127
Alcance/	127
Indicaciones y contraindicaciones/	127
Términos y definiciones/	128
Responsabilidades/	128
Condiciones de seguridad/	130

Recursos humanos/	131
Equipamiento, materiales y reactivos/	131
Procedimientos/	132
Recomendaciones generales/	134
Recepción del paciente el día del estudio/	135
Radiofármaco/	135
Protocolo de adquisición de imágenes/	136
Procesamiento de imágenes PET/CT/	137
Documentación del estudio/	139
Controles/	143
Observaciones/	143
Documentación asociada/	143
Procedimiento de colección y procesamiento de estudios PET/CT con ¹⁸ F- FDG para la detección de carcinomas renales/	144
Objetivo/	144
Alcance/	144
Indicaciones y contraindicaciones/	144
Términos y definiciones/	145
Responsabilidades/	145
Condiciones de seguridad/	145
Recursos humanos, equipamiento, materiales y reactivos/	146
Procedimientos/	146
Radiofármaco/	148
Protocolo de adquisición/	148
Procesamiento de imágenes/	148
Documentación del estudio/	148
Controles/	149
Observaciones/	149
Documentación asociada/	149
Procedimiento de colección y procesamiento de estudios PET/CT GA68 DOTA (TATE, TOC, NOC)/	150
Objetivo/	150
Alcance/	150
Indicaciones y contraindicaciones/	150
Contraindicaciones/	151
Términos y definiciones/	151
Responsabilidades/	152
Condiciones de seguridad/	153
Recursos humanos/	154
Equipamiento, materiales y reactivos y locales/	154

Procedimientos/	155
Radiofármaco/	156
Protocolo de adquisición de imágenes/	157
Documentación del estudio/	159
Interpretación de las imágenes/	160
Reporte médico/	160
Controles/	161
Observaciones/	161
Documentación asociada/	161
Procedimiento de colección y procesamiento de estudios PET/CT-PSMA con 18-FDG para cáncer de próstata/	162
Objetivo/	162
Alcance/	162
Términos y definiciones/	163
Responsabilidades/	163
Condiciones de seguridad/	164
Recursos humanos/	165
Equipos y accesorios/	165
Procedimiento/	165
Administración del radiofármaco ^{68}Ga -PSMA/	166
Exploración PET/CT con ^{68}Ga -PSMA/	167
Interpretación y reporte de estudios de gammagrafía ósea con el radiofármaco $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP/	168
Fuentes de errores/	169
Controles/	169
Observaciones/	170
Documentación asociada/	170
Procedimiento de colección y procesamiento de estudios SPECT/ CT en tumores cerebrales/	170
Objetivo/	170
Alcance/	171
Indicaciones y contraindicaciones/	171
Términos y definiciones/	171
Responsabilidades/	171
Condiciones de seguridad/	173
Recursos humanos/	174
Equipamiento, materiales y reactivos/	174
Procedimientos/	174
Radiofármaco/	175
Protocolo de adquisición de imágenes/	177

Procesamiento de imágenes SPECT/CT/	178
Documentación del estudio/	179
Controles/	180
Observaciones/	181
Documentación asociada/	181
Procedimiento de colección y procesamiento de estudios SPECT/TC en oncología/	182
Objetivo/	182
Alcance/	182
Indicaciones y contraindicaciones/	182
Términos y definiciones/	183
Responsabilidades/	183
Condiciones de seguridad/	185
Recursos humanos/	186
Equipamiento, materiales y reactivos/	186
Procedimientos/	186
Protocolo de adquisición de imágenes/	188
Procesamiento de imágenes SPECT/CT/	189
Documentación del estudio/	189
Controles/	190
Observaciones/	190
Documentación asociada/	191

Capítulo 5. Protocolos de estudios óseos y neuroendocrino/ 192

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios SPECT/TC óseo con ^{99m} Tc-MDP/	192
Objetivo/	192
Alcance/	192
Indicaciones y contraindicaciones/	192
Términos y definiciones/	193
Responsabilidades/	193
Condiciones de seguridad/	194
Recursos humanos/	194
Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos/	195
Procedimientos/	195
Radiofármacos/	195
Instrumentación y adquisición de imágenes/	196
Reconstrucción y revisión de imágenes/	197
Informe/	199
Controles/	199
Observaciones/	200
Documentación asociada/	200

Procedimiento para la colección y procesamiento de estudios SPECT/CT con $^{99m}\text{TcO}_4$ y ^{99m}Tc -MIBI para el estudio de las glándulas tiroides y paratiroides/ 200

Objetivo/ 200

Alcance/ 201

Indicaciones y contraindicaciones/ 201

Términos y definiciones/ 201

Responsabilidades/ 202

Condiciones de seguridad/ 202

Recursos necesarios/ 203

Procedimientos/ 203

Radiofármaco/ 203

Protocolo de adquisición/ 204

Procesamiento de las imágenes de SPECT/CT/ 205

Controles/ 206

Documentación asociada/ 207

Capítulo 6. Protocolos de infección musculoesquelética/ 208

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios de - SPECT/CT con ^{99m}Tc -Ciprofloxacino en procesos infecciosos e inflamatorios/ 208

Objetivo/ 208

Alcance/ 208

Indicaciones y contraindicaciones/ 208

Términos y definiciones/ 209

Responsabilidades/ 209

Condiciones de seguridad/ 210

Recursos humanos/ 210

Equipamiento, materiales y reactivos/ 210

Procedimientos/ 210

Radiofármaco/ 211

Protocolo de adquisición/ 211

Procesamiento de Imágenes/ 212

Documentación del estudio/ 212

Controles/ 213

Observaciones/ 213

Documentación asociada/ 213

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios de PET/CT con ^{18}F -FDG en procesos infecciosos e inflamatorios/ 214

Objetivo/ 214

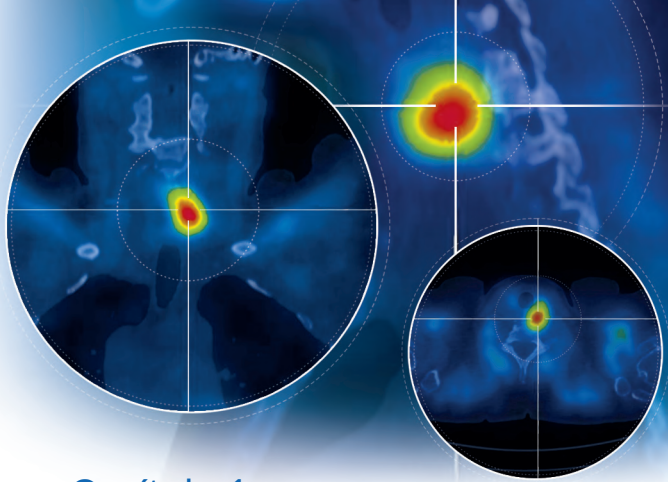
Alcance/ 214

Indicaciones y contraindicaciones/ 214

Términos y definiciones/ 215

Responsabilidades/	215
Condiciones de seguridad/	216
Recursos humanos, equipamiento, materiales y reactivos/	216
Procedimientos/	216
Administración del radiofármaco/	217
Radiofármaco/	218
Protocolo de adquisición/	218
Procesamiento de imágenes/	218
Documentación del estudio/	220
Controles/	221
Observaciones/	221
Documentación asociada/	221

Bibliografía/ 223



Capítulo 1

Procedimientos comunes

Protocolos de estrés

La modalidad más fisiológica y que con mayor frecuencia se utiliza para la aplicación del estrés en una prueba de detección de isquemia es el ejercicio físico, ya que pone en evidencia mediante el electrocardiograma (ECG) las alteraciones isquémicas del segmento ST, la capacidad funcional del paciente, y el comportamiento de la frecuencia cardíaca (FC), la presión arterial (PA) y el ritmo cardíaco.

Los agentes vasodilatadores constituyen otra alternativa empleada con relativa frecuencia en la práctica clínica, sobre todo en el caso de la tomografía de emisión de positrones (PET: *Positron Emission Tomography* por sus siglas en inglés), donde el ejercicio físico se dificulta con el uso de los trazadores de perfusión, debido a su reducida vida media.

Estrés físico

El ejercicio dinámico incrementa la frecuencia cardíaca, el gasto cardíaco y la presión arterial sistólica, aumentando hasta tres veces la demanda miocárdica de oxígeno y el flujo sanguíneo miocárdico. La demanda miocárdica de oxígeno puede estimarse mediante el doble producto (PA sistólica x FC). El ejercicio físico produce una vasodilatación coronaria mediada por mecanismos bioquímicos para incrementar el flujo sanguíneo miocárdico, en respuesta al aumento de la demanda miocárdica de oxígeno.

El cálculo de la frecuencia cardíaca máxima que se puede alcanzar durante el ejercicio es: $220 - \text{edad}$; debe tenerse en cuenta que para que la prueba se considere diagnóstica, el paciente deberá alcanzar al menos el 85 % de la frecuencia cardíaca máxima calculada (ejercicio submáximo).

Por ello las medicaciones que controlan la frecuencia cardíaca, como los beta-bloqueadores y los bloqueadores de los canales de calcio deben suprimirse antes

de la prueba. No obstante, si el propósito del estudio es estratificar riesgo en un paciente con diagnóstico conocido de enfermedad arterial coronaria (EAC), es aceptable realizar la prueba sin suspender los medicamentos.

Tipos de ejercicio:

- Ejercicio isotónico o dinámico, que implica contracciones rítmicas de grupos musculares opuestos que producen movimiento. Se prefiere su uso para una respuesta más fisiológica con menor incremento de presión arterial.
- Ejercicio isométrico o estático (*handgrip*), donde hay una contracción muscular sostenida contra una resistencia fija.

En la práctica clínica el ejercicio isométrico se realiza mediante bicicleta ergométrica o estera rodante (*treadmill*). Si se utiliza la bicicleta, los protocolos por lo general comienzan con 10 o 25 W y van aumentando 25 W cada 2 a 3 min.

En caso de utilizar la estera rodante, los protocolos pueden variar de acuerdo a la velocidad, grado de inclinación, duración y magnitud del estadio del ejercicio (Bruce, Bruce modificado, Naughton y Cornell). Los más empleados son el Bruce y el Bruce modificado.

El ejercicio físico constituye la modalidad de elección para el estrés, siempre que el paciente tenga las condiciones físicas para realizarlo y no existan alteraciones basales del electrocardiograma que dificulten su interpretación, como es el caso del bloqueo completo de rama izquierda del Haz de Hiss (BCRIHH) y los síndromes de pre excitación ventricular.

Contraindicaciones: En la tabla 1.1 se presentan las contraindicaciones absolutas y relativas para la realización del ejercicio físico.

Tabla 1.1. Contraindicaciones para la realización del ejercicio físico

Tipo de estrés	Contraindicaciones
Todos	Angina inestable aguda
	Infarto agudo de miocardio (primeros 2-4 días)
	Fallo cardíaco sintomático no controlado
	Arritmias no controladas que produzcan síntomas o compromiso hemodinámico
	Imposibilidad de ofrecer consentimiento informado o que el paciente se niegue a hacer el estudio
Absolutas (estrés físico)	Estenosis aórtica severa
	Hipertensión arterial no controlada (PA sistólica >200 mmHg y/o PA diastólica > 110 mmHg)
	Tromboembolismo pulmonar agudo o infarto pulmonar
	Hipertensión pulmonar severa
	Miocarditis o pericarditis agudas
	Diseccción aórtica aguda
Endocarditis infecciosa activa	

Tabla 1.1. (cont.)

Tipo de estrés	Contraindicaciones
Relativas (estrés físico)	Enfermedad conocida del tronco de la arteria coronaria izquierda o equivalente
	Enfermedades valvulares estenóticas moderadas
	Anomalías del equilibrio electrolítico
	Taquiarritmias o bradiarritmias significativas
	Bloqueo auriculoventricular de alto grado
	Miocardiopatía hipertrófica u otras formas de obstrucción del tracto de salida de ventrículo izquierdo
	Imposibilidad de hacer un ejercicio adecuado debido a afecciones mentales o físicas
Pacientes con bloqueo de rama izquierda (BCRIHH), marcapaso permanente o síndrome de preexcitación ventricular	

Preparación del paciente

Previa a la realización de la prueba, el paciente recibirá las indicaciones pertinentes relacionadas con:

- No realizar ejercicio físico intenso como mínimo 12 h antes de la prueba.
- No ingerir alimentos o fumar 2 a 4 h antes de la prueba.
- Llevar ropa y zapatos confortables, y no usar elementos metálicos, ni accesorios.
- Interrumpir los medicamentos en pacientes sin enfermedad arterial coronaria (EAC) conocida, si la prueba se realiza para diagnóstico (tabla 1.2). En caso que el objetivo sea monitorizar la eficacia del tratamiento en pacientes con EAC conocida, no será necesario la interrupción.
 - Suspender bebidas y alimentos que contengan xantinas como café, té y/o chocolate durante las 24 h previas a la prueba ya que, si el nivel de estrés alcanzado es insuficiente, se puede convertir la prueba a estrés farmacológico con vasodilatadores.
 - Ofrecer explicación acerca de las características de la prueba de estrés y del examen nuclear, incluyendo el consentimiento informado.
 - Excluir la posibilidad de embarazo en pacientes femeninas en edad fértil.

Tabla 1.2. Medicamentos a interrumpir previo a la prueba de estrés

Medicamento	Tiempo mínimo de suspensión
Nitratos	24 h
Betabloqueadores	2 - 5 días (debe hacerse gradualmente para evitar el efecto rebote en la presión arterial)
Bloqueadores de canales de calcio	24 - 48 h
Metilxantinas	72 h
Pentoxifilina	72 h
Dipiridamol por vía oral	48 h
Inhibidores de la fosfodiesterasa	48 h

Día de la prueba

Se debe:

- Hacer una breve historia clínica que incluya los exámenes realizados y el examen físico, para determinar la probabilidad pretest de EAC.
- Canalizar vena para la administración de radiofármacos y de medicamentos, si es necesario.
- Disponer del personal entrenado en reanimación cardiovascular, con la instrumentación y los medicamentos de emergencia necesarios.
- Realizar la preparación adecuada de la piel para la colocación de los electrodos, de manera que asegure un correcto trazado electrocardiográfico.
- Realizar monitoreo constante del ECG (como mínimo 3 derivaciones) durante el ejercicio y los primeros 5 min de la recuperación, hasta que la frecuencia cardíaca sea <100 latidos/min y los cambios isquémicos se resuelvan. Se debe registrar el ECG de 12 derivaciones basal en cada estadio del ejercicio, en el ejercicio pico y al final de la recuperación.
- Medir la presión arterial como mínimo al segundo minuto de cada estadio durante el ejercicio, en el ejercicio pico, al inicio, en el minuto cero de recuperación y en cada minuto de la recuperación hasta el minuto 5.

Criterios para concluir el ejercicio. Para considerar que el estrés es suficiente para diagnóstico, se requiere alcanzar como mínimo el 85 % de la frecuencia cardíaca máxima calculada según la edad del paciente, sin embargo, esto no debe utilizarse como criterio de interrupción del ejercicio.

Se debe continuar la prueba hasta la aparición de agotamiento, excepto si aparecen síntomas o isquemia significativos (prueba limitada por síntomas). Los criterios para la interrupción del ejercicio se presentan en la tabla 1.3.

Tabla 1.3. Criterios para la interrupción del ejercicio

Criterios	
Absolutos	Caída de la PA sistólica >10 mmHg en relación con la basal, acompañada por otra evidencia de isquemia
	Depresión del segmento ST de 3 mm sin angina
	Ataxia, síncope o mareos
	Signos de perfusión periférica reducida (cianosis, palidez, frialdad)
	Dificultades técnicas para la monitorización de ECG o PA
	Requerimiento del paciente de interrumpir el ejercicio
	Taquicardia ventricular sostenida
	Supradesnivel del segmento ST de 1 mm en derivaciones sin ondas Q diagnósticas (excepto V1 o aVR)

Tabla 1.3. (cont.)

Criterios	
Relativos	Depresión del segmento ST de 2 mm en presencia de angina
	CVPs multifocales, tripletes de CVPs, taquicardia supraventricular, bloqueo auriculoventricular o bradiarritmias
	Fatiga, disnea, sibilancias, acroparestesias o claudicación de miembros inferiores
	Angina en aumento
	Respuesta hipertensiva (PA sistólica >250 mmHg y/o PA diastólica >115 mmHg)

Una opción a considerar es la administración de una dosis de 0,5 mg de atropina, para aumentar la frecuencia cardíaca en pacientes en los que aparece fatiga antes de alcanzar el 80 % de la frecuencia cardíaca máxima

Estrés farmacológico

Existen situaciones en las que el ejercicio físico no se puede aplicar, a pesar ser la opción más fisiológica. En estos casos se utiliza el estrés farmacológico, ya sea con medicamentos vasodilatadores o inótrpos positivos.

Las indicaciones para el uso del estrés farmacológico pueden ser variadas:

- Imposibilidad de realizar ejercicio debido a limitaciones físicas no cardíacas (enfermedades neurológicas, musculares, esqueléticas y vasculares periféricas).
- Capacidad funcional reducida/imposibilidad de alcanzar al menos la FC submáxima (85 % de FC máxima) debido a: enfermedad pulmonar obstructiva crónica, diabetes *mellitus*/neuropatía, poco entrenamiento físico, pobre motivación, obesidad mórbida y enfermedades mentales.
- Bloqueo completo de rama izquierda del Haz de Hiss (BCRIHH).
- Ritmos de marcapaso.
- Síndromes de preexcitación ventricular.

En la figura 1.1 se presenta un algoritmo que sirve de orientación para la selección de la modalidad de estrés a utilizar, teniendo en cuenta la interpretabilidad del electrocardiograma, la capacidad funcional del paciente para realizar ejercicio físico y la existencia o no de contraindicaciones que permitan el uso de vasodilatadores.

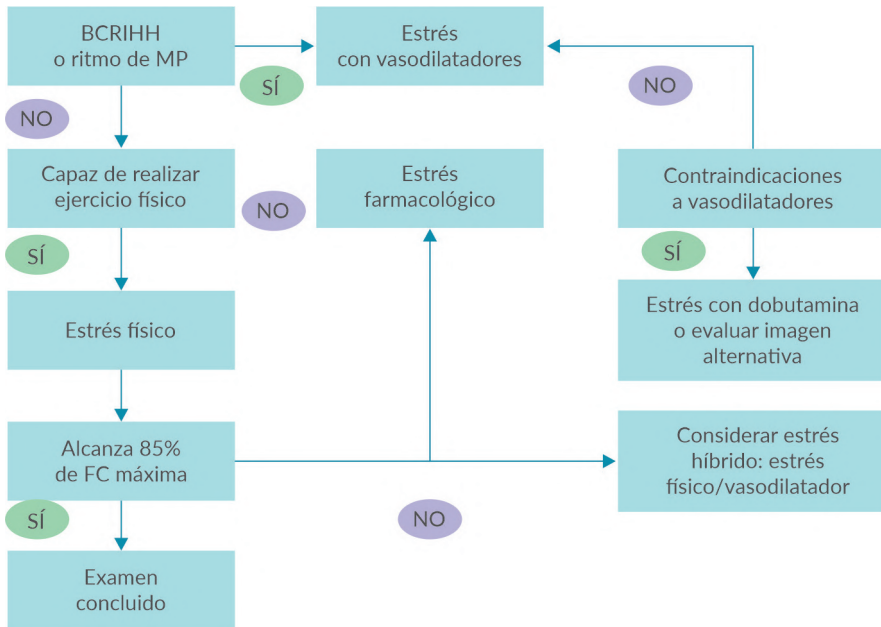


Fig. 1.1. Algoritmo para la selección del tipo de estrés a utilizar.

Los medicamentos utilizados para el estrés farmacológico pueden ser vasodilatadores (dipiridamol, adenosina), o inótrópos positivos como la dobutamina.

Vasodilatadores

Contraindicaciones:

- Pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), sibilancias en aumento o historia de enfermedad reactiva significativa de las vías aéreas.
- Hipotensión (PA sistólica <90 mmHg).
- Hipertensión arterial no controlada (PA sistólica >200 mmHg o PA diastólica >110 mmHg).
- Hipersensibilidad conocida al vasodilatador.
- Angina inestable, síndrome coronario agudo o infarto agudo del miocardio (IAM) reciente (menos de 2 a 4 días).
- Bloqueo auriculoventricular de segundo o tercer grado sin marcapasos (MP) implantado funcionando.
- Enfermedad del seno coronario.
- Uso reciente de dipiridamol o medicamentos que lo contengan (<48 h).
- Ingestión de bebidas o comidas que contengan cafeína en las 12 h previas (contraindicación relativa).
- Bradicardia sinusal significativa: FC <40 latidos/min (contraindicación relativa).
- Estenosis aórtica severa (contraindicación relativa).
- Convulsiones (contraindicación relativa).

Criterios para la interrupción de la infusión del vasodilatador:

- Efectos secundarios severos.
- Hipotensión severa (PA sistólica <80 mm Hg).
- Aparición de bloqueo auriculoventricular de 2do o 3er grado sintomático persistente.
- Arritmia cardíaca significativa.
- Sibilancias.
- Dolor precordial severo asociado con infradesnivel del segmento ST ≥ 2 mm.
- Signos de pobre perfusión periférica (palidez, cianosis, frialdad).
- Dificultades técnicas que imposibiliten la monitorización del paciente.
- Solicitud del paciente.

En todos los casos anteriores (excepto en convulsiones), estos efectos pueden revertirse mediante la administración de 125 mg de aminofilina e.v., al menos 1 min después de la inyección del radiofármaco. Como la adenosina tiene una vida media muy corta (<10 s), en la mayoría de los casos desaparece con la interrupción de la infusión.

Dipiridamol

Mecanismo de acción: es un vasodilatador coronario indirecto, que aumenta los niveles tisulares de adenosina mediante la inhibición de la acción de la adenosina de aminasa, y el bloqueo de la recaptación intracelular de la adenosina. Induce una hiperemia que dura más de 50 min. La vasodilatación máxima ocurre en promedio 6,5 min luego del inicio de la infusión y tiene una vida media de aproximadamente 30 a 45 min. Ocasiona discretos incremento de la frecuencia cardíaca y reducción de la presión arterial, tanto sistólica como diastólica.

Dosis: debe administrarse a 0,56 mg/kg i.v. durante 4 min (fig. 1.2). Puede administrarse 0,28 mg/kg más durante un período adicional de 2 min, hasta una dosis máxima total de 60 mg. Es importante recordar que se deben suprimir productos que contengan metilxantinas, incluyendo café, té u otras bebidas que contengan cafeína, así como teofilina/aminofilina, como mínimo en las 12 h previas a la prueba.

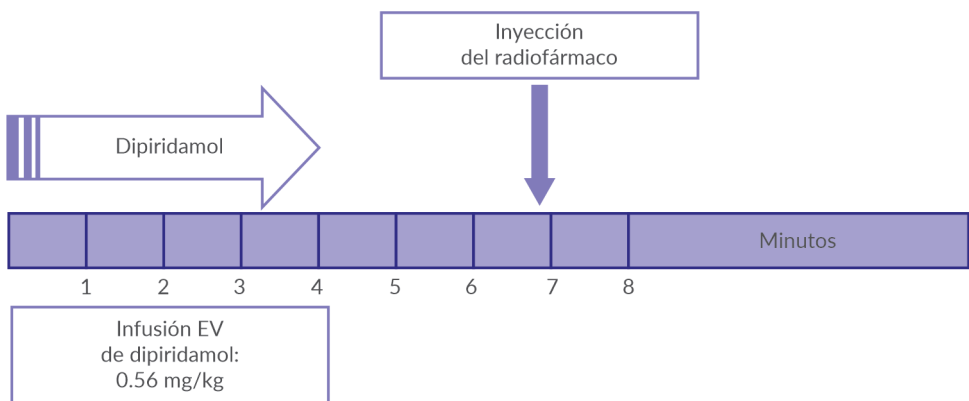


Fig 1.2. Protocolo de estrés farmacológico con dipiridamol.

Monitorización: tanto el ECG como la presión arterial deben monitorizarse cada minuto durante la infusión y hasta 3 a 5 min de la recuperación o estabilización del paciente. Es necesario registrar un ECG de 12 derivaciones cada minuto durante la infusión.

Efectos colaterales adversos:

- En el 50 % de los casos pueden ocurrir efectos colaterales ligeros como dolor precordial, cefalea, mareos, CVPs, náuseas, hipotensión y rubor.
- La incidencia de bloqueo auriculoventricular es menos frecuente con dipiridamol (2 %) que con la adenosina (8 %).
- Alteraciones del segmento ST y la onda T.
- IAM fatal o no fatal (muy raro).

Adenosina

Mecanismo de acción: es un agonista no selectivo de los receptores de adenosina que produce vasodilatación arteriolar coronaria, por activación directa de los receptores vasculares A_{2A}. El flujo sanguíneo miocárdico aumenta de 4 a 5 veces posadenosina, y de 3 a 4 veces posdipiridamol, en regiones irrigadas por coronarias normales. Si existe una estenosis coronaria severa con flujo colateral, los vasodilatadores desvían el flujo de las regiones mal perfundidas a las normalmente irrigadas (fenómeno de “robo coronario”).

La adenosina tiene una vida media muy corta (<10 s), con un efecto de hiperemia pico dentro de los 2 min luego de iniciada la infusión y que regresa al nivel basal a los 2 min de interrumpirla. Igual que el dipiridamol, ocasiona discretos incremento de la FC y reducción de la PA, tanto sistólica como diastólica.

Dosis: se administra como infusión continua a razón de 140 µg/kg/min durante 6 min, hasta un peso máximo de 125 kg. El radiofármaco se inyecta a los 3 min de comenzada la infusión, la que debe continuarse durante los restantes 3 min para completar el esquema de administración (fig. 1.3).

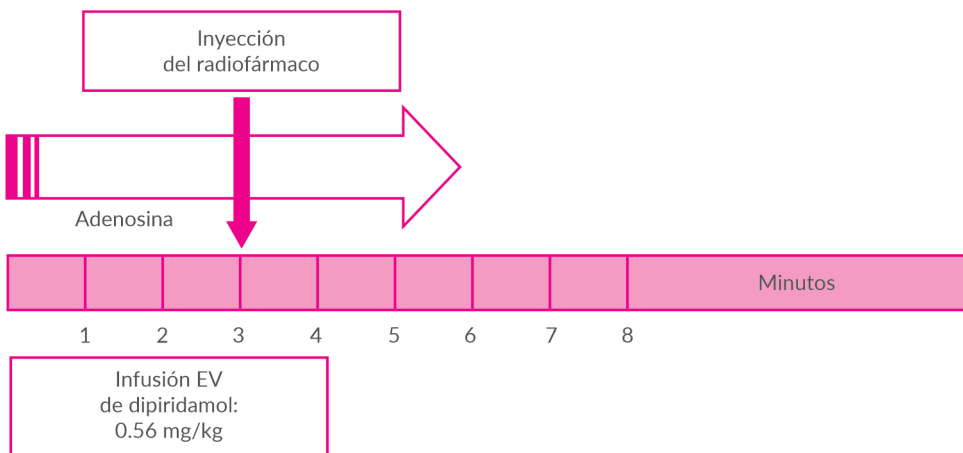


Fig 1.3. Protocolo de estrés farmacológico con adenosina.

En el caso de pacientes con mayor riesgo de complicaciones (hipotensión, asma controlada), puede comenzarse la infusión a una dosis menor (de 70 a 110 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$). Si se tolera bien durante 1 min se aumenta la infusión a 140 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ y se continúa durante 4 min. El radiofármaco debe inyectarse 1 min luego de comenzar la dosis de 140 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. Igual que con el dipiridamol deben suprimirse los productos que contengan xantinas en las 12 h previas.

Monitorización: Tanto el ECG como la PA deben monitorizarse cada minuto durante la infusión y hasta 3 a 5 min de la recuperación o estabilización del paciente. Se debe registrar un ECG de 12 derivaciones cada minuto durante la infusión.

Efectos colaterales adversos:

- En el 50 % de los casos pueden ocurrir efectos colaterales ligeros como rubor, dolor precordial, disnea, mareos, náuseas e hipotensión.
- El bloqueo auriculoventricular aparece en aproximadamente un 8 % de los casos. En más del 95% de las ocasiones estos episodios se autolimitan y no requieren interrumpir la infusión.
- Alteraciones del segmento ST y la onda T.
- IAM fatal o no fatal (muy raro).
- Fibrilación auricular.
- Aparición o recurrencia de convulsiones (poco frecuente).
- Accidentes cerebrovasculares hemorrágicos e isquémicos.

Inótrópos positivos

Dobutamina

Con el uso de este medicamento pueden aparecer con mayor frecuencia efectos colaterales adversos y complicaciones. Por ello, siempre que estén disponibles los vasodilatadores y no existan contraindicaciones, se recomiendan como forma de estrés farmacológico.

Mecanismo de acción: es un agonista betaadrenérgico que aumenta FC y contractilidad, produciendo hiperemia por mecanismos similares al ejercicio. Sus efectos hemodinámicos dependen de la dosis administrada: a bajas dosis (5 a 10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) aumenta la contractilidad sin incremento significativo de la FC, mientras que las dosis por encima de 10 a 20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ aumentan tanto la FC como la contractilidad.

En los territorios miocárdicos irrigados por arterias coronarias normales, ocasiona un incremento similar del flujo sanguíneo miocárdico a nivel subendocárdico y subepicárdico (dosis-dependiente), pero si existen estenosis coronarias significativas, el incremento es mínimo y sobre todo se produce a nivel subepicárdico. La vida media de la dobutamina es de 2 min, con inicio de la acción entre 1 y 2 min, aunque puede requerir hasta 10 min para alcanzar su efecto pico.

Dosis: se comienza la infusión a una dosis de 5 o 10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, con incrementos cada 3 min a 20, 30, y 40 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$. El radiotrazador debe inyectarse cuando se alcance la

FC pico y continuar la infusión de dobutamina durante 1 min más (fig. 1.4). Igual que cuando se emplea el ejercicio físico como estrés, se debe alcanzar al menos el 85 % de la FC máxima calculada para que la prueba sea diagnóstica. Por ello es importante interrumpir los betabloqueadores previo a la prueba.

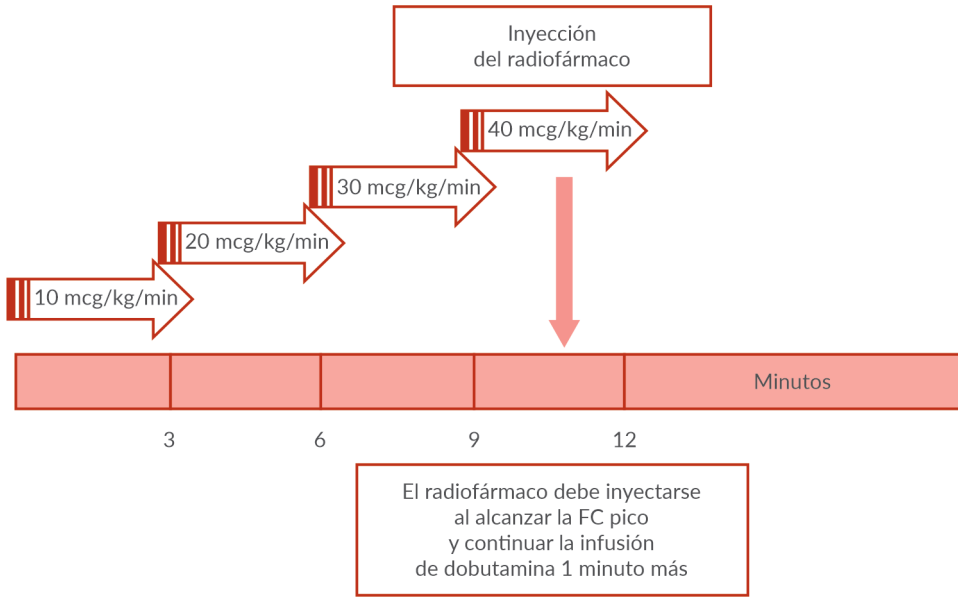


Fig. 1.4. Protocolo de estrés farmacológico con dobutamina.

La atropina puede utilizarse para aumentar la FC, comenzando en el segundo estadio de la infusión de dobutamina. Se administra en bolos de 0,5 mg, con intervalo de al menos 1 min entre bolos, hasta una dosis máxima de 2 mg. La atropina está contraindicada en caso de glaucoma de ángulo estrecho, uropatía obstructiva incluyendo hipertrofia prostática, desórdenes obstructivos gastrointestinales, miastenia gravis, fibrilación auricular con FC no controlada y antecedente de reacción adversa previa al fármaco.

Es necesario explicar al paciente que puede experimentar dificultades para conducir en las 2 h posteriores a la administración de la atropina, debido a la reducción de la acomodación ocular.

Monitorización: se deben monitorear el ECG y la PA en forma similar a otros tipos de estrés previamente explicados.

Efectos colaterales adversos:

- Los efectos colaterales comunes son: palpitaciones, dolor precordial, cefalea, rubor, disnea y arritmias supraventriculares y ventriculares.
- El infradesnivel isquémico del segmento ST aparece en alrededor de una tercera parte de los pacientes.

Como antídoto de los efectos colaterales severos se puede utilizar un betabloqueador de acción rápida como el esmolol, a razón de 0,5 mg/kg en 1 min. También puede utilizarse el metoprolol: 5 mg i.v.

Contraindicaciones para el uso de dobutamina:

- Angina inestable, síndrome coronario agudo, IAM reciente (menos de 2 - 4 días previo a la realización del estrés).
- Obstrucción dinámica del tracto de salida de ventrículo izquierdo.
- Taquiarritmias auriculares con respuesta ventricular no controlada.
- Antecedente de taquicardia ventricular.
- Arritmias ventriculares severas.
- Hipertensión arterial no controlada (PA sistólica >200 mmHg o PA diastólica >110 mmHg).
- Aneurisma aórtico grande o disección aórtica.
- Hipersensibilidad conocida a la dobutamina.
- Falla cardíaca descompensada.
- Pacientes en tratamiento con betabloqueadores o bloqueadores de canales de calcio en los que el tratamiento puede atenuar la FC y la respuesta inotrópica a la dobutamina.
- Estenosis aórtica severa (contraindicación relativa).

Criterios para la interrupción de la infusión de dobutamina:

- Alcanzar >85 % de la FC máxima calculada (1 min luego de la inyección del radiofármaco).
- Alcanzar la dosis de 40 µg/kg/min.
- Hipotensión severa (PA sistólica <80 mmHg).
- Hipertensión arterial severa (PA sistólica >230 mmHg o PA diastólica >115 mmHg).
- Arritmia cardíaca significativa.
- Dolor precordial severo asociado con infradesnivel del segmento ST \geq 2 mm.
- Supradesnivel del segmento ST >1 mm en derivaciones sin onda Q.
- Signos de pobre perfusión (palidez, cianosis, frialdad).
- Problemas técnicos que imposibiliten la monitorización.
- Solicitud del paciente.

Procedimiento general de uso de medios de contraste

Objetivo

Definir el manejo de los medios de contraste (MC) intravenoso y oral utilizados para maximizar la seguridad de administración.

Para lograr el objetivo es necesario:

- Evitar la administración de MC en pacientes que tengan contraindicaciones por alergia demostrada en estudios previos y por antecedentes de insuficiencia renal.

- Disminuir las consecuencias de la administración de MC en los pacientes con contraindicaciones relativas, y en los que no exista otra alternativa que la administración de contraste yodado.
- Definir las medidas de actuación en caso de reacciones adversas.

Términos y definiciones

Insuficiencia renal: según la *National Kidney Foundation* (EE. UU.), la insuficiencia renal se define como una disminución de la función renal, expresada por un filtrado glomerular (FG) o un aclaramiento de creatinina estimados en $<60 \text{ mL/min/1,73 m}^2$, o por la presencia de daño renal de forma persistente durante al menos 3 meses.

Nefropatía inducida por contraste: se define como una alteración de la función renal (con aumento de la creatinina sérica en más de 25 %) durante los 3 días que siguen a la administración del contraste, siempre que no exista otra etiología alternativa.

Responsabilidades

Serán responsables de la aplicación de este procedimiento el médico nuclear, el técnico y el enfermero del departamento.

Médico nuclear:

- Valorar y resolver eventos adversos.
- Decidir si se administra o no el medio de contraste.
- Hacer cumplir este procedimiento.

Enfermero:

- Canalizar y cuidar la vía intravenosa.
- Intercambiar información con el paciente.
- Comprobar en la historia clínica los datos analíticos (insuficiencia renal, valores de creatinina, alergias, etc.) que puedan contraindicar la administración del contraste.

Técnico:

- Preparar la bomba de infusión de contraste.

Descripción del procedimiento

Procedimiento previo

Pasos previos a la administración del contraste:

1. Por parte del médico prescriptor: comprobar que no exista alergia a compuestos yodados o insuficiencia renal que impida la administración de MC.
2. Por parte del enfermero: revisar la función renal y calcular el aclaramiento de creatinina. No se puede administrar medios de contraste sin realizar una creatinina previa al estudio.

3. Por parte del médico nuclear:

- Detectar los casos de riesgo:
 - Evaluar el aclaramiento de creatinina sérica: cifras igual o inferior a <30 mL/min, aumentan la incidencia y severidad de la nefropatía por contraste. En los casos con valores por encima de 47 mL/min, no se produce insuficiencia renal que requiera diálisis.
 - Explorar antecedentes de reacción alérgica.
- Suspender la administración de medicamentos nefrotóxicos como gentamicina, AINEs, al menos 4 h previa a la administración de contraste. necesitan
- Indicar expansión de volumen en caso de insuficiencia renal leve: la hidratación adecuada es la única medida útil que se acepta para prevenir la nefropatía inducida por contraste. Es necesario evitar que los pacientes acudan deshidratados al servicio de radiodiagnóstico, y aunque deben mantener un régimen de ayuna de 4 a 6 h, requieren beber líquidos.

La administración de abundantes líquidos por vía oral no parece ser la mejor forma de prevenir la nefropatía, ya que produce una hidratación hipotónica con paso de líquido al compartimiento intracelular, sin embargo, la administración de suero salino produce una hidratación isotónica, con permanencia del líquido en el compartimiento extracelular.

El protocolo que se propone para la expansión de volumen en pacientes ingresados es solución salina 1 mL/kg de peso corporal/h durante 24 h, comenzando 12 h antes del contraste yodado.

Administración de medicamentos:

- Agonistas selectivos de receptores dopaminérgicos 1 como el fenoldopam, no se ha demostrado su utilidad y tienen serios inconvenientes. *No se recomienda de forma rutinaria.*
- Acetilcisteína: aunque se usa de forma rutinaria en diferentes sitios, algunos estudios sugieren que puede aumentar la eliminación tubular de la creatinina y mantener elevada la tasa de filtrado glomerular. *A pesar de ser un medicamento seguro, barato y fácil de administrar se necesitan más estudios que demuestren su utilidad.*
- Infusión de bicarbonato de sodio: actúa frente a los radicales libres que se consideran uno de los elementos centrales en el origen de la nefropatía. Se reporta un estudio en que se administró una solución de 154 mEq/L en forma de bolo de 3 mL/kg una hora antes del contraste y una infusión de 1 mL/kg, durante 6 h después del procedimiento. *No hay estudios que evidencien la eficacia de la infusión de bicarbonato.*
- Otro estudio sugiere que la combinación de acetilcisteína y bicarbonato podría ser más eficaz que cada una de las drogas por separado, pero *esta hipótesis precisa más estudios.*

Antecedentes de reacción alérgica: las reacciones alérgicas a los contrastes yodados son muy raras, debido a que son moléculas muy pequeñas que, en teoría, no deben tener

propiedades alérgicas. No se han encontrado anticuerpos específicos frente a ellos, por lo que se hace referencia a “reacciones pseudoalérgicas”.

Antes de solicitar cualquier estudio que lleve contraste yodado, el médico prescriptor debe preguntar a sus pacientes si tienen antecedentes de haberlo recibido. Hay que ser muy cuidadoso, ya que muchas reacciones alérgicas referidas por los pacientes, son en realidad reacciones quimio-tóxicas producidas por contrastes antiguos, hiperosmolares y más tóxicos. En este caso se debe avisar al médico nuclear para que valore otras alternativas.

Tratamiento preventivo:

- Se ha propuesto el uso de corticoides (metilprednisolona oral 32 mg de 6 a 24 h y 2 h antes de la inyección del contraste). Al parecer es un tratamiento con pocos efectos secundarios que puede disminuir la aparición de reacciones adversas menores. Las reacciones severas son muy raras y no hay pruebas de que el tratamiento con esteroides pueda evitarlas.
- Si existe el antecedente de reacciones alérgicas, la recomendación básica es evitar la administración de contraste yodado y buscar otra alternativa de imagen.

Si fuera imprescindible la administración de contraste:

- Considerar la prueba como de alto riesgo.
- Indicar por escrito la administración de contraste yodado, según los protocolos habituales.
- Realizar tratamiento preventivo.
- Informar al paciente y dejar constancia en el consentimiento informado.
- Tener listo el carro de paro y toda medicación necesaria ante una reacción alérgica eventual.

Durante el procedimiento

Acciones de los responsables:

- Por parte del enfermero: canalizar la vía intravenosa.
- Por parte del técnico: preparar la bomba de infusión de contraste.
- Por parte de médico nuclear y el enfermero: detectar y tratar las complicaciones o reacciones adversas.

Después del procedimiento

Por parte del enfermero: realizar cuidados locales; brindar consejos al paciente (hidratación).

Situaciones especiales. Se consideran pacientes de riesgo por alteración de la función renal, los que presenten las condiciones siguientes:

- Disfunción renal.
- Diabetes *mellitus*.
- Alteraciones de la perfusión renal.
- Factores neurotóxicos (algunos medicamentos como antibióticos y cirugías).
- Edad por encima de 70 años.

En estos casos se recomienda:

- No administrar contraste: como norma básica se debe intentar la prueba con contraste yodado solo en aquellos casos en que sea imprescindible.
- Si es necesario administrar contraste optimizar la dosis: se han publicado fórmulas que determinan el volumen máximo de contraste que se puede administrar sin riesgo de nefropatía:
 - Para contraste hiperosmolares: volumen máximo = 5 mL de contraste/kg de peso/creatinina sérica (mg/dL). El valor máximo del numerador será 300.
 - Para contrastes hipoosmolares: Se puede aplicar la misma fórmula, pero el volumen total se puede multiplicar por un factor de 1,4.
- Evitar el uso de contraste hiperosmolares: los contrastes hipoosmolares son menos tóxicos en pacientes con alteraciones de la función renal. Se han publicado estudios que intentan demostrar la mayor seguridad de los contrastes dímeros iso-osmolares no iónicos.

Los contrastes yodados y la función tiroidea

El contraste yodado no afecta la función tiroidea ni las pruebas analíticas tiroideas en pacientes normales. Sin embargo, existen algunas situaciones en las que hay que tener consideraciones especiales.

Contraindicación absoluta:

- Pacientes con hipertiroidismo claro.
- Pacientes que desarrollan tirotoxicosis después del uso de contrastes yodados.

Pacientes sin riesgo: función tiroidea normal.

Pacientes con riesgo:

- Enfermedad de Graves.
- Bocio multinodular con autonomía tiroidea, especialmente si son ancianos y/o viven en una zona con déficit endémico de yodo.

Recomendaciones:

- No es necesaria la profilaxis.
- Realizar por el especialista de endocrinología un monitoreo a los pacientes de riesgo después de la administración del contraste. En algunos casos, se puede indicar un tratamiento profiláctico.
- No administrar contraste colangiográficos intravenoso en pacientes de riesgo.
- No administrar contraste yodado dos meses antes de estudios isotópicos o tratamiento isotópico.

Los contrastes yodados en pacientes diabéticos en tratamiento con metforminas

Los compuestos con metformina (Dianben, grag 50 ROCHE) se eliminan por el riñón. Una alteración de la función renal (filtración inferior a 70 mL/min o creatinina sérica

superior a 1,6 mg/dL o de 140 μ moles/L) puede producir acidosis láctica, que se puede potenciar por las alteraciones transitorias que produce el contraste en la función renal.

Hay que tener en cuenta que los pacientes a los que se les administra metformina deben tener una función renal normal, en caso de detectar cualquier alteración, se debe suspender el tratamiento y comunicar de inmediato a su médico. Se han descrito varias recomendaciones relacionadas con la administración de contraste yodado en estos pacientes:

- Nivel de creatinina sérica:
 - Realizar la medición en todos los pacientes que tomen biguanida antes de administrar el contraste yodado.
 - Usar siempre contraste hipoosmolar.
- En pacientes citados:
 - Si el nivel de creatinina es normal suspender la metformina el día del estudio, y no administrarla hasta 48 h después del contraste yodado, luego de comprobar que la función renal es normal.
 - Si el nivel de creatinina es anormal suspender la metformina 4 h antes del estudio con contraste yodado, y no administrarla hasta 48 h después de la prueba, luego de comprobar que la función renal es normal.
 - Si el nivel de creatinina es anormal y es imprescindible administrar contraste, se tomarán las siguientes medidas: suspender la metformina; hidratación adecuada al paciente; monitoreo de la función renal, PH sanguíneo y ácido láctico en sangre; seguimiento clínico para identificar signos y síntomas de acidosis láctica.

Los contrastes yodados en el embarazo y la lactancia materna

Los contrastes yodados difunden rápidamente la barrera feto-placentaria. Aunque no se ha demostrado un efecto teratogénico, tampoco se ha demostrado seguridad para las embarazadas. Probablemente, el riesgo de esta prueba para el feto se deba más a las radiaciones que al contraste. Por lo general se recomienda usarlos solo cuando sea estrictamente necesario.

En el lactante no está demostrado un efecto tóxico de estos contrastes ni una seguridad absoluta. El yodo libre puede afectar la tiroides de los niños, pero la mayor parte del yodo inyectado va unido a proteínas plasmáticas, lo que ocasiona un nivel bajo de afectación. La vida media del contraste en sangre es muy corta (unos 60 min), lo que supone que en teoría, la cantidad que podría pasar a la leche materna y al lactante es mínima.

Según la ficha técnica del contraste yodado utilizado en Cuba, Visipaque (iodixanol), la lactancia puede continuarse con normalidad cuando se administra medios de contraste a la madre.

Factores de riesgo: edad avanzada, antecedentes familiares de enfermedad renal crónica (ERN), hipertensión arterial (HTA), diabetes *mellitus*, disminución de la masa renal, bajo peso al nacer, enfermedades autoinmunes, y sistémica, infecciones urinarias, litiasis, enfermedades obstructivas de las vías urinarias bajas, uso de fármacos neurotóxicos, raza afroamericana, bajo nivel educativo y social.

Daño renal: existen alteraciones patológicas o marcadores de daño, en particular una proteinuria/albuminuria persistente, índice albúmina/creatinina >30mg/g (se ha propuesto sexo-específico en 17 mg/g en varones y 25 mg/g en mujeres); alteraciones en el sedimento urinario y alteraciones morfológicas en las pruebas de imagen.

La creatinina sérica, no debe utilizarse como parámetro único en la valoración de la función renal.

En la práctica clínica habitual el filtrado glomerular (FG) se estima mejor a partir de las ecuaciones basadas en la creatinina sérica, que en el aclaramiento de creatinina con recogida de orina de 24 h (nivel de evidencia B). Solo en situaciones especiales (mal nutrición, obesidad, cirrosis hepática, amputación de miembros inferiores y otras) debe calcularse el aclaramiento de creatinina con recogida de orina de 24 h.

Se recomienda que los laboratorios dispongan de los datos de edad, raza, sexo y peso del paciente para emitir la estimación del FG junto con la creatinina sérica.

En la tabla 1.5 se establecen los grados de insuficiencia renal.

Tabla 1.5. Grados de insuficiencia renal según filtrado glomerular

Estadio	Descripción	FG* (mL/min/1,73m ²)
	Riesgo aumentado de ERC*	≥ 60 con factores de riesgo
1	Daño renal + FG normal	≥90
2	Daño renal + FG ligeramente disminuido	60-89
3	FG moderadamente disminuido	30-59
4	FG gravemente disminuido	15-29
5	Fallo renal	< 15 o diálisis

Leyenda: ERC: enfermedad renal crónica; FG: filtrado glomerular.

Procedimiento para extravasación y manejo de situaciones adversas después de la administración de contrastes yodados

La mayoría de las lesiones que se producen por extravasación luego de la administración de contrastes yodados son leves, las lesiones graves incluyen ulceración cutánea, necrosis del tejido blando y síndrome compartimental.

Tratamiento

El tratamiento conservador es el adecuado en la mayoría de los casos, e incluye:

- Elevación del miembro donde ocurre la extravasación.
- Aplicar hielo.
- Monitorización cuidadosa.
- Interconsulta con cirugía, si hay sospecha de lesión importante.

Factores de riesgo:

- Reacciones previas (>5 veces).
- Asma bronquial (2-5 veces).
- Alergia a medicamentos (2 veces).
- Enfermedad renal.
- Diabetes *mellitus*.
- Enfermedad cardiaca.
- Hipertensión arterial.

En estos casos es preferible usar contrastes de baja osmolaridad.

Contraindicaciones relativas:

- Reacciones previas moderadas o severas.
- Feocromocitoma (crisis hipertensiva).
- Mieloma múltiple.
- Anemia por células falciformes.
- Hipertiroidismo mal controlado (tormenta tiroidea).
- Azotemia sobre todo en diabetes (fallo renal creat. >1,8).
- Miastenia Gravis (exacerbación).
- Hemoglobinuria paroxística nocturna.
- Tratamiento con interleukina -2.
- Tratamiento con metformina (acidosis láctica).

Premedicación en pacientes de riesgo:

- Considerar la indicación de la prueba si es de estricta necesidad y teniendo en cuenta las posibles alternativas.
- Utilizar contrastes de baja osmolaridad.
- Prednisona 50 mg: 13 h, 7 h, 1 h antes.
- Difenhidramina 50 mg: 1 amp. i.m. 1 h antes.
- Efedrina 25 mg v.o., 1 h antes (no usar en pacientes >50 años o hipertensos).
- Monitoreo constante.

Manejo de situaciones adversas después de la administración de contrastes yodados

Objetivo

Describir el procedimiento para el manejo de situaciones adversas después de la administración de contrastes yodados.

Términos y definiciones

Reacciones inmediatas a los contrastes yodados: es aquella que aparece inmediatamente después de la administración del radiofármaco.

Reacciones tardías a los contrastes yodados: se define como una reacción que ocurre entre 1 h y 1 semana después de la administración del contraste (prevalencia incierta y fisiopatología no completamente conocida).

Responsabilidades

Serán responsables de la aplicación de este procedimiento el médico nuclear y el enfermero del departamento.

Médico Nuclear. Tiene la responsabilidad de:

- Valorar y resolver los eventos adversos.
- Decidir la utilización o no del medio de contraste.
- Hacer cumplir este procedimiento.

Enfermero. Tiene la responsabilidad de:

- Canalizar y cuidar la vía intravenosa.
- Intercambiar información con el paciente.
- Comprobar en la historia clínica los datos analíticos (insuficiencia renal, valores de creatinina, alergias, etc.) que puedan contraindicar la administración del contraste.

Descripción del procedimiento

En este procedimiento es vital que estén disponibles fármacos e instrumental de primera línea para el uso urgente, recursos imprescindibles de un carro de paro, y la guía de actuación para el tratamiento de las reacciones agudas a los medios de contraste.

Posibles reacciones adversas:

- Nauseas/vómitos:
 - Transitorios: tratamiento de soporte.
 - Graves y prolongados: un fármaco antiemético apropiado.
- Urticaria:
 - Extensa y transitoria: tratamiento de soporte incluido la observación.
 - Extensa y prolongada: administrar un antihistamínico H1 vía i.m. o e.v. (puede dar somnolencia y/o hipotensión).
 - Marcada: administrar adrenalina 1:1000; 0,1-0,3 mg por vía i.m. en adultos. Niños: 0,01 mg/kg i.m. Máximo: 0,3 mg. Repetir cuando sea necesario.
- Broncoespasmo:
 - Oxígeno en mascarilla (6-10 L/min).
 - B2 Agonista inhalado con dosificador (2-3 inhalaciones profundas).
 - Adrenalina: con presión arterial normal, vía i.m. 1:1000; 0,1-0,3; 0,3 (usar dosis menores en enfermedad de arterias coronarias o ancianos). En pacientes pediátricos 0,01 mg/kg i.m. hasta 0,3 máximo. Con presión arterial descendida: vía i.m. 1:1000; 0,5 mL (0,5 mg). En pacientes pediátricos 0,01 mg/kg.
- Edema laríngeo:
 - Oxígeno en mascarilla (6-10 L/min)
 - Adrenalina i.m. 1:1000; 0,5 ml (0,5mg) en adultos; repetir si fuera necesario.

- Hipotensión aislada:
 - Elevar las piernas.
 - Oxígeno en mascarilla (6-10 mL/min).
 - Líquidos i.v. a flujo rápido (suero salino normal o solución Ringer Lactato).
 - Si no hay respuesta: adrenalina: 1:1000; 0,5 mL (0,5mg) en adultos, repetir si fuera necesario.
- Hipotensión y bradicardia por reacción vagal:
 - Elevar las piernas del paciente.
 - Oxígeno en mascarilla (6-10 mL/min).
 - Atropina 0,6 a 1 mg por vía i.v. Repetir si fuera necesario de 3 a 5 min, hasta un total de 3 mg (0,4 mg/kg) en adultos. En pacientes pediátricos dar 0,02 mg/kg vía e.v. (máximo 0,6 mg por dosis) y repetir si fuera necesario hasta un total de 2 mg.
 - Líquidos i.m. a flujo rápido, suero salino normal o solución de Ringer lactato.
- Reacción anafiláctica generalizada:
 - Llamar al equipo de emergencias.
 - Aspiración de vía aérea si fuera necesario.
 - Elevar las piernas si está hipotenso.
 - Adrenalina i.m. 1:1000; 0,5 mL (0,5 mg) en adultos, repetir si fuera necesario.
 - En pacientes pediátricos hasta 0,3 mg (dosis máxima).
 - Líquidos i.v. (suero salino normal o Ringer lactato).
 - Bloqueantes H1 (difenhidramina 25-50 mg e.v.).

Reacciones tardías a los contrastes yodados:

Se han descrito síntomas tardíos tras la administración de contraste (cuadro pseudo-gripal, cefalea, dolor musculoesquelético, fiebre, náuseas, vómitos, prurito y erupción de la piel), algunos no relacionados con este.

Las reacciones de la piel son similares a las producidas por otros medicamentos, y se consideran verdaderas reacciones adversas. Generalmente son ligeras o moderadas y autolimitadas, que se resuelven en 2 a 3 días.

Factores de riesgo para las reacciones tardías en la piel:

- Reacción previa al contraste.
- Tratamiento con interleukina-2.

Profilaxis:

- Por lo general no se recomienda.
- Los pacientes que han tenido una importante reacción adversa tardía previa, pueden ser candidatos a reacciones adversas generalizadas.

Recomendaciones

Informar al paciente que puede aparecer una reacción tardía en la piel si existe el antecedente de una reacción adversa al contraste, o si llevan tratamiento con interleukina-2, y que deben contactar con el médico tratante en caso de que esta se presente.

Procedimiento general de uso de radiofármacos

Objetivo

Administrar radiofármacos (RF) a pacientes que se realizan estudios de Medicina Nuclear.

Alcance

Aplicable a todos los pacientes que acuden a realizarse estudios de Medicina Nuclear con tecnología SPECT/CT.

Equipamiento, materiales y reactivos

Son los siguientes:

- Agua y jabón.
- Jeringuillas de diferentes calibres.
- Agujas de diferentes calibres.
- Guantes.
- Ligadura.
- Delantal plomado.
- Alcohol 90 %.
- Torundas estériles.
- Cubetas.
- Contenedor de plomo para desechos.
- Radiofármacos: el empleado según el estudio a realizar.
- Silla para inyección o camilla.
- Negatoscopio
- Esfigmomanómetro y estetoscopio
- Computadora.

Personal

Licenciado en Enfermería y en caso necesario el médico.

Procedimiento

Se deben cumplir las instrucciones siguientes:

- Preparar el material a utilizar, realizando desinfección mecánica del mismo.
- Registrar el paciente, e identificar por nombre, apellidos e indicación médica.
- Verificar la dosis y el producto a administrar.
- Preparar psicológicamente al paciente o madre acompañante (en caso de pediatría), explicándole en qué consiste el procedimiento. Si es mujer en edad fértil se verificará que no esté en estado de gestación, o lactando.
- Colocar el delantal plomado.

- Hacer que el trabajador ocupacionalmente expuesto (TOE) use el dosímetro de cuerpo entero y el de extremidades, acorde a las instrucciones correspondientes, descritas en la documentación del proceso de protección radiológica.
- Realizar lavado de manos con agua y jabón.
- Colocar los guantes.
- Elegir una vena periférica adecuada para administrar el producto.
- Decidir con cuidado el lugar de venopunción, observar y palpar los diferentes trayectos venosos. Esperar unos segundos a que se rellenen.
- Favorecer la dilatación del vaso utilizando diferentes maniobras: friccionando la extremidad desde la región distal hacia la proximal (por debajo del torniquete), abriendo y cerrando el puño, dando golpecitos con el dedo, y aplicando calor (con una compresa caliente o friccionando la zona con alcohol). Observe y palpe los trayectos venosos una vez que estén dilatados y rellenos. Elija el lugar de punción.
- Elegir el lugar adecuado para la venopunción teniendo en los siguientes factores:
 - El tamaño de la aguja: para venas de pequeño calibre, agujas de pequeño calibre y para venas de mayor calibre, agujas de mayor diámetro.
 - El tipo de vena: de preferencia las venas que sean flexibles y rectas. Está contraindicado pinchar cualquier trayecto venoso que esté inflamado.
 - La edad del individuo. En los lactantes hasta el año de edad, se escogen las venas de mayor calibre restringiendo bien para evitar movimientos. En los adolescentes y los adultos, las de la mano y el antebrazo. En los ancianos se prefieren las venas del antebrazo ya que las de la mano, además de tener un trayecto bastante tortuoso, son difíciles de fijar a la hora de pincharlas (se mueven o “bailan”).
- Localizar en las extremidades las zonas donde se pueden administrar los medicamentos (figs. 1.5 y 1.6), de preferencia:
 - La extremidad superior a la inferior.
 - Red venosa dorsal de la mano: vena cefálica y basílica.
 - Antebrazo: venas cefálica y antebraquiales.
 - Fosa antecubital: vena basílica (la de elección), vena cubital (es la de elección para las extracciones de sangre periférica, pero no para canalizar una vena, ya que su trayecto es corto) y vena cefálica (es difícil de canalizar porque no es recta y “se mueve” bastante).
 - Brazo: venas basílica y cefálica.
 - Red venosa dorsal del pie.
 - Zona inguinal: vena safena interna y femoral.
- Decidir con cuidado el lugar de venopunción, observar y palpar los diferentes trayectos venosos.

- Ligar por encima de la zona a puncionar.
- Realizar desinfección de la zona aplicando una torunda impregnada en antiséptico en la zona a puncionar desde el centro a la periferia, con un diámetro de aproximadamente 5 cm. Con ello “se barrere” hacia el exterior los gérmenes de esa zona de la piel, cosa que no se consigue si el movimiento que se le imprime a la torunda es de derecha a izquierda o de arriba abajo.
- Secar la piel y se administra el radiofármaco en forma de bolo.
- Colocar una torunda estéril en el sitio de punción.
- Desechar los materiales utilizados en un contenedor de plomo (agujas jeringuillas, torundas, guantes, etc.).
- Explicar al paciente el procedimiento a seguir posterior a la inyección, enfatizando en las medidas de protección radiológica.
- Anotar en la indicación o historia clínica la dosis administrada, fecha, hora y sitio de inyección.
- Apuntar en la libreta de recogida de datos el nombre del paciente, la dosis y el estudio a realizar, así como alguna observación importante.
- Lavar las manos.

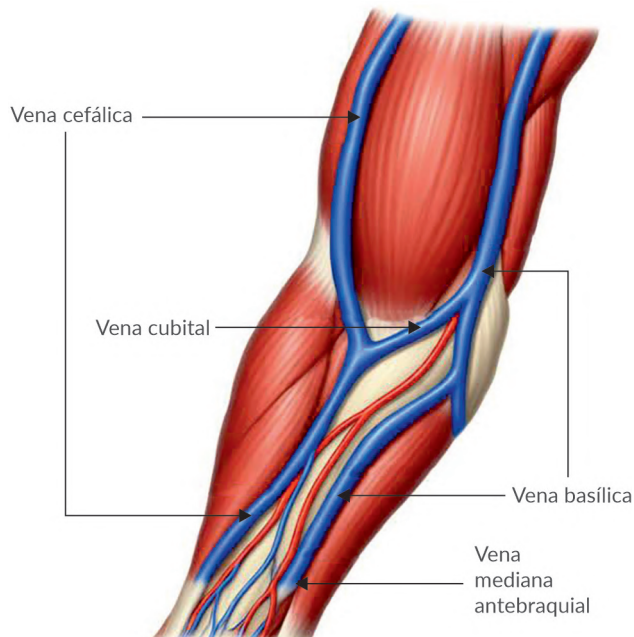


Fig. 1.5. Visión ventral del brazo derecho. Fuente: Guía clínica de enfermería, técnicas y procedimientos básicos. 4ta ed. Madrid: Harcourt Brace, 1998.

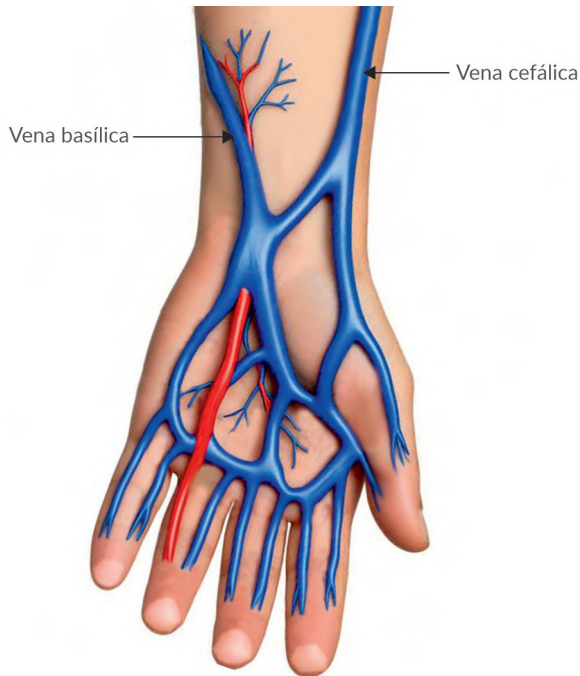


Fig. 1.6. Visión dorsal de la mano derecha. **Fuente:** Guía clínica de enfermería, técnicas y procedimientos básicos. 4ta ed. Madrid: Harcourt Brace, 1998.

Condiciones de seguridad

Se indican las siguientes:

- El personal de enfermería está obligado a preservar el orden en el local de inyecciones, respetando la privacidad del paciente y su confidencialidad.
- Antes de realizar las acciones de limpieza del puesto de trabajo, se debe realizar mediciones de contaminación superficial.
- Cumplir con todas las disposiciones de Protección Radiológica.
- Cumplir con las normas de asepsia y antisepsia.
- El personal de enfermería debe garantizar que en ningún momento quede un paciente solo en los locales destinados a la atención de los mismos
- El personal que realiza la técnica de inyección debe vestir correctamente bata sanitaria y mantener los principios de la ética médica.

Observaciones

Velar porque el tiempo entre la entrega de la dosis por el laboratorio y el momento de administración no sea superior a los 45 minutos, para evitar que decaiga la dosis por debajo del 10% del valor reportado por el laboratorio.

Ejecutor: Personal de enfermería.

Registro: Registro de administración de dosis.

Metodología para la atención al paciente en un estudio con tecnología PET-CT

Responsabilidades

Recepcionista: recepcionar y orientar al paciente.

Enfermera:

- Llevar el paciente a la consulta médica para la entrevista con el médico nuclear. Administrar el radiofármaco.
- Orientar y monitorear el paciente durante el tiempo de permanencia en el servicio.

Médico Nuclear:

- Velar por la integridad del paciente durante el tiempo que dure el estudio.
- Revisar las imágenes después de cada adquisición.

Tecnólogo:

- Asegurar la correcta adquisición del estudio.
- Adquirir el estudio de medicina nuclear.

Condiciones de seguridad

Se indican las siguientes:

- Guantes y ropa protectora (bata de mangas largas).
- Uso de pijamas por los pacientes.

Equipamiento

Se utilizará el equipamiento siguiente:

- Dosímetro TLD de cuerpo entero.
- Dosímetro TLD de extremidades.
- Glucómetro.
- Pesa con tallímetro.
- Activímetro.
- PET-CT.

Materiales y reactivos

Son necesarios:

- Tiras para glucómetro.
- Jeringuillas con protectores plomados.
- Cubetas plomadas.
- Mesa mayo.
- Torundas.
- Alcohol al 70 %.
- Trocar.
- Bolígrafo.

Procedimiento

Se seguirán los pasos siguientes:

- Recibir al paciente.
- Solicitar la indicación del estudio y revisar la aprobación por el médico nuclear del servicio en la consulta de clasificación previa.
- Registrar en la bitácora existente.
- Notificar al personal de enfermería la llegada del paciente.
- Trasladar el paciente hasta la consulta médica para la entrevista con el médico nuclear.
- Solicitar al paciente el consentimiento informado debidamente firmado.
- Comprobar que coincida el peso y talla del paciente con el registrado en la consulta de clasificación. En caso de ser diferente, remitir al médico nuclear para la modificación de la actividad a administrar en función del peso del paciente. Registrar.
- Determinar los niveles de glucosa en sangre si el radiofármaco a utilizar es ^{18}F -FDG, si los niveles no se corresponden con los valores normales, informar al médico nuclear para tomar las medidas pertinentes.
- Llevar el paciente al local de cambio de ropa para que se ponga el pijama. El acompañante deberá permanecer en la recepción del servicio.
- Canalizar una vía para la administración del radiofármaco.
- Conducir al paciente a uno de los cuatro cuartos de reposo donde le será administrado el radiofármaco.
- Medir en el activímetro colocado en la meseta del área de circulación, la actividad en la jeringuilla antes de administrar el radiofármaco al paciente (AI). Registrar.
- Trasladar la mesa mayo con la cubeta plomada que contiene la jeringuilla con el protector plomado, hasta el sillón o la cama donde se encuentra el paciente.
- Administrar el radiofármaco al paciente.
- Medir en el activímetro colocado en la meseta del área de circulación, la actividad en la jeringuilla antes de administrar el radiofármaco al paciente (AI). Registrar.
- Calcular la actividad neta administrada (AI-AA). Registrar.
- Monitorear al paciente por el circuito cerrado de televisión ubicado en la enfermería y asistirlo en caso que sea necesario.
- Indicar al paciente que orine en el baño destinado para él en la zona controlada durante el reposo, y antes de pasar al local del PET-CT para la adquisición de las imágenes.
- Conducir al paciente al local de espera ubicado en la zona controlada hasta que se complete la revisión de las imágenes adquiridas. Regresar al paciente al local de reposo en caso de requerirse una imagen tardía.
- Indicar al paciente que puede proceder al cambio de ropa una vez concluido el estudio y conducirlo hasta la recepción.
- Informar la fecha de recogida del informe si es un paciente de otra institución de salud.

Manejo de los eventos adversos posadministración de radiofármacos

Alcance. Aplicable a todos los pacientes que se realizan estudios en los servicios de medicina nuclear.

Términos y definiciones

Eventos adversos: se define como la situación o suceso no deseado imputable a la atención de salud y no derivado de la enfermedad o condición de salud del paciente. Ocurren debido a que algo que fue planificado como parte de la atención médica no funcionó como era deseado, o porque esa planificación fue equivocada.

No se debe entender como error médico solo los que son cometidos por los médicos, sino las situaciones adversas que se presentan por la prestación de salud. Todo el sistema está involucrado en los errores: médicos, profesionales y personal no profesional de la salud, infraestructura, procesos desarrollados dentro de la institución, entre otros.

Es la situación que ocurre durante el cuidado clínico, y que resulta en daño físico o psicológico secundario a iatrogenia y no al curso natural de la enfermedad, a condiciones propias del paciente diferente de aquellos eventos adversos que no se pueden prevenir, llamado complicaciones o reacciones adversas. Por tanto, aquel evento adverso que es posible prevenir utilizando medidas razonables, es entonces por definición un error médico.

Eventos y reacciones adversas: cualquier signo no intencionado o desfavorable, o enfermedad asociada temporalmente con el uso de un producto medicinal provocada como respuesta a cualquier dosis usada. Definición que se asemeja a la de reacción adversa al medicamento, con la diferencia que esta puede preverse por las descripciones técnicas y no tiene que ver con error en la prescripción, solicitud y administración del mismo.

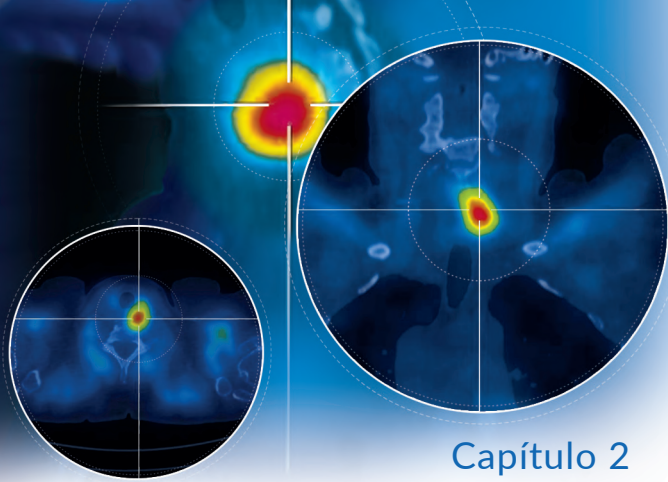
Instrucciones. Se deben cumplir las siguientes:

- Avisar al personal médico y de enfermería.
- Evaluar la situación y brindar la atención médica necesaria (personal médico).
- Brindar los cuidados integrales de acuerdo a la magnitud del evento presentado (personal de enfermería).
- Activar de inmediato el sistema único de emergencia médica del municipio, en caso de que se presenten eventos que no puedan recibir la atención médica requerida en la institución, para trasladar al paciente con los requisitos médicos establecidos y la documentación necesaria a otra institución hospitalaria. Esta decisión debe estar dirigida por un médico especialista del servicio.
- Documentar de forma adecuada todos los eventos adversos en las observaciones de los registros y anexarlos a la historia clínica del paciente.

Ejecutores:

- Personal de enfermería.
- Médicos especialistas.





Capítulo 2

Procedimientos de neurología nuclear

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios SPECT/CT en neurología

Objetivo

Establecer la metodología de realización de los estudios SPECT/CT para pacientes con enfermedades neurológicas.

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones para la preparación, adquisición, procesamiento e informe de los estudios SPECT/CT, en pacientes con enfermedades neurológicas que acudan a los servicios de medicina nuclear.

Indicaciones

El procedimiento tiene las indicaciones siguientes:

- Enfermedades neurooncológicas: diagnóstico y seguimiento de tumores del Sistema Nervioso Central:
 - Evaluación inicial del tumor.
 - Diagnóstico diferencial entre lesiones malignas y benignas.
 - Valoración del grado de malignidad, pronóstico y respuesta al tratamiento.
 - Diagnóstico diferencial recidiva en tumores cerebrales tratados con radioterapia y/o radiocirugía.
 - Diagnóstico precoz de transformación maligna de un tumor benigno.
- Enfermedades neurológicas:
 - Enfermedades neurodegenerativas: diagnóstico temprano y diagnóstico diferencial del deterioro cognitivo leve y las demencias.
 - Epilepsia: evaluación preoperatoria del foco epileptógeno en la epilepsia parcial, refractaria a tratamiento farmacológico.

- Trastornos del movimiento: diagnóstico diferencial entre la enfermedad de parkinson y los síndromes parkinsonianos atípicos
- Encefalitis: diagnóstico y evaluación de procesos infecciosos del SNC.
- Enfermedades cerebrovasculares: diagnóstico, evaluación y pronóstico del infarto, la isquemia y la hemorragia cerebral.
- Muerte cerebral: diagnóstico de muerte cerebral.
- Enfermedades psiquiátricas: estudio, valoración y diagnóstico diferencial.

Contraindicaciones

Se tienen las contraindicaciones siguientes:

- Absolutas: ninguna.
- Relativas: embarazo, lactancia, falta de cooperación o incapacidad para cooperar con el procedimiento.

Términos y definiciones

SPECT/CT. Equipo híbrido para la adquisición de imágenes después de la administración de un radiofármaco, en que a la Tomografía Computarizada por Emisión de Fótón Simple se une la Tomografía Computada Multicorte. De esta forma se obtiene en un mismo estudio información funcional y anatómica. Posee mayor rapidez de adquisición y mayor resolución y calidad de las imágenes.

El CT se emplea para realizar la corrección de atenuación, y para establecer la referencia anatómica de los hallazgos SPECT observados en el estudio. Fundamento: se utilizan radiotrazadores liposolubles que atraviesan la barrera hematoencefálica intacta y se localizan en el tejido cerebral, en relación proporcional al flujo sanguíneo cerebral regional (FSCr). Las alteraciones del FSCr definen alteraciones isquémicas en las enfermedades cerebrovasculares.

Diasquisis cerebelosa. Es una hipercaptación funcional del fármaco en la región del cerebelo contralateral a una lesión estructural cerebral, generalmente de causa vascular.

Perfusión de lujo. Es aquella imagen de perfusión regional cerebral en la cual aparece una hipercaptación lateralizada del radiofármaco, producto de un flujo compensatorio a un déficit de perfusión cerebral contralateral.

Muerte cerebral. Estado caracterizado por la ausencia de las funciones cerebrales en el contexto clínico, eléctrico e imagenológico. En el contexto clínico se expresa por un coma grado IV, en el contexto eléctrico por una ausencia de las ondas de actividad cerebral, y en el contexto imagenológico nuclear por una ausencia global y absoluta de la perfusión encefálica.

Responsabilidades

Personal médico:

- Realizar consulta de clasificación.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.

- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio y atender las complicaciones médicas que ocurran durante este período. Indicar la administración de medicación, si fuera necesaria, por complicaciones.
- Decidir, aplicar y dar seguimiento a los pacientes que requieren de medicación (acetazolamida o cualquier otro vasodilatador) como parte de estos estudios.
- Revisar la calidad de las imágenes SPECT/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes SPECT/CT y confeccionar el reporte médico.

Personal de enfermería:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones especiales que requiere este procedimiento.
- Administrar el radiofármaco siguiendo las normas establecidas.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período desde la entrada al salón de espera de pacientes no inyectados, durante la administración del radiofármaco y el intervalo de espera, hasta la adquisición de las imágenes.
- Registrar todas las incidencias relacionadas con los pacientes durante su estancia en el centro.
- Consultar cualquier síntoma o alteración detectada durante la realización del estudio con el personal médico.

Personal técnico:

- Tener el equipamiento necesario en óptimas condiciones, según se refiere en el Control del Equipamiento.
- Realizar las pruebas de rutina del SPECT/CT y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o un físico médico, en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad de la cámara gamma.
- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes
- Garantizar una correcta preparación del paciente para la realización del estudio
- Garantizar una correcta adquisición de las imágenes.

Jefe del área técnica:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.
- Controlar que se cumplan las medidas de protección radiológica.

Condiciones de seguridad

Las condiciones de seguridad que se indican son las siguientes:

- No realizar el estudio SPECT/TC en mujeres embarazadas o lactando, a menos que el beneficio supere el riesgo a las radiaciones. Si está lactando, suspender la lactancia 24 h después del estudio.

- Precisar con el paciente si existen antecedentes previos de alergias y/o de realizar este tipo de estudio. Se confirmará que no se refiera alergias al yodo, alimentos como el mango, antecedentes de alguna alergia a estudios previos, etc.
- Preguntar previamente al paciente nombre y apellidos, y se comprobar que es la dosis y producto correspondiente.
- Realizar la administración de radiofármaco manteniendo las condiciones de asepsia establecidas en las Buenas Prácticas Clínicas.
- Realizar todas las operaciones con sustancias radiactivas conforme a las instrucciones establecidas en el servicio.
- Explicar al paciente posición y la importancia de no realizar movimientos durante la realización del estudio.
- Asegurar el uso de los medios de protección contra la contaminación radiactiva y seguridad radiológica.
- El técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes, debe asegurarse que se han realizado las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del SPECT/TC.

Recursos humanos

Este procedimiento solo podrá realizarse por especialistas de los servicios de medicina nuclear que cumplan con las competencias definidas por el servicio, y con la presencia del personal médico, de enfermería y técnico.

Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos

Locales. Local de preparación del paciente e inyecciones. Local del equipo SPECT/CT.

Equipo. Sistema SPECT/CT.

Accesorios. Soporte o aditamento para posicionamiento e inmovilización de los pacientes, máscara ocular o antifaz.

Materiales y reactivos:

- Generador de Molibdeno ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$.
- Fármacos de perfusión cerebral: (ECD o HMPAO).
- Medicamentos como anticonvulsivos, acetazolamida, etc.
- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
- Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.
- Contraste yodado en casos necesarios.

Recepción de la indicación y verificación de la justificación del estudio

Acciones:

- Remitir al paciente a la consulta médica para instruir al paciente. Se recomendará evitar el consumo de cafeína, alcohol, tabaco o alguna otra sustancia que posea un efecto conocido o probable sobre el flujo sanguíneo cerebral, durante las 24 h previas al estudio.
- Definir en la solicitud si el paciente requiere o no medios de contraste yodado. Precisar si no hay posibilidades de alergia o reacción al contraste.

Recepción del paciente el día del estudio

Acciones:

- Verificar la identidad de los pacientes.
- Comprobar con el enfermo y familiares si no hay riesgo de alergia o reacción a contrastes u otros medicamentos que se usan para este tipo de estudio (acetazolamida, sedantes etc.).
- Explicar al paciente como se realizará el procedimiento (paciente en reposo con los ojos cerrados, en ambiente tranquilo, sin estímulos visuales ni auditivos intensos).
- Retirar objetos metálicos de la zona en estudio.

Radiofármacos

Los radiofármacos utilizados son:

- ^{99m}Tc -ECD (dímero del etilencisteinato).
- ^{99m}Tc - HMPAO (hexametil-propilenoamina-oxima).

Dosis:

- Adultos: 555-1110 MBq (15-30 mCi).
- Niños: 0,3 mCi/kg. Dosis calculada según instrucción para pediatría. Dosis mínima: 111 MBq (3 mCi).

Contraste yodado: uso solo si es imprescindible.

Administración del radiofármaco

Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la administración del radiofármaco; estas son:

- Verificar la identidad del paciente.
- Trasladar al paciente al local de administración del servicio de medicina nuclear.
- Recoger el formulario de consentimiento informado firmado por el paciente o tutor, antes de proceder a la administración del radiofármaco.
- Confeccionar el modelo de registro de pacientes según estudios realizados.

- Recopilar la información complementaria de uso médico necesaria para la interpretación y reporte del estudio, y colocarla en el modelo de historia de estudios realizados.
- Indagar sobre posible embarazo o lactancia materna en pacientes femeninas en edad fértil. En caso de respuesta afirmativa, solicitar la presencia del médico del servicio de medicina nuclear para informarle sobre la situación.
- Recoger el formulario de cita y asegurarse que está firmada la sección de consentimiento informado por el paciente o el tutor.
- Solicitar la jeringuilla del paciente al técnico o tecnólogo responsable de la preparación de la dosis de los pacientes.
- Medir la actividad de la jeringuilla en el activímetro, y comprobar que está en el rango aceptable: $\pm 10\%$ de la actividad solicitada.
- Registrar la actividad medida y la hora de medición en el registro de actividad administrada.

Forma de administración del radiofármaco:

- Mantener al paciente en la habitación tranquila y con poca luz.
- Colocar una cánula intravenosa de 10 a 15 min antes de la inyección.
- Colocar al paciente en una posición cómoda (preferiblemente en decúbito supino).
- Indicar al paciente que mantenga los ojos abiertos (o use una máscara para los ojos) y que permanezca inmóvil y relajado.
- Indicar al paciente que no hable, lea ni se mueva, al menos de 10 min antes a 10 min después de la inyección.
- Inyectar el radiofármaco por la vía venosa (antes canalizada) en bolo.
- No interactuar con el paciente desde al menos 10 min antes hasta 10 min después de la inyección. Registrar cuidadosamente cualquier evento que pueda influir en el rCBF durante la administración del fármaco (por ejemplo, movimiento del paciente, conversación, etc.).
- Dejar al paciente en decúbito en las mismas condiciones durante aproximadamente 15 min, luego retirar la vía.

Observaciones en casos de estudios para epilepsia. Para realizar esta modalidad el paciente debe encontrarse monitoreado por equipo de EEG y especialistas.

- Estudio interictal: administrar el radiofármaco con la seguridad de que no está ocurriendo ningún evento, según el registro neurofisiológico.
- Estudio ictal: administrar el radiofármaco al inicio de la crisis epileptógena identificada por el registro neurofisiológico.
- Registre cualquier incidencia que ocurra durante el tiempo posadministración, en el registro de incidencias.

Protocolo de adquisición de imágenes

El registro espacial de ambas adquisiciones CT y SPECT, es de suma importancia dado que la falta de correspondencia exacta del mapa de atenuación con las imágenes radionucleares, puede causar artefactos especialmente en los bordes de la imagen. La inexactitud de registro puede ocurrir debido a movimiento del paciente, ya sea por cambios en su posición o bien por la respiración, ritmo cardíaco y aun por el peristaltismo de los órganos abdominales. Los cambios en el grado de repleción de la vejiga también pueden influir.

Los sistemas con CT multicorte, permiten la adquisición mientras el paciente contiene la respiración o durante una parte del ciclo respiratorio, sin embargo, el SPECT siempre necesita varios minutos y por tanto, se pueden presentar problemas en el registro.

La presencia de medio de contraste en las imágenes de CT adquiridas como parte del estudio SPECT/CT, complica el proceso de corrección de atenuación. Las técnicas de segmentación de imagen pueden resolver este problema, o alternativamente el mapa de atenuación puede ser generado en primer término mediante un estudio de baja dosis, seguido del SPECT y finalmente un estudio CT diagnóstico con medio de contraste.

Tiempo desde la inyección hasta el inicio de la adquisición de datos:

- ^{99m}Tc -ECD: entre 30 y 60 min.
- ^{99m}Tc -HMPAO: entre 30 y 90 min.
- Las imágenes deben completarse dentro de las 4 h posteriores a la inyección. Debe evitarse un retraso excesivo debido a la desintegración radiactiva.
- El paciente debe orinar antes de la adquisición para una máxima comodidad durante el estudio. Se debe recomendar al paciente que orine nuevamente después de la adquisición, para ayudar a reducir la exposición a la radiación.

Uso del colimador de propósito general multi-pinhole (MPH) para neurología:

- Colocación de paciente en la camilla: Paciente en decúbito supino, miembros superiores a los lados del cuerpo (fig. 2.1). Es preferible contar con un soporte especial para la cabeza y utilizar algún dispositivo para la sujeción de la misma (fig. 2.2). Se debe informar al paciente sobre el tiempo total de adquisición y colocarlo en la posición más cómoda. Se debe informar al paciente de la necesidad de evitar los movimientos (voluntarios) de la cabeza y solicitar su cooperación activa.
- Dado que las rutinas de posprocesamiento permiten corregir las oblicuidades menores de la orientación de la cabeza, la comodidad del paciente (que reduce la probabilidad de movimiento durante la adquisición) es más importante que la alineación perfecta de la cabeza.



Fig. 2.1. Posicionamiento del paciente con el MPH. Fuente: Manual Trio, Mediso.

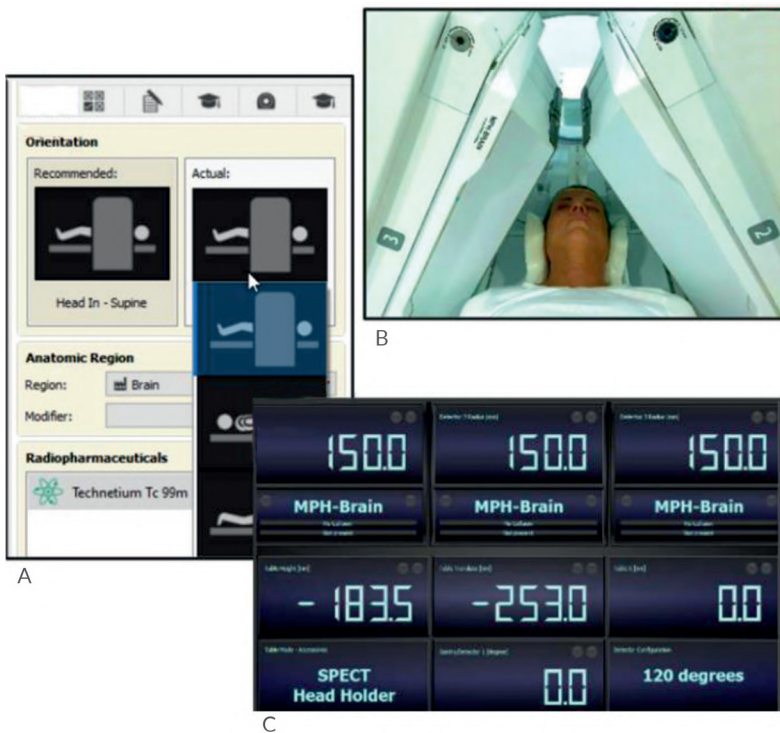


Fig. 2.2. Posicionamiento del paciente con fijador de cabeza. Fuente: Manual Trio, Mediso

Selección de los siguientes parámetros de adquisición:

- Seleccionar nuevo estudio e introducir los datos del paciente.
- Seleccionar protocolo MPH Brain.
- CT localizar.
- Corriente del tubo [mA]: 20.
- Voltaje [kV]: 120.

Adquisición de SPECT:

- Configuración de detectores: 120 grados.
- Matriz: 256 x 256
- Zoom: 1.14286 (2.128 mm/pixel).
- Tiempo por imagen: 75 s.
- Seleccionar modo List.
- Aplicar todas las correcciones excepto la corrección del centro de rotación.

Adquisición de CT (fig. 2.3):

- Exposición [mAs]: 40
- Corriente del tubo [mA]: 40
- Voltaje [kV]: 120
- Colimación [mm]: 20
- Espesor de corte [mm]: 2.5
- Pitch: 1
- FOV [mm]: 220

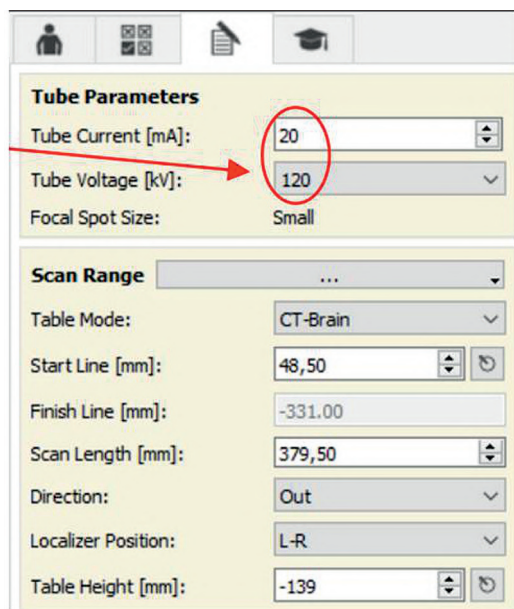


Fig. 2.3. Parámetros de adquisición CT.

Fuente: Manual Trio, Mediso.

Es importante contar con la máxima colaboración del paciente, ya que un leve movimiento puede ser suficiente para inutilizar el estudio. En pacientes escasamente colaboradores por su condición clínica o edad, puede considerarse la sedación farmacológica y aún la anestesia. Recordar que los fármacos deben administrarse siempre, luego de la inyección del radiotrazador ya que pueden variar la distribución de éste en las estructuras del sistema nervioso central.

Procesamiento de imágenes SPECT/CT

Acciones:

- Dentro de la herramienta TeraTomo-Q, seleccionar protocolo de procesamiento “MPH Brain Perfusion”.
- Opciones de reconstrucción:
 - Resolución: 128
 - Subset: 2
 - Iteraciones: 36

Documentación del estudio:

- Registro médico con nombre y apellido del paciente y número de Historia Clínica. Fecha del estudio.
- Informe médico de las imágenes de cada corte (transversal, coronal y sagital). Se aconseja usar siempre la misma escala de colores, definida por el usuario.
- Documentación de imágenes tridimensionales: opcional.
- Cuantificación: opcional.

Reporte médico: en un estudio normal se observa distribución simétrica del radiotrazador en un hemisferio con respecto al otro. Homogénea en corteza cerebral y cerebelo. Núcleos de la base con captación simétrica.

Observación en modo cine: las imágenes del estudio sin procesar (proyecciones “crudas”) deberán ser revisadas en modo cine antes de la generación de cortes tomográficos, a fin de verificar si el estudio está completo y evaluar la presencia y grado de movimiento, alteraciones de la biodistribución, relación de actividad órgano/fondo y otras fuentes potenciales de artefactos. La generación y análisis de un sinograma y linograma puede ser también de utilidad.

Variantes normales: deben tomarse en cuenta las variaciones de la normalidad al interpretarse los hallazgos. Pueden existir variaciones significativas entre diferentes sujetos, así como entre estudios realizados al mismo individuo en diferentes momentos. Cada servicio debe definir sus propios criterios de normalidad según los parámetros de adquisición y procesamiento empleados. Se sugiere crear una base de datos regional, que se pueda aplicar como referencia para comparación, usando métodos cuantitativos.

Visualización:

- La interpretación del estudio debe realizarse preferentemente en forma directa desde la pantalla de la computadora. No se recomienda sustracción de actividad de fondo.
- Escalas de colores: Las escalas de colores no continuas, aunque suelen ser de utilidad cuando están apropiadamente calibradas, pueden producir confusión si ocurren

cambios de colores abruptos en el rango de actividad de la sustancia gris. La aplicación de umbrales, en caso de utilizarse, debe ajustarse a la base de datos normales para cada radiofármaco y la instrumentación empleada en la adquisición. La aplicación incorrecta de umbrales puede generar artefactos.

Imágenes 3D: la presentación tridimensional de superficie puede ser útil para apreciar patrones patológicos corticales. La elección del umbral que se aplique al generar estas imágenes debe ser cuidadosa, debido a la facilidad de crear defectos artificiales.

En las figuras 2.4 y 2.5 se ilustra el resultado de un estudio SPECT/CT con ^{99m}Tc -ECD en pacientes con enfermedad de Alzheimer leve y avanzada.

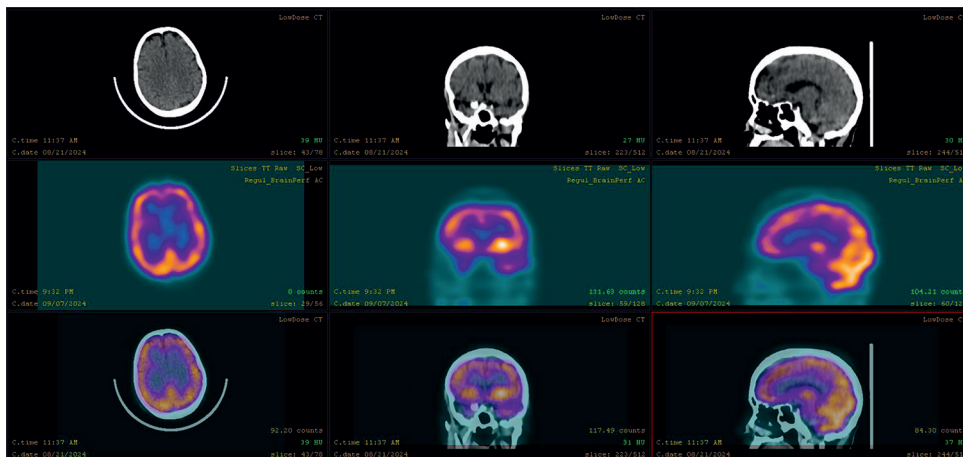


Fig. 2.4. Estudio SPECT/CT cerebral con ^{99m}Tc -ECD para diagnóstico de Alzheimer leve.
Fuente: Dirección de Servicios Biomédicos. Centro de Isótopos.



Fig. 2.5. Estudio SPECT/CT cerebral con ^{99m}Tc -ECD para diagnóstico de enfermedad de Alzheimer avanzado.
Fuente: Dirección de Servicios Biomédicos. Centro de Isótopos.

Comparación con la anatomía: las imágenes deben ser evaluadas en el contexto de la información anatómica relevante proporcionada por métodos estructurales (CT, RMN). Debe prestarse especial atención a la extensión de los defectos de perfusión, relacionándolos con las alteraciones morfológicas subyacentes (p.ej. penumbra isquémica vs. infarto) y también con los posibles efectos de atrofia cortical y de volumen parcial. Si estuviese disponible, se recurrirá al procedimiento de “fusión de imágenes” que permite superponer cortes funcionales de SPECT o PET con CT o RMN.

Estudios en pacientes con epilepsia

Para una evaluación óptima es deseable comparar el estudio ictal con el interictal, aunque el primero es más confiable para localizar el foco aplicando la metodología SISCOM.

Estudios de intervenciones

Estímulo vasodilatador con acetazolamida (Diamox) o equivalente.

Indicaciones: evaluación de la reserva cerebrovascular en el accidente isquémico transitorio (AIT), infarto cerebral y otras alteraciones vasculares (p. ej., malformación arteriovenosa), y como ayuda para distinguir entre causas vasculares y no vasculares de la demencia.

Contraindicaciones:

- Hipersensibilidad conocida a las sulfas (rash cutáneo, broncoespasmo, reacción anafilactoide).
- Infarto cerebral de menos de tres días de evolución o AIT reciente.

Efectos adversos:

- Vértigo, tinnitus, parestesias y raramente náuseas.
- Los síntomas suelen ser autolimitados y no requerir tratamiento específico. Los pacientes pueden experimentar hipotensión postural al incorporarse, por lo que deben ser oportunamente advertidos y asistidos en caso necesario.

Precauciones: puede inducir cefaleas en pacientes con historia de migraña.

Protocolos de realización: se han utilizado varios protocolos, incluyendo dosis fraccionadas del radiofármaco en un solo día o estudios en días separados. El protocolo de dos días es más sencillo y por lo tanto, puede ser preferible. Habitualmente el estudio bajo estímulo se realiza primero y si el resultado es normal, puede omitirse el segundo. En caso de ser necesario efectuar el estudio basal, debe esperarse un tiempo suficiente para disminuir la actividad residual (habitualmente 24 h).

Dosis de acetazolamida (Diamox):

- Adultos 1,0 g por infusión endovenosa lenta, para un paciente promedio.
- Niños: 14 mg/kg. Esperar 15 a 20 min luego de la administración de acetazolamida para inyectar el radiotrazador.
- La acetazolamida posee efecto diurético, por tanto, el paciente debería evacuar la vejiga inmediatamente antes de comenzar el estudio.

Adquisición: los parámetros de adquisición y procesamiento son idénticos que para el estudio sin estímulo.

Interpretación: de preferencia ambos estudios, basal y con estímulo, deben presentarse en forma simultánea para facilitar su interpretación. Un estudio positivo con estímulo vasodilatador, mostrará una o más áreas de hipocaptación relativa que se normalizarán total o parcialmente en situación basal, indicando una alteración regional de la reserva cerebrovascular.

Informe de la cuantificación en el estudio: se realizará siempre que sea posible y los métodos de procesamiento disponibles lo permitan, comparando la actividad entre regiones de diferentes hemisferios cerebrales.

Estudios de ganglio basales

En este caso varían los radiofármacos a administrar, las dosis y el tiempo de adquisición.

Indicaciones:

- Enfermedad de Parkinson.
- Demencia de cuerpos de Lewy.
- Temblor esencial.
- Parkinsonismo por fármacos.
- Enfermedad Alzheimer (diagnóstico diferencial).

Radiofármacos para estudiar la actividad dopaminérgica:

- Transportadores Dopaminérgicos: ^{123}I - bCIT (loflupane – DaTSCAN). Dosis: 5 mCi (185 MBq, administración i.v., adquisición entre 3 y 6 h.
- Pos-sinápticos: ^{123}I -iolopride (Idobenzamida-IBZM). Dosis 5 mCi (185 MBq) administración i.v., adquisición a las 2 h (fig. 2.6).

Interpretación:

- Si DaT es normal no es esperable que la imagen IBZM sea patológica (Enfermedad de Parkinson). EP inicial DaT normal con una IBZM patológica. En estadios avanzados también se lesionan los D2.
- Imagen IBZM anormal: parkinsonismo atípico, plus, atrofia multisistémica, degeneración cortical basal, parálisis supranuclear progresiva.
- Enfermedad de Parkinson: disminución de densidad de transportador en ambos putámenes, más marcada en el derecho. Densidad de receptores D2 normal.
- Atrofia multisistémica: marcada disminución en la densidad de transportador en ambos putámenes, y discreta disminución en el caudado derecho. Disminución en la densidad de receptores D2 bilateral. En la PSP, el patrón sería similar.
- Temblor esencial: densidad de transportador y receptores D2 normal.

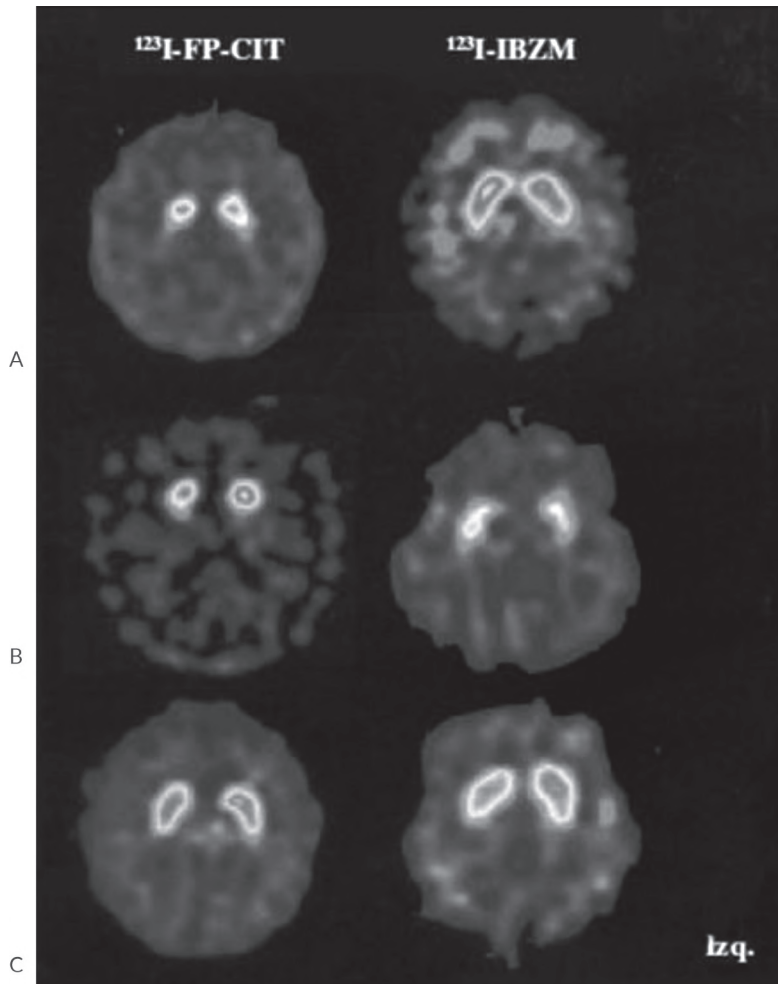


Fig. 2.6. Patrones de SPECT de transportador de dopamina y receptores D2 utilizando ^{123}I -FP-CIT y ^{123}I -IBZM. Fuente: Dirección de Servicios Biomédicos. Centro de Isótopos

Controles

Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes de los servicios de medicina nuclear, para ser verificados.

El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio, verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones

- La técnica de SPECT/CT es imprescindible para la evaluación de la perfusión cerebral y de enfermedades neurológicas ya sean oncológicas y no oncológicas. Juegan además

un importante papel en el diagnóstico de muerte cerebral. En este último caso pudiera también utilizarse las imágenes planas.

- Los sistemas híbridos de tres detectores y con colimadores Multi-PinHole para neurología disminuyen el tiempo de adquisición, permiten usar dosis más baja de radiación y reducen el tiempo de realización de los estudios.
- En caso de pacientes graves puede efectuarse una adquisición rápida (10 s/imagen), preferentemente utilizando una dosis mayor (>30 mCi).
- El estudio puede sensibilizarse con pruebas y estímulos funcionales (auditivos o visuales) o fármacos (vasodilatadores cerebrales como la acetazolamida i.v.). Los parámetros de adquisición del estudio no varían, debiendo obtenerse dos estudios (un estudio en condiciones basales y otro bajo estímulo).
- Para localización de focos en pacientes epilépticos se deben realizar dos estudios, uno en condiciones basales y otro inyectando al paciente durante la crisis.
- El contenedor de plomo contendrá la jeringuilla con el radiofármaco, rotulado con la identificación del paciente (nombre y apellidos), peso y la actividad a administrar.
- En caso de detectar alguna contaminación, el especialista debe dejar una indicación visible al respecto y avisar al responsable de Protección Radiológica.
- Los guantes y jeringuillas utilizados, si están contaminados, se colocarán en el recipiente de plomo destinado para esos fines.
- Reflejar como observaciones, en la libreta de trabajo del área, cualquier anomalía durante el proceso de inyección o adquisición durante el estudio.
- Debe velarse por que el tiempo entre la entrega de la dosis por el laboratorio y el momento de administración no sea superior a los 45 minutos para evitar que decaiga la dosis.

Documentación asociada

La documentación es la siguiente:

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOE.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: Administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de SPET/CT.
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.

- Registro de Administración de dosis
- Registro de estudios realizados.
- Base de datos de estudios realizados.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de entrega de los informes de cerebro realizados con SPECT/CT.

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios SPECT/CT de Cerebro con ^{99m}Tc -TRODAT

Objetivo

Establecer la metodología de realización de los estudios SPECT/CT de cerebro con el radiofármaco ^{99m}Tc -TRODAT.

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones para la preparación, adquisición, procesamiento e informe de los estudios SPECT/CT con el radiofármaco ^{99m}Tc -TRODAT, realizado a pacientes con enfermedad de Parkinson, que acudan a los servicios de medicina nuclear.

Indicaciones y contraindicaciones

Enfermedad de Parkinson:

- Apoyo al diagnóstico clínico positivo de enfermedad de Parkinson.
- Evaluación de severidad de la enfermedad.
- Seguimiento evolutivo de la enfermedad.

Contraindicaciones: el estudio no tiene contraindicaciones, no provoca alergia ni molestias en la aplicación de la inyección.

Términos y definiciones

SPECT/CT: equipo híbrido para la adquisición de imágenes después de la administración de un radiofármaco, en que a la Tomografía Computarizada por Emisión de Fotón Simple se une la Tomografía Computada Multicorte. De esta forma se obtiene en un mismo estudio información funcional y anatómica. Posee mayor rapidez de adquisición y mayor resolución y calidad de las imágenes. El CT se emplea para realizar la corrección de atenuación y para establecer la referencia anatómica de los hallazgos SPECT observados en el estudio.

^{99m}Tc -TRODAT (^{99m}Tc -Tropano): es un radiofármaco que se une a los receptores dopaminérgicos pre sinápticos y permite cuantificarlos de forma objetiva, funciona como biomarcador. En la enfermedad de Parkinson se observa una disminución de las mismas,

característica de esta y no de otras patologías con síntomas similares. Esta disminución se puede evidenciar con el SPECT cerebral con TRODAT.

Fundamento: en el sistema nervioso central existen neuronas que se comunican químicamente entre sí a través de receptores. Cuando se presenta una enfermedad, como el Parkinson, hay una disminución en la cantidad de receptores y en consecuencia, un déficit en la función de la vía dopaminérgica. Ello se traduce en signos y síntomas que si bien son característicos, no son específicos de esta enfermedad.

La utilización del SPECT cerebral con TRODAT implica una mejora en la eficacia diagnóstica, que facilita la detección en estadios tempranos, la realización de diagnósticos diferenciales y el seguimiento de la evolución de la enfermedad. Es un estudio metabólico funcional, que a diferencia de los estudios convencionales en su mayoría estructurales, permite evaluar la presencia de fallas o deterioro en el funcionamiento del sistema, en estadios subclínicos cuando aún no ocurren cambios estructurales.

Responsabilidades

Personal médico:

- Realizar consulta de clasificación, para evaluar al paciente y decidir tipo de estudio.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio y atender las complicaciones médicas que ocurran durante este período.
- Revisar la calidad de las imágenes SPECT/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes SPECT/CT y confeccionar del reporte médico.

Personal de enfermería:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones especiales que requiere este procedimiento.
- Administrar el radiofármaco siguiendo las normas establecidas.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período desde la entrada al salón de espera de pacientes no inyectados, la administración del radiofármaco y el intervalo de espera, hasta la adquisición de las imágenes.
- Registrar todas las incidencias relacionadas con los pacientes durante su estancia en el centro.
- Consultar con el personal médico cualquier síntoma o alteración detectada durante la realización del estudio.

Personal técnico:

- Tener el equipamiento necesario en óptimas condiciones según se refiere en el control del equipamiento.
- Realizar las pruebas de rutina del SPECT/CT y registrar los resultados.

- Informar al jefe técnico o un físico médico en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados, durante las pruebas de rutina de control de calidad de la cámara gamma.
- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Garantizar una correcta preparación del paciente para la realización del estudio.
- Garantizar una correcta adquisición de las imágenes.

Jefe del área técnica:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.
- Controlar que se cumplan las medidas de protección radiológica.

Condiciones de seguridad

Estas son:

- No realizar el estudio SPECT/TC en mujeres embarazadas o lactando, a menos que el beneficio del estudio supere el riesgo a las radiaciones. Si está lactando suspender la lactancia 24 h después del estudio.
- Precisar con el paciente si existen antecedentes de alergias y/o si se ha realizado este tipo de estudio.
- Preguntar al paciente nombre y apellidos y se comprobar que es la dosis y producto correspondiente.
- Administrar el radiofármaco manteniendo las condiciones de asepsia establecidas en las Buenas Prácticas Clínicas.
- Realizar todas las operaciones con sustancias radiactivas conforme a las instrucciones de seguridad nuclear establecidas.
- Explicar al paciente la posición y la importancia de no realizar movimientos durante la realización del estudio.
- El técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes debe asegurarse que se han realizado las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del equipo SPECT/TC.

Recursos humanos

Este procedimiento solo podrá realizarse por especialistas que cumplan con las competencias definidas por los departamentos de medicina nuclear, y con la presencia del personal médico, de enfermería y técnico.

Equipamiento, materiales y reactivos

Locales: local de preparación del paciente e inyecciones. Local del Sistema SPECT/CT.

Equipo: sistema SPECT/CT.

Materiales y reactivos

- Antifaz.
- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
- Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.

Preparación del paciente

- No es necesario que el paciente se encuentre en ayunas.
- La medicación específica (L-dopa) debe ser suspendida al menos 24 h antes.
- Pre-inyección: explicar al paciente el procedimiento.

Información pertinente para la realización del procedimiento:

- Para una apropiada interpretación del estudio es esencial contar con una historia clínica lo más completa posible, y considerar los hallazgos proporcionados por otras modalidades imagenológicas.
- Específicamente, debe conocerse la presencia de síntomas como temblor de reposo, aquinesia y rigidez, su lateralización predominante, la respuesta a la medicación, el tiempo de evolución del cuadro y los resultados de las escalas de severidad (escala unificada de la enfermedad de parkinson (MDS- UPDRS)).
- Si existe un estudio previo similar, éste deberá encontrarse disponible para su comparación con los hallazgos actuales.

Recepción del paciente el día del estudio:

- Verificar la identidad de los pacientes.
- Explicar al paciente como se realizará el procedimiento.
- Retirar objetos metálicos de la zona en estudio.

Radiofármaco

Radiofármaco a administrar: ^{99m}Tc -TRODAT

Dosis: adultos: 740-925 MBq (20-25 mCi).

Administración del radiofármaco: Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la administración del radiofármaco:

- Verificar la identidad del paciente.
- Confeccionar el modelo de registro de pacientes.
- Recopilar la información complementaria de uso médico necesaria para la interpretación y reporte del estudio, y colocarla en el modelo de historia de estudios realizados.

- Solicitar la jeringuilla del paciente al técnico o tecnólogo responsable de la preparación de la dosis de los pacientes.
- Medir la actividad de la jeringuilla en el activímetro y comprobar que está en el rango aceptable: $\pm 10\%$ de la actividad solicitada.
- Registrar la actividad medida y la hora de medición en el registro de actividad administrada.

Forma de administración del radiofármaco:

- Control de calidad: se determinará la pureza radioquímica del radiofármaco antes de la inyección, según las instrucciones del fabricante.
- Vía de administración: el radiofármaco se administrará por vía intravenosa directa, volumen aproximado de 2 mL.

Protocolo de adquisición de imágenes

El registro espacial de ambas adquisiciones CT y SPECT es de suma importancia, dado que la falta de correspondencia exacta del mapa de atenuación con las imágenes radionucleares, puede causar artefactos especialmente en los bordes de la imagen. La inexactitud de registro puede ocurrir debido a movimiento del paciente por cambios en su posición.

Lapso inyección-adquisición: la adquisición se debe iniciar entre las 3 y 4 h después de inyectado el radiofármaco.

Adquisición de imágenes:

- Detector múltiple (cabezal triple o doble): las unidades de detector único solo se pueden utilizar, si el tiempo de escaneo se prolonga adecuadamente (para alcanzar al menos 5 millones de cuentas detectadas).
- Colimadores de orificios paralelos LEHR, LEUHR, LEHRFB, LEHRHS o MPH: como regla general use la colimación de mayor resolución. En caso de colimadores Fan-beam o MPH, asegurarse de que toda la cabeza esté en el campo de visión, en especial el cerebelo.
- Posicionamiento del paciente: se debe colocar de manera confortable, recomendándole la evacuación vesical antes de ubicarse en la camilla. Se debe fijar firme y cómodamente la cabeza del paciente, de preferencia mediante accesorios especiales para imagen cerebral, minimizando la posibilidad de movimiento durante la adquisición.

Parámetros de adquisición:

- Radio de rotación: se debe utilizar el más pequeño posible para colimadores de haz paralelo. Un radio menor de 15 cm garantiza la mejor calidad de imagen. Evite circular alrededor de los hombros.
- Matriz y zoom: utilizar matriz de 128 x 128 y ajustar factor de zoom para obtener un tamaño de píxel de 2,5 a 4,5 mm. En general, el tamaño de píxel debe ser de un tercio a la mitad de la resolución esperada.

- Órbita: adquirir en órbita de 360° (preferentemente elíptica o de autocontorno), modo paso y disparo.
- Número de pasos: se recomienda aproximadamente 3° (rotación de 360°).
- Tiempo por proyección: el número de segundos por proyección depende de la sensibilidad del sistema, pero normalmente se requieren de 25 a 40 s.
- Adquisición de CT: la corrección de atenuación basada en CT se puede realizar con sistemas SPECT/CT siguiendo el protocolo del fabricante. Debe tenerse en cuenta que cuando se dispone de equipos híbridos SPECT/CT, la CT se usa solo para corrección de atenuación y localización anatómica. En consecuencia, el modo de adquisición de CT debe utilizar el protocolo que administra la dosis de radiación más baja posible al sujeto (por ejemplo, un protocolo de dosis relativamente baja), que conserva la precisión cuantitativa de las correcciones para la atenuación y la localización anatómica.
- Es importante contar con la máxima colaboración del paciente, ya que un leve movimiento puede ser suficiente para inutilizar el estudio. En pacientes escasamente colaboradores por su condición clínica o edad, puede considerarse la sedación farmacológica y aún la anestesia. Recordar que los fármacos deben administrarse siempre luego de la inyección del radiotrazador, ya que pueden variar la distribución de éste en las estructuras del sistema nervioso central.

Procesamiento de imágenes SPECT/CT

Método de reconstrucción: puede utilizarse retroproyección filtrada o reconstrucción iterativa. Este último presenta ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual es aconsejable su aplicación una vez obtenida una adecuada familiarización con los mismos. Si se usa la reconstrucción iterativa, por lo general, deben emplearse 10 iteraciones y 10 subconjuntos para 120 proyecciones, o 12 iteraciones y 8 subconjuntos para 128 proyecciones.

Sin embargo, si se utilizan bases de datos normales para la evaluación semicuantitativa, dado que la elección de iteraciones y subconjuntos afectará a los valores semicuantitativos, los parámetros de reconstrucción elegidos deben coincidir con los utilizados en las bases de datos normales.

Filtro de reconstrucción: el filtrado debe incluir las tres dimensiones (x, y, z), lo cual puede lograrse con un filtro bidimensional previo a la retroproyección, o un filtro tridimensional después de la misma. La segunda opción se recomienda para métodos iterativos, debido al supuesto subyacente de la distribución de Poisson de los recuentos detectados. Los filtros de paso bajo (por ejemplo, Butterworth o gaussianos) son adecuados para reducir el ruido de la imagen, pero no en detrimento de la resolución espacial. Se debe tener precaución si se aplican áreas de filtros que varían espacialmente, ya que pueden producir artefactos.

Límites de reconstrucción y espesor de corte: reconstruir el cerebro completo cuidando de no excluir el cerebelo. Reconstruir los cortes con espesor de un píxel. En caso de realizarse suma de cortes, debe hacerse después de la reconstrucción y la reorientación.

Correcciones: el uso de correcciones (atenuación, dispersión y efecto de volumen parcial) no necesariamente beneficia la interpretación visual, aunque afectará significativamente

los valores derivados del análisis semicuantitativo. Se pueden considerar correcciones para reducir el sesgo cuantitativo y, cuando se desea precisión, se deben aplicar las tres correcciones. Si se van a utilizar bases de datos normales, la reconstrucción debe coincidir con la utilizada para crear la base de datos normal.

La corrección de la atenuación mediante el método de Chang puede utilizarse con coeficiente de atenuación entre 0,09 y 0,12 cm^{-1} . Debe utilizarse un contorno o elipse de corrección que se ajuste a la morfología del cerebro, incluyendo el cráneo. Cuando fuera posible, la elipse debe definirse individualmente para cada uno de los cortes transversales. El método de Chang requiere una cuidadosa calibración del tamaño de píxel.

La corrección de atenuación basada en CT es más sólida y puede explicar la atenuación del soporte de la cabeza. Obviamente, la elección de CT de “corrección de atenuación solamente” de dosis baja versus CT de “corrección de atenuación y diagnóstico” de dosis alta, tiene implicaciones importantes para la dosis de radiación, y una CT de diagnóstico completo debe usarse solo cuando la indicación clínica lo justifique.

Reorientación: obtener por lo menos tres planos ortogonales a partir del plano transversal; reorientar los cortes transversales en relación a un plano anatómico reproducible (p. ej. línea órbitomeatal), siendo los cortes coronales y sagitales perpendiculares al primero.

Zoom posreconstrucción: opcionalmente, puede aplicarse una magnificación (zoom) luego de la reconstrucción, para facilitar la visualización e interpretación de las imágenes.

Cuantificación: es recomendable la cuantificación colocando regiones de interés sobre el estriado (caudado y putamen). También deben colocarse regiones de interés similares (o normalizar el cálculo) sobre otras zonas representativas de captación inespecífica. Estas zonas pueden ser: regiones frontal, parietal, occipital o cerebelo. Se calcula así: relación de captación específica/inespecífica: (cuentas por píxel del área específica – cuentas por píxel del área inespecífica) / (cuentas por píxel del área inespecífica). El valor normal medio reportado es de $1,46 \pm 0,23$.

Presentación del estudio

La presentación del estudio debe incluir los cortes transversales, coronales y sagitales en su totalidad y en una misma pantalla. Deben sumarse tres cortes transaxiales sucesivos, siendo el central el que demuestre mayor concentración del radiotrazador en las estructuras ganglio basales.

Los valores cuantitativos deben ser incluidos. La fusión de imágenes anatómicas y funcionales, facilitan la interpretación y la localización topográfica de las estructuras.

Reporte médico:

- La interpretación de este tipo de estudio debe ser realizada en conjunto con la información clínica del paciente.
- El médico debe estar familiarizado con la biodistribución normal; ésta implica la visualización específica de las estructuras estriadas (núcleos caudados y putamen), en forma simétrica y con una señal de fondo de bajo nivel e irregular en el resto del cerebro, indicando captación no específica.

- En pacientes con enfermedad de Parkinson, la captación específica en el estriado está disminuida, en forma proporcional a la severidad del cuadro. La mayor reducción se detecta en el putamen y particularmente en su sector más posterior. La captación global en general está reducida bilateralmente, pero es mayor en el lado contralateral a los síntomas predominantes (si el miembro más afectado es derecho, la captación será menor a izquierda).

Cuantificación en el estudio SPECT/CT

Se realizará siempre que sea posible y los métodos de procesamiento disponibles lo permitan, comparando la actividad entre regiones de diferentes hemisferios cerebrales.

Para ayudar a la interpretación visual es útil la cuantificación en términos de desviaciones de los valores normales, o la evaluación semicuantitativa de los cambios en los estudios de seguimiento. Existen dos formas de análisis de las imágenes:

1. Análisis de la región de interés: las técnicas de ROI pueden ser utilizadas para comparar anomalías regionales de las estructuras correspondientes en el hemisferio contralateral, u otras regiones de referencia (por ejemplo, cerebelo, hemisferio, cerebro total).
2. Normalización espacial: es la comparación con bases de datos normales y análisis basado en vóxeles.

Estos métodos permiten un análisis objetivo de los datos de pacientes de forma individual en comparación con una base de datos normal. Se debe considerar una sensibilidad y especificidad adicionales en la elección del método apropiado, dependiendo del entorno clínico.

Presentación de los informes médicos

Datos generales: los informes deben incluir toda la información pertinente, incluida el nombre del paciente y otros identificadores, como la edad, fecha de nacimiento, nombre de los médicos remitentes, tipo y fecha de examen. Es importante que contenga el historial del paciente, motivo de la solicitud del estudio y si el paciente ingirió algún medicamento que interfiera potencialmente. Además no debe faltar el tipo de equipo donde se adquirieron las imágenes, radiofármaco utilizado, la actividad administrada y la vía de administración.

Cuerpo del informe:

- Descripción: presencia, localización, extensión y severidad de las alteraciones de la captación, así como su correlación con los hallazgos clínicos y morfológicos.
- Criterios que se utilizaron para la interpretación (evaluación visual, medidas cuantitativas o semicuantitativas, comparación con base de datos normal, etc.).
- Limitaciones: donde sea apropiado, identificar los factores que podrían haber limitado la sensibilidad y especificidad del resultado del examen (es decir, movimiento, pequeñas lesiones).
- Problemas clínicos: el informe debe abordar o responder cualquier problema clínico pertinente planteado en la solicitud del estudio.

- Datos comparativos: las comparaciones con exámenes anteriores, si están disponibles, deben ser parte del informe. Resultados de las modalidades de imágenes de la CT, debe ser tenidos en cuenta para la interpretación.
- Interpretación y conclusiones: En la medida de lo posible, proporcione un diagnóstico (diferencial) basado en patrones específicos de enfermedad generalmente aceptados. Cualquier interpretación que no se base en tales criterios tiene que declararse explícitamente como subjetivo y considerado como hipotético. Se procurará proporcionar al médico referente la mayor orientación diagnóstica posible, basándose en los hallazgos descritos y en los patrones generalmente aceptados para la patología. Debe tenerse especial cuidado al correlacionar las anomalías de la captación con los hallazgos clínicos. Cuando sea necesario, se informará de la inespecificidad de los hallazgos descritos, ej: “No se ha establecido una relación causa-efecto entre los hallazgos y los datos clínicos del paciente”.

Documentación del estudio:

- Registro médico con nombre y apellido del paciente y número de historia clínica. Fecha del estudio.
- Informe médico de las imágenes de cada corte (transversal, coronal y sagital). Se aconseja usar siempre la misma escala de colores, definida por el usuario.
- Documentación de imágenes: opcional.
- Cuantificación: opcional.

Controles

Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes para ser verificados. El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio verificará el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones

- La técnica de SPECT/CT con ^{99m}Tc -TRODAT, es de gran ayuda para el diagnóstico, evaluación y análisis diferencial de la Enfermedad de Parkinson.
- Los sistemas híbridos de tres detectores y con colimadores Multi-PinHole para neurología disminuyen el tiempo de adquisición, permiten usar dosis más baja de radiación y disminuyen el tiempo de realización de los estudios.
- El contenedor de plomo contendrá la jeringuilla con el radiofármaco, rotulado con la identificación del paciente (nombre y apellidos), peso y la actividad a administrar.
- En caso de detectar alguna contaminación, el especialista debe dejar una indicación visible al respecto y avisar al responsable de protección radiológica.
- Reflejar como observaciones, en la libreta de trabajo del área, cualquier anomalía durante el proceso de inyección o adquisición durante el estudio.

Documentación asociada

Contiene los documentos siguientes:

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: Descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: Descontaminación de TOEs.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de SPEC/CT.
- Registro de administración de dosis.
- Registro de estudios realizados en equipo.
- Base de datos de estudios realizados en equipo.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de salida de los informes de cerebro realizados con SPECT/CT.

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios PET/CT con ^{18}F -FDG (2-deoxy-2 [fluorine-18] fluoro-D-Glucosa) en neurología

Objetivo

Describir el procedimiento para la realización de estudios PET/CT con ^{18}F -FDG (2-deoxy-2 [fluorine-18] fluoro-D-Glucose) en pacientes con enfermedades neurológicas.

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones en la Dirección de Investigaciones Clínicas del Centro de Isótopos para la adquisición, procesamiento, interpretación e informe de estudios de PET/CT realizados con ^{18}F -FDG (2-deoxy-2 [fluorine-18] fluoro-D-Glucose) en pacientes con enfermedades neurológicas.

Indicaciones y contraindicaciones

Enfermedades neurodegenerativas: evaluación del deterioro cognitivo leve y de las demencias (apoyar el diagnóstico positivo y diferencial de las demencias, determinar el pronóstico y la respuesta a tratamientos en los pacientes con demencias).

Enfermedad cerebro vascular: apoyar el diagnóstico positivo y diferencial de infarto, embolia, isquemia y hemorragias cerebrales.

Tumores del Sistema Nervioso Central: evaluación inicial del tumor, diagnóstico diferencial entre lesiones malignas y benignas, valoración del grado de malignidad, pronóstico y respuesta al tratamiento, diagnóstico diferencial de recidiva en tumores cerebrales tratados con radioterapia y/o radiocirugía, diagnóstico precoz de la evolución maligna de un tumor benigno.

Epilepsia: evaluación preoperatoria del foco epileptógeno en la epilepsia parcial refractaria a tratamiento farmacológico.

Trastornos del movimiento: diagnóstico diferencial entre la enfermedad de parkinson y los síndromes parkinsonianos atípicos.

Encefalitis: procesos infecciosos del SNC.

Muerte cerebral: diagnóstico de muerte cerebral.

Enfermedades psiquiátricas: estudio y valoración.

Contraindicaciones:

- Hiperglucemia: glucemia ≥ 200 mg/dL.
- Falta de cooperación o incapacidad para cooperar con el procedimiento por parte del paciente.
- Pacientes con implantes metálicos que distorsionen la imagen de TC.
- Embarazo (solo se realizará en el caso de riesgo para la vida de la paciente, en que los beneficios superen el efecto de las radiaciones)
- Lactancia materna (contraindicación relativa, suspender la lactancia 24 h después del estudio).
- Peso que exceda el límite considerado para el equipo.
- Claustrofobia (raramente).

Términos y definiciones

PET/CT (tomografía por emisión de positrones/tomografía multicorte): es una herramienta novedosa, con elevada sensibilidad, que permite obtener en un mismo equipo, imágenes moleculares en tres dimensiones (3D) e imágenes estructurales de gran precisión. Visualiza, caracteriza y mide procesos a niveles moleculares y celulares en “sistemas vivos” de una manera no invasiva. Posee una gran utilidad para potencializar el diagnóstico temprano, pronóstico y evolución de respuesta terapéutica de las enfermedades neurológicas.

¹⁸F-FDG (fluorodesoxiglucosa): ¹⁸F es un radiofármaco emisor de positrones, producido en ciclotrón, el cual tiene una vida media corta (109,7 min). Permite el marcaje de numerosos blancos moleculares que se pueden obtener imágenes dentro de pocas horas (normalmente <3 h). Cerca del 95 % de los estudios de PET se realizan con flúor-18 (FDG), un radiofármaco que permite evaluar el metabolismo celular de la glucosa. La captación de FDG es un reflejo directo de la densidad celular, de la tasa de crecimiento celular, del grado histológico, del potencial metastásico y del número de células neurológicas viables.

Responsabilidades

Jefe técnico y del jefe de departamento:

- Verificar el cumplimiento de las acciones descritas en este procedimiento.

Personal médico:

- Valorar la solicitud de exploración, interrogar al paciente y emitir la autorización para la realización de la exploración PET/CT mediante su firma y cuño en la solicitud del estudio.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio y atender las complicaciones médicas que ocurran durante este período
- Revisar la calidad de las imágenes PET/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones
- Realizar la interpretación de las imágenes PET/CT y confeccionar del reporte médico.

Técnico o tecnólogo:

- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Realizar las exploraciones PET/CT de acuerdo al protocolo establecido.
- Realizar las pruebas de control de calidad del equipo diariamente.

Personal de enfermería:

- Acomodar al paciente en el local de inyecciones.
- Monitorear cualquier emergencia médica que se presente y avisar al médico.

Físico médico:

- Realizar las pruebas de rutina del equipo PET/CT para garantizar su estado óptimo y registrar los resultados.
- Operador de protección radiológica: velar por el cumplimiento de las normas de protección radiológica durante todo el proceso.

Condiciones de seguridad

Acciones:

- Reservar el turno para la realización de la exploración PET/CT de cerebro, solo si la justificación de la solicitud del estudio ha sido aprobada mediante firma y cuño de un médico del departamento de Medicina Nuclear.
- Usar los medios de protección contra la contaminación radiactiva: guantes de látex, batas de mangas largas y calzado cerrado durante la realización de la exploración PET/CT.
- Utilizar el dosímetro personal corporal y de extremidad debidamente colocado Instrucción.

- Asegurar que el físico médico realice las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del PET/CT.
- Indagar por parte del médico o los enfermeros, antes de autorizar la solicitud del estudio, si las mujeres en edad fértil están embarazadas o lactando. En estos casos el médico del servicio de Medicina Nuclear es el responsable de decidir si se justifica la realización del estudio, teniendo en cuenta las siguientes precauciones:
 - Aplazar la exploración PET/CT electiva en mujeres embarazadas, no obstante, esta exploración no constituye una contraindicación cuando el beneficio supera el riesgo de exposición a las radiaciones.
 - Evitar la lactancia materna durante 24 h posterior a la administración del radiofármaco.

Recursos humanos

Las acciones descritas en el procedimiento podrán ser realizadas por tecnólogos, enfermeros y médicos de los servicios de Medicina Nuclear que cumplan con las competencias definidas en instrucciones de cada departamento. Acreditados con la licencia de los centros reguladores y con entrenamiento para la realización de estudios PET/CT en pacientes.

En caso de personal en entrenamiento los procedimientos deberán realizarse bajo supervisión de un técnico o tecnólogo con experiencia.

Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos

Locales: local de preparación del paciente e inyecciones. Local del equipo PET/CT.

Equipo: sistema PET/CT.

Accesorios: soporte o aditamento para posicionamiento e inmovilización de los pacientes, máscara ocular o antifaz.

Materiales y reactivos:

- Radiotrazador: ^{18}F -FDG (2-deoxy-2 [fluorine-18] fluoro-D-Glucose).
- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
- Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.
- Contraste yodado en casos necesarios.

Recepción de la indicación y verificación de su justificación del estudio

Remitir al paciente a la consulta médica para que reciba las indicaciones. Se recomendará evitar el consumo durante las 24 h previas al estudio, de cafeína, alcohol, tabaco o alguna otra sustancia que posea un efecto conocido o probable sobre el metabolismo cerebral.

Definir en la solicitud si el paciente requiere o no medios de contraste yodado, y precisar si no hay riesgo de alergia o reacción al contraste.

Recepción del paciente el día del estudio:

- Comprobar la identidad de los pacientes.
- Verificar nuevamente con el enfermo y familiares, si no hay riesgo de alergia o reacción a contrastes u otros medicamentos que pudieran emplearse para este tipo de estudio.
- Explicar al paciente como se realizará el procedimiento (paciente en reposo con los ojos cerrados, en ambiente tranquilo, sin estímulos visuales ni auditivos intensos)
- Retirar objetos metálicos de la zona en estudio.

Preparación del paciente:

- Ayuno por 6 h antes del examen, con excepción de agua y los medicamentos del paciente. No masticar chicle, ni chupar dulces o mentas. No usar soluciones glucosadas intravenosas al menos 12 h antes del examen. No administrar alimentación parenteral desde la media noche anterior.
- Mantener la medicación que tenga prescrita para enfermedades crónicas, suspender sedantes, estimulantes, medicación neurológica.

Pacientes diabéticos:

- Pacientes diabéticos controlados por medicación oral:
 - Ayuno 4 h.
 - Continuar con su medicación oral para el control de la glucosa.
- Pacientes diabéticos insulínodpendientes:
 - Tomar el desayuno habitual 4 h antes de la administración del radiofármaco, y después del desayuno se inyectará la cantidad normal de insulina indicada por su médico.
 - A partir de esa hora no deberá consumir ninguna comida o líquido, solo la cantidad de agua prescrita 2 h antes de la administración del radiofármaco.
 - Los que usan bomba de insulina, deben regular con su médico tratante el tiempo de duración de la suspensión, previo a la fecha del examen.

Medición de niveles de glucosa mediante glucómetro antes de realizar el estudio: verificar los niveles de glucosa capilar mediante glucómetro: el valor máximo aceptado es de 160 mg/dL o 8,8 mmol/L. Niveles superiores a 160 mg/dL o menores de 60 mg/dL (3,3 mmol/L) deben ser evaluados por el médico.

- Si los niveles de glucemia son <160 mg/dL (8,8 mmol/l) el estudio PET-CT se puede realizar, el valor es inferior al que se acepta para los estudios PET /CT en general por el alto consumo de glucosa que posee el cerebro.
- Si los niveles de glucemia son ≥ 160 mg/dL el estudio debe ser reprogramado bajo control glucémico. No se recomienda la corrección de la glucemia de forma súbita con insulina, pues esto pudiera también falsear los resultados. La corrección de niveles de glucosa en plasma no llega a la inmediata reducción de los niveles intracelulares en el

caso del cerebro. Sin embargo, en los tumores cerebrales, la hiperglucemia no necesita ser corregida e incluso puede mejorar la defectibilidad.

Conversión de los valores de glucosa:

- Para convertir de milimoles por litro a miligramos por decalitros (mmol/L a mg/dL), multiplicar por 18, o dividir entre 0,05551.
- Para convertir miligramos por decalitros a milimoles por litro (mg/dL a mmol/L, dividir entre 18, o multiplicar por 0,05551.

Preparación pre-inyección. Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el personal de enfermería encargado de la recepción del paciente:

- Llevar al paciente a una habitación tranquila y poco iluminada, para descansar al menos 20 min antes de la administración de la ^{18}F -FDG y durante la fase de absorción de FDG (al menos 20 min). Indicarles que no deben hablar, leer o estar activos de otra manera. Canalizar una vena 10 min antes de la administración de la dosis de ^{18}F -FDG.
- Para la evaluación preoperatoria de la epilepsia, se requiere grabación continua de EEG. El monitoreo debe comenzar antes de la inyección (idealmente 2 h antes) para asegurar que la FDG no se administre en una situación post-ictal, y debe mantenerse al menos hasta 20 min después de la inyección. Para una adecuada interpretación de la imagen, es importante estar al tanto de la historia de convulsiones que ocurren antes de la imagen.

Precauciones para la sedación del paciente:

La sedación puede ser una variante necesaria en pacientes con epilepsia, demencias y en niños que no cooperan, por lo que es necesario evaluar cada caso de manera independiente para comprobar si hay contraindicaciones para su uso. Se precisa además la vigilancia continua de estos pacientes durante todo el estudio y la sedación, con la presencia de un anestesiista intensivista.

Se puede utilizar una benzodiacepina de acción corta como el midazolam intravenoso. El sedativo se administra 20 min después de la administración del ^{18}F -FDG, y se requiere vigilar el paciente de forma apropiada (oximetría, pulso, etc.) para reconocer la presencia de depresión cardiopulmonar. Todo el equipo de reanimación y tratamiento para el paro cardio-respiratorio debe estar listo. La dosis de sedación debe reducirse al máximo en pacientes mayores y niños.

Radiofármacos

- Adultos: 5-10 mCi (185-370 MBq).
- ^{18}F -FDG (2-deoxy-2 [fluorine-18] fluoro-D-Glucosa). Vida media (109,8 min). Tiempo de espera entre la administración del radiofármaco y la adquisición: 45 minutos.

Dosis pediátrico: 0,1 mCi/kg (3,7 MBq/kg) Mín: 1 mCi (37 MBq), Máx: 5 mCi (185 MBq).

Contraste yodado: Se utiliza solo si es imprescindible.

Administración del radiofármaco

Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la administración del radiofármaco:

- Verificar la identidad del paciente.
- Llevar el paciente hasta el local de administración del servicio de medicina nuclear.
- Recoger el formulario de consentimiento informado firmado por el paciente o tutor, antes de proceder a la administración del radiofármaco.
- Confeccionar el modelo de registro de pacientes según estudios realizados.
- Recopilar la información complementaria de uso médico necesaria para la interpretación y reporte del estudio, y colocarla en el modelo de historia de estudios realizados.
- Indagar sobre posible embarazo o lactancia materna en pacientes femeninas en edad fértil. en caso de respuesta afirmativa, solicitar la presencia del médico del servicio de medicina nuclear para informarle sobre la situación.
- Recoger el formulario de cita y asegurar que esté firmada la sección de consentimiento informado por el paciente o el tutor.
- Solicitar la jeringuilla del paciente al técnico o tecnólogo responsable de la preparación de la dosis.
- Medir la actividad de la jeringuilla en el activímetro y comprobar que está en el rango aceptable: $\pm 10\%$ de la actividad solicitada.
- Registrar la actividad medida y la hora de medición en el registro de actividad administrada.

Forma de administración del radiofármaco:

- Mantener al paciente en una habitación tranquila y con poca luz.
- Colocar al paciente en una posición cómoda (preferiblemente en decúbito supino), e indicar que mantenga los ojos cerrados y permanezca inmóvil y relajado.
- Colocar una vía de 3 pasos para la inyección del radiofármaco, entre 10 a 15 min antes de la inyección.
- Garantizar una vía de administración intravenosa, con 250 mL de suero fisiológico (SF).
- Irrigar con SF 20-40 mL luego de inyectar el radiofármaco.

Nota: advertir al paciente que durante el período de reposo de 30 min debe estar tranquilo, sin hablar y sin tener otras interacciones. El paciente debe reposar en condiciones de hipostimulación absolutas (luz apagada y sin ruidos molestos).

Protocolo para la adquisición de imágenes

Posicionamiento del paciente:

- Hacer orinar al paciente antes de ubicarlo en la camilla.
- Colocar al paciente en posición supina, con la cabeza dentro del gantry, los brazos a los lados del cuerpo y asegurados cómodamente. Esto NO asegura al paciente a la camilla, por lo tanto, se debe mantener precaución mientras se mantenga en el scanner.

- Ajustar la posición de la cabeza de modo que la línea vertical del láser corra a lo largo de la línea órbito-meatal (LOM).
- Usar inmovilizador para prevenir el movimiento de la cabeza.

La tabla 2.1 resume las características del protocolo de exploración cerebral de metabolismo con ^{18}F -FDG.

Tabla 2.1. Protocolo de exploración cerebral de metabolismo con ^{18}F -FDG

Exploración	PET CT cerebral ^{18}F -FDG
Tipo	Diagnóstico
Patología	Neurología
Contraindicaciones	Embarazo Desechar la leche materna 12h después de la administración del radiofármaco
Interacciones	-
Observaciones	Ayuna previa de 4 h, se puede tomar agua Glucemia menor a 150 mg/dL
Radiofármaco	^{18}F -FDG
Dosis	Adultos: 5 mCi - 185 MBq Niños: 2,96-5,2 MBq/kg (0,08-0,14 mCi/kg)
Forma administración	Intravenosa canalizando la vía para lavado con suero fisiológico Luego de la administración, el paciente deberá permanecer 30 min en una sala blindada en reposo y en silencio
Dosimetría	Dosis total efectiva de 3,5 mSv + CT para una dosis de 185 MBq - 5 mCi y 70 kg de peso
Preparación del paciente	Micción previa a las adquisiciones Deshacerse de objetos metálicos en la zona a explorar
1 ^{era} Adquisición	CT SCOUT, permite detectar objetos metálicos y sirve para delimitar la zona a explorar
2 ^{da} Adquisición	CT craneal (normalmente 1 <i>bed</i>) parámetros predefinidos
3 ^{era} Adquisición	PET
Inicio de exploración	30 min tras la inyección del radiofármaco
Protocolo de exploración	PETCT _ FDG _ cerebro
Tipo de exploración	PET-CT estática
Modo	3D
Orientación paciente	Cráneo-Caudal brazos a lo largo del cuerpo
Ventana	511 keV
Matriz	256 x 256
Zoom	2
Tiempo por BED/ BEDs	10 min /1 BED
Duración exploración (minutos/kcts)	12 min
Procesamiento	Método iterativo
Representación	Paleta de color, en cortes transversales, coronales y sagitales Cuantitativamente midiendo el SUV de las estructuras a estudio

Procesamiento de imágenes

- Las imágenes se reconstruyen automáticamente y se visualizan mediante la aplicación “*Image Fusion*” que posee varios protocolos de visualización.
- Las imágenes se pueden evaluar visualmente en cada uno de los planos ortogonales fusionados o independientes, y de forma semicuantitativa mediante la determinación del SUV en la región específica deseada.

Documentación del estudio:

- Registro médico con nombre y apellido del paciente y número de Historia clínica.
- Fecha del estudio. Informe médico de las imágenes de cada corte (transversal, coronal y sagital). Se aconseja usar siempre la misma escala de colores, definida por el usuario. La mayoría de los servicios prefieren iniciar con la escala de grises y luego ver en diferentes escalas el estudio.
- Documentación de imágenes tridimensionales: opcional.
- Cuantificación. Siempre es muy importante establecer la cuantificación de las diferentes regiones del cerebro, comentar en relación con los valores de las regiones del mismo paciente, o con las bases de datos variantes de la normalidad establecidas en los servicios y programas internacionales.

Interpretación del estudio

Contenido el reporte:

- Ficha de identificación: se incluirán los datos generales del paciente (nombre completo, número de expediente, diagnóstico, indicación clínica, fecha de adquisición, radiofármaco, dosis administrada en MBq, así como su biodistribución, el equipo en el cual se adquirió el estudio), y se notificará si en el estudio se aplicó contraste intravenoso. En caso de ser estudios comparativos se agregará la fecha de estudio previo.
- Se detallarán los hallazgos metabólicos, describiendo el tipo de lesión, la medida, y la cuantificación en base al SUVmax. Posteriormente se describirán los hallazgos tomográficos que sean relevantes.
- Por último, se dará una conclusión de todos los datos obtenidos de manera precisa, clara y contundente. Al final se mencionará el nombre del médico o los médicos responsables de la interpretación.

Criterios de interpretación. Interpretación visual:

- Las imágenes deben ser examinadas críticamente durante la interpretación, por la presencia de movimiento o atenuación de artefactos.
- La interpretación de datos debe tener en cuenta los cambios globales, como hipometabolismo cortical relativo y disminuciones regionales o aumentos en la absorción de FDG. La mayor captación puede ser observada en focos epileptogénicos activos, tumores e inflamación.

- En sistemas PET/CT, las imágenes fusionadas de PET/CT se visualizarán empleando el programa *Interview fusion*. La fusión de imágenes es obligatoria en:
 - La evaluación precisa de los tumores cerebrales y la identificación de la parte metabólicamente más activa de un tumor de cerebro antes de la biopsia.
 - Localización de áreas corticales elocuentes (p. ej., área de Broca) antes de la resección del tumor.
 - Emparejamiento del hipometabolismo cortical con anomalías morfológicas en la resonancia magnética, o con el foco EEG para la planificación de la cirugía de epilepsia.

Cuantificación:

- La proporción metabólica regional de glucosa puede estimarse con los estándares internacionales establecidos. Se realizará cuantitativamente mediante el SUVmax y relativo según lo disponible.
- Para comparar con conjuntos de datos normales, los resultados deben ser interpretados en combinación con la inspección visual, y solo debe considerarse como anormal si están fuera de la media \pm dos desviaciones estándar de los datos normales, preferiblemente obtenido de controles sanos de la misma edad.
- El reporte se realiza mediante el llenado del modelo correspondiente a reporte de estudios de PET-CT, teniendo en cuenta las recomendaciones mencionadas anteriormente.

Redacción de los informes

Cuerpo del informe:

- Incluir los procedimientos, materiales y descripción de la adquisición de imágenes.
- Describir forma de administración, medicación previa y eventos durante el estudio.
- Visualizar y evaluar la distribución normal y la acumulación anormal del radiofármaco en el cerebro
- Describir la localización, extensión e intensidad de las captaciones anormales, en comparación con las captaciones fisiológicas en los tejidos normales comparables.
- Realizar cuantificaciones cuantitativas o medidas semicuantitativas.
- Describir los hallazgos morfológicos relevantes en las imágenes de CT relacionados con las captaciones anormales en PET.
- Ofrecer un estimado de la intensidad de captación a partir del valor de SUV: la intensidad de captación puede ser descrita como leve, moderada o intensa en relación con la captación de fondo.
- Describir cualquier hallazgo incidental detectado en las imágenes de CT, que sea relevante para el cuidado del paciente.
- Identificar cuando sea apropiado, los factores que pueden limitar la sensibilidad y especificidad del estudio (ej: lesiones pequeñas o procesos inflamatorios).
- Comparar los resultados con estudios previos de PET/CT realizados al mismo paciente, siempre que sea posible.

- Señalar la comparación de la extensión y la intensidad de las captaciones como enfermedad metabólica progresiva, enfermedad metabólica estable, respuesta metabólica parcial o respuesta metabólica completa, cuando el PET/CT se realice para monitorear la terapia.
- Responder en el informe cualquier problema clínico pertinente planteado en la solicitud del paciente.

Conclusión del informe:

- Señalar si el examen PET/CT revela un patrón de enfermedad de aceptación general, con una declaración que indique diagnóstico probable. Cualquier interpretación (subjetiva) no basada en tales criterios, tiene que ser declarada explícitamente y considerada como hipotética.
- Emitir un diagnóstico diferencial cuando este sea apropiado.
- Recomendar seguimiento o estudios adicionales cuando sea conveniente, para aclarar o confirmar sospecha de diagnóstico.

Fuentes de error para el informe:

- Activación cerebral involuntaria (es decir, activación visual o motora).
- Artefactos (movimiento del paciente, o relacionados con el equipo).
- Drogas psicotrópicas o uso de corticosteroides.
- Sedación.
- Corrección de atenuación nula o insuficiente.

Hallazgos falsos positivos:

- Artefactos.
- Mala alineación entre el PET y el CT producen artefactos de corrección de atenuación. Imágenes de PET sin corrección de atenuación fusionadas con CT, pueden ayudar a identificar este artefacto.
- Captación de tejidos blandos o cráneo después de una cirugía, en el área del cráneo o cerebro.
- Radio o quimioterapia recientes.

Hallazgos falso-negativos:

- Lesiones pequeñas (menor que 2 veces la resolución espacial del sistema).
- Necrosis tumoral.
- Radioterapia o quimioterapia reciente.
- Tratamientos con esteroides a altas dosis.
- Hiperglucemia o hiperinsulinemia.
- Algunos tumores de bajo grado (ej: linfoma o tumor cerebral).

Controles

Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes de los servicios de medicina nuclear, para verificarlos.

El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio, verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones

- El personal del área técnica está obligado a preservar el orden en el local de trabajo.
- En caso de detectar alguna contaminación, el especialista debe dejar una indicación visible al respecto y avisar al responsable de Protección Radiológica.
- Reflejar como observaciones en la libreta de trabajo del área, cualquier anomalía en el estudio durante el proceso de inyección o adquisición.
- Velar porque el tiempo entre la entrega de la dosis por el laboratorio y el momento de administración, no sea > 60 minutos para evitar que decaiga la dosis.

Instrucciones de manejo interno de FDG, pacientes y material contaminado

Instrucciones:

- Antes de las 12 del día anterior, la secretaria confirmará las citas de los pacientes. Una vez confirmados, los técnicos medio definirán la cantidad de dosis, que serán solicitadas por la secretaria.
- Si se cuenta con fraccionador automático de dosis, el fármaco será recibido directamente en el sector de PET.
- Si no se cuenta con fraccionador de dosis, el fármaco será recepcionado por el encargado del laboratorio caliente de medicina nuclear, que avisará al TM de turno en el PET/CT. El vial vacío se eliminará según las normas vigentes.
- Un TM del laboratorio caliente será el encargado de traspasar la dosis a una jeringa, y guardar la jeringa en el blindaje de traslado.
- La jeringa cargada y blindada será trasladada a la sala de inyección de PET/CT (o sala de reposo) de forma segura por el TM de turno en el PET/CT, donde se sacará del blindaje solo al momento de inyectar al paciente, mientras no esté operativo el correo neumático. El TM que hace el traslado utilizará un dosímetro de lectura directa para registrar la dosis durante este procedimiento.
- La inyección será administrada en las salas de reposo por el TM de turno en el PET/CT, que debe usar dosimetría de extremidad adicional a la de cuerpo entero estándar, y un dosímetro de lectura directa para registrar la dosis recibida.
- Los artículos contaminados serán eliminados en los contenedores para corto-punzantes plomados y descartados una vez que estén llenos, al menos 14 h después de su uso según lo normado, previa medición de la tasa de exposición que deberá estar por debajo de 2,5 mR/h.
- Los pacientes se podrán ir cuando su tasa de exposición a un metro sea inferior o igual a 5 mR/h (medición que queda a cargo del TM), a menos que sus condiciones domésticas permitan la evacuación inmediata y expedita. De lo contrario, esperará en

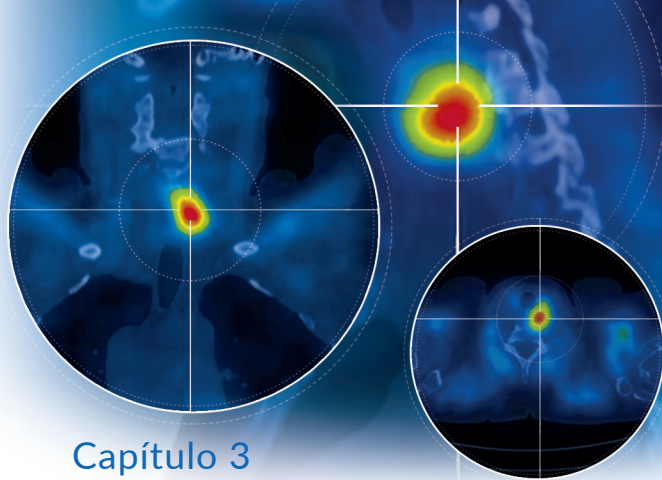
un recinto aislado y será controlado cada 30 min. Estos datos serán consignados en la sección de observaciones del formulario de pacientes del PET/CT. El TM reforzará verbalmente la instrucción de mantener aislamiento relativo por 4 h, y en caso de niños pequeños y embarazadas, aislamiento total por 24 .

Documentación asociada

Consta de:

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: Descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: Descontaminación de TOEs.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de equipo PET/CT.
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
- Registro de administración de dosis.
- Registro de estudios realizados en sistema PET/CT.
- Base de datos de estudios realizados en PET/CT.
- Base de datos con los informes médicos de PET/CT en neurología.
- Registro de salida de los informes de PET/CT en neurología.





Capítulo 3

Procedimientos de cardiología nuclear

Procedimientos de colección y de procesamiento de estudios SPECT-CT con ^{99m}Tc -MIBI en cardiología

Objetivo

Estandarizar la realización, interpretación y reporte de estudios de perfusión miocárdica con SPECT-CT utilizando el ^{99m}Tc -MIBI.

Alcance

Normalizar los procedimientos para la realización del estrés, adquisición y procesamiento de imágenes, interpretación y reporte de los estudios gammagráficos en los servicios que realizan estudios de cardiología nuclear en el país.

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones:

- Pacientes con enfermedad cardíaca isquémica sospechada o conocida.
- Pacientes con dolor precordial o equivalente isquémico que presenten:
 - Probabilidad pretest intermedia (10 - 90 %) o alta de presentar una EAC (tabla 3.1).
 - Probabilidad pretest baja (<10 %) de presentar una EAC con ECG de reposo no interpretable, o aquellos que no pueden realizar esfuerzo físico.
 - Pacientes con posible síndrome coronario agudo, que tengan enzimas normales y ECG normal o no interpretable.
- Otras indicaciones diagnósticas en caso de:
 - Discordancia clínica/eléctrica para el diagnóstico de EAC (ergometría positiva con clínica negativa o viceversa).
 - Evaluación de significación funcional de estenosis coronaria.
 - Insuficiencia cardíaca de reciente diagnóstico.

- Evaluación de pacientes con arritmias cardíacas severas o recuperados de muerte súbita cardíaca.
 - Síncope en pacientes con riesgo de evento cardíaco intermedio (10-20 %) o alto (>20 %) en un período de 10 años.
- Estratificación de riesgo y evaluación pronóstica en:
- Pacientes con antecedentes de síndrome coronario agudo.
 - Evaluación del beneficio terapéutico luego de intervencionismo coronario percutáneo, cirugía de revascularización coronaria y/o tratamiento médico.
 - Pacientes con angiografía coronaria invasiva, o estudio de imagen obtenida durante ejercicio con resultado anormal, en quienes se espera que una gammagrafía de perfusión podría modificar la conducta terapéutica.
 - Detección de viabilidad miocárdica en pacientes con disfunción ventricular izquierda, en quienes se espera que esta información podría modificar la conducta terapéutica.
 - Previo a la realización de cirugía mayor no cardíaca en pacientes con probabilidad intermedia (10-90 %) o alta (≥ 90 %) de presentar EAC.
 - Evaluación de pacientes previo a la realización de trasplante no cardíaco.
- En pacientes asintomáticos
- Con riesgo de aparición de evento cardíaco intermedio (10-20 %) o alto (>20 %) en un período de 10 años.
 - Diabéticos con evidencia de complicaciones de su diabetes *mellitus* (DM), DM de larga evolución, con factor de riesgo coronario adicional, sexo femenino o score de calcio mayor de 100.
 - Con evidencia de enfermedad vascular aterosclerótica extracardíaca.
 - Con score de calcio coronario mayor de 400.
 - Con enfermedad renal crónica (filtración glomerular <30).

Tabla 3.1. Probabilidad *pretest* de enfermedad arterial coronaria en pacientes sintomáticos de acuerdo con edad, sexo y características de los síntomas

Edad	Angina típica		Angina atípica		Dolor anginoso		Disnea	
	H	M	H	M	H	M	H	M
30-39	3 %	5 %	4 %	3 %	1 %	1 %	0 %	3 %
40-49	22 %	10%	10 %	6 %	3 %	2 %	12 %	3 %
50-59	32 %	13 %	17 %	6 %	11 %	3 %	20 %	9 %
60-69	44 %	16 %	26 %	11 %	22 %	6 %	27 %	14 %
70+	52 %	27 %	34 %	19 %	24 %	10 %	32 %	12 %

Fuente: Knuuti et al, en la guía de la Sociedad Europea de Cardiología [*Eur Heart J* 2020; 41:407-77]

Como se observa en la tabla 3.1, los recuadros verde oscuro representan los grupos de pacientes en quienes están indicados los estudios no invasivos (probabilidad pretest >15 %). Los recuadros verde claro representan los grupos de pacientes con probabilidad pretest entre 5 y 15 %, en quienes los estudios no invasivos deben indicarse de acuerdo con la probabilidad clínica. La presencia de factores de riesgo ateroscleróticos, alteraciones en el electrocardiograma de reposo, disfunción de ventrículo izquierdo y score de calcio >100, aumentan la probabilidad de desarrollar la enfermedad.

Contraindicaciones:

- Absolutas: ninguna.
- Relativas: embarazo, lactancia, falta de cooperación o incapacidad para colaborar con el procedimiento. Las contraindicaciones relacionadas con la realización del esfuerzo físico o la administración de fármacos para estrés farmacológico, se presentan en el acápite de protocolos de estrés (capítulo 1).

Términos y definiciones

SPECT/CT: equipo híbrido para la adquisición de imágenes después de la administración de un radiofármaco, en que al SPECT se une la Tomografía Computada Multicorte (por sus siglas en inglés, CT). De esta forma se obtiene en un mismo estudio información funcional y anatómica con mayor rapidez de adquisición, resolución y calidad de las imágenes. El CT se emplea para realizar la corrección de atenuación y para establecer la referencia anatómica de los hallazgos SPECT observados en el estudio. En el caso de sospecha de enfermedad isquémica, se utiliza además para medir el calcio coronario. En caso de disponer de 64 cortes o más podrá hacerse también una angiografía coronaria no invasiva, de estar indicada.

Fundamento: el SPECT permite evaluar cómo están irrigadas o perfundidas las paredes miocárdicas y por tanto, detectar la isquemia inducida por estrés (ya sea físico o farmacológico). Es un estudio funcional, no anatómico, por lo que no es posible visualizar las arterias coronarias, sino solamente los territorios irrigados por ellas.

Puede hacerse adquiriendo las imágenes sin sincronizar con la onda R del ECG, en cuyo caso únicamente permite evaluar la perfusión miocárdica, o sincronizadas con la onda R (SPECT gatillado), con el que además de la perfusión se podrá evaluar también la función miocárdica (global y regional), incluyendo el análisis del sincronismo de la contracción intraventricular.

Responsabilidades

Personal médico:

- Realizar consulta de clasificación, para evaluar al paciente y decidir tipo de estudio.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Supervisar y controlar la realización de la prueba de esfuerzo o el estrés farmacológico, según corresponda.

- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio y atender las complicaciones médicas que ocurran durante este período. Indicar la administración de medicación, si fuera necesaria por complicaciones.
- Decidir, aplicar y dar seguimiento a los pacientes que requieren de medicación como parte de estos estudios.
- Revisar la calidad de las imágenes SPECT/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes SPECT/CT y confeccionar el reporte médico.

Personal de enfermería:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones especiales que requiere este procedimiento.
- Administrar el radiofármaco siguiendo las normas establecidas.
- Administrar el medicamento para estrés farmacológico, según lo indicado.
- Preparar al paciente para la realización de la prueba de esfuerzo.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período desde la entrada al salón de espera de pacientes no inyectados, durante la administración del radiofármaco y el intervalo de espera hasta la adquisición de las imágenes.
- Registrar todas las incidencias relacionadas con los pacientes durante su estancia en el centro.
- Consultar cualquier síntoma o alteración detectada durante la realización del estudio con el personal médico.

Personal técnico:

- Tener el equipamiento necesario en óptimas condiciones, según se refiere en el control del equipamiento.
- Realizar las pruebas de rutina del SPECT/CT y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o un físico médico, en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad de la cámara gamma.
- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Garantizar una correcta preparación del paciente para la realización del estudio.
- Garantizar una correcta adquisición de las imágenes.

Jefe del área técnica:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.
- Controlar que se cumplan las medidas de protección radiológica.

Condiciones de seguridad

Son las siguientes:

- No realizar el estudio SPECT/CT en mujeres embarazadas o lactando, solo que el beneficio del estudio supere el riesgo a las radiaciones. Si está lactando suspender la lactancia 24 h después del estudio.
- Se le preguntará previamente al paciente nombre y apellidos y se comprobará que es la dosis y producto correspondiente.
- La administración de radiofármaco debe realizarse manteniendo las condiciones de asepsia establecidas en las Buenas Prácticas Clínicas.
- Todas las operaciones con sustancias radiactivas deben realizarse conforme a las instrucciones de seguridad nuclear establecidas.
- Se le explicará al paciente la posición que deberá adoptar durante la adquisición de las imágenes, y la importancia de no realizar movimientos durante la realización del estudio.
- Asegurar el uso de los medios de protección contra la contaminación radiactiva, cumpliendo con los aspectos de seguridad radiológica.
- El técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes debe asegurarse que se han realizado las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del equipo SPECT/TCT.

Recursos humanos

Este procedimiento solo podrá realizarse por especialistas que cumplan con las competencias definidas por los departamentos de medicina nuclear, y con la presencia del personal médico, de enfermería y técnico.

Equipamiento, materiales y reactivos

Locales: local de preparación del paciente y de inyecciones. Local del Sistema SPECT/CT.

Equipo: Sistema SPECT/CT.

Materiales y reactivos

- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
- Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.

Procedimientos

Recepción de la indicación y verificación de su justificación:

- Remitir al paciente a la consulta médica para instruirlo.

- Entregar las indicaciones relacionadas con la suspensión de medicamentos en los días previos al estudio, y la no ingestión de café o té el día de la prueba (ver acápite de protocolos de estrés).
- Definir en la solicitud si el paciente puede o no suspender los medicamentos en relación con su estado de salud.

Recepción del paciente el día del estudio:

- Verificar la identidad de los pacientes.
- Comprobar con el enfermo y los familiares si no hay antecedentes de alergia o reacción a medicamentos que pudieran emplearse para este tipo de estudio.
- Explicar al paciente cómo se realizará el procedimiento.
- Retirar objetos metálicos de la zona en estudio.

Protocolo de administración del radiofármaco y adquisición de imágenes:

- Los protocolos de adquisición que se utilicen comprenderán un estudio en estrés y otro en reposo, los que pueden combinarse en un solo día o realizarse en días separados.
- En casos específicos en que la probabilidad pretest de enfermedad coronaria es baja y el estudio resulta normal, también se puede utilizar solo el estrés. Se debe recurrir a los protocolos que permitan la inyección de la menor dosis radiactiva posible para el paciente, y obtener adquisiciones más rápidas.
- La actividad que se recomienda inyectar, depende de factores como el hábito corporal, el protocolo de estudio (estrés o reposo primero, 1 o 2 días (figs. 3.1 y 3.2), el tipo de cámara gamma, el *software* que emplea el equipo y el radiofármaco utilizado.
- En el caso de pacientes obesos, una opción adecuada es utilizar el protocolo de 2 días con inyección de actividad similar en estrés y reposo. En ese caso se sugiere comenzar con el estrés, y solo adquirir las imágenes de reposo el segundo día si las de estrés son anormales.
- En caso del protocolo de 1 día, se comienza con la dosis más baja y la segunda es tres veces más alta. Una sugerencia para la primera dosis de acuerdo con el índice de masa corporal (IMC) o *body mass index* (BMI) es:
 - BMI <25 kg/m²: 8 mCi de ^{99m}Tc.
 - BMI >25-30 kg/m²: 9 mCi de ^{99m}Tc.
 - BMI >30-35 kg/m²: 10 mCi de ^{99m}Tc.
 - BMI >35 kg/m²: 12 mCi de ^{99m}Tc.
- Se recomienda comenzar por el estudio de estrés, teniendo en cuenta que si este es normal no se requiere continuar con el reposo, no obstante, también se puede comenzar por el estudio de reposo. En el caso del protocolo de 1 día, una razón de 3:1 de la actividad (la más frecuentemente utilizada) requiere de un tiempo de 2 h entre ambas inyecciones para permitir el decaimiento de la primera dosis (20 % en 2 h). En el

protocolo de 2 días o día diferente, el segundo estudio no necesariamente debe ser al siguiente día, aunque debe hacerse lo antes posible para evitar que existan cambios en la condición clínica del paciente entre ambos estudios.

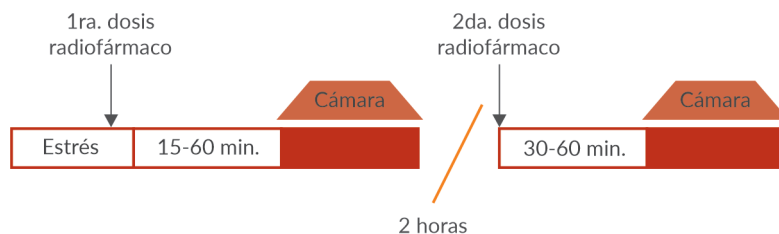


Fig. 3.1. Protocolo de 1 día (comenzando por el estrés).

Fuente: Modificado de *Nuclear Cardiology: Guidance on the implementation of SPECT myocardial perfusion imaging*. IAEA Human Health Series No. 23 (Rev. 1). International Atomic Energy Agency, Vienna, 2016, pp. 12-8.

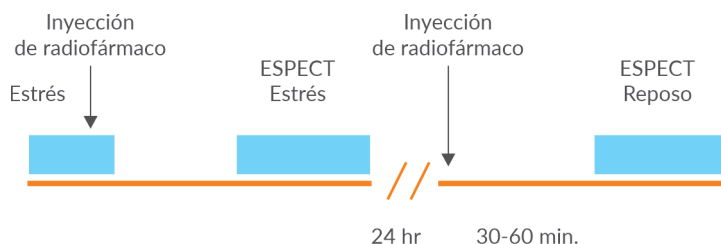


Fig. 3.2. Protocolo de 2 días (comenzando por el estrés).

Fuente: Modificado de *Nuclear Cardiology: Guidance on the implementation of SPECT myocardial perfusion imaging*. IAEA Human Health Series No. 23 (Rev. 1). International Atomic Energy Agency, Vienna, 2016, pp. 12-8.

Administración del radiofármaco

Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la administración del radiofármaco:

- Verificar la identidad del paciente.
- Recoger el formulario de consentimiento informado firmado por el paciente o tutor, antes de proceder a la administración del radiofármaco.
- Confeccionar el modelo de registro de pacientes según estudios realizados.
- Recopilar la información complementaria de uso médico necesaria para la interpretación y reporte del estudio, y colocarla en el modelo de historia de estudios realizados.
- Investigar sobre posible embarazo o lactancia materna en caso de pacientes femeninas en edad fértil. Si respuesta afirmativa, solicitar la presencia del médico del servicio de Medicina Nuclear para informar sobre la situación.

- Recoger el formulario de cita y asegurarse que la sección de consentimiento informado está firmada por el paciente o el tutor.
- Solicitar la jeringuilla del paciente al técnico o tecnólogo responsable de la preparación de la dosis de los pacientes.
- Medir la actividad de la jeringuilla en el activímetro y comprobar que está en el rango aceptable: $\pm 10\%$ de la actividad solicitada.
- Registrar la actividad medida y la hora de medición en el registro de actividad administrada.

Posición del paciente: se recomienda la posición supina si se utiliza una cámara gamma Anger, pero si es necesario se puede combinar con la prona para descartar defectos de atenuación, fundamentalmente en cara inferior del corazón (los defectos por atenuación deben eliminarse en la adquisición prona).

Tiempo de espera para la adquisición de imágenes: se puede esperar en promedio de 30 a 60 min para la adquisición de reposo, y de 15 a 60 min para la que se realiza post-estrés. Las alteraciones de contractilidad regional producidas por la isquemia, pueden desaparecer luego de 15 a 20 min de haber realizado el máximo estrés (tablas 3.2 y 3.3). De ahí que se potencie la adquisición más temprana para detectar el aturdimiento (o *stunning* miocárdico).

Tabla 3.2. Protocolo de adquisición de 1 día en cámara Anger con compuestos marcados con tecnecio-99m

Parámetro	Primer estudio (estrés o reposo)	Segundo estudio (reposo o estrés)	Recomendación
Actividad inyectada	8-12 mCi*	24-36 mCi*	Estándar
Posición del paciente	Supina	Supina	Estándar
	Prona	Prona	Opcional
Tiempo de demora entre inyección y adquisición de imágenes	15-60 min (estrés)	30-60 min (reposo)	Estándar
	30-60 min (reposo)	15-60 min (estrés)	
Protocolo de adquisición			
Ventana de energía	15-20 % simétrica, 140 keV	15-20 % simétrica, 140 keV	Estándar
Colimador	LEHR	LEHR	Preferible
Órbita	180° (45 % OAD a 45 % OPI)	180° (45 % OAD a 45 % OPI)	Preferible

Tabla 3.2. (cont.)

Parámetro	Primer estudio (estrés o reposo)	Segundo estudio (reposo o estrés)	Recomendación
Tipo de órbita	Circular	Circular	Estándar
	No circular	No circular	Preferible
Tamaño del pixel	3-6 mm	3-6 mm	Estándar
Tipo de adquisición	Step and shoot	Step and shoot	Estándar
	Continuo	Continuo	Preferible
Número de proyecciones	60-64	60-64	Estándar
Matriz	64x64	64x64	Mínimo
	128x128	128x128	Preferible
Tiempo de proyección	25 s	25 seg	Estándar
Gatillado por ECG	Estándar	Estándar	
Cuadros (frames) por ciclo	8	8	Estándar
	16	16	Preferible
Ventana R-R	20-100 %	20-100 %	20 % recomendada**

Fuente: Modificado de Organismo Internacional de Energía Atómica, *Clinical applications of SPECT-CT*, IAEA Human Health series no. 41, IAEA, Viena (2023)

Leyenda: LEHR: colimador de bajas energías y alta resolución (siglas en inglés: *low energy, high resolution*); OAD: oblicua anterior derecha; OPI: oblicua posterior izquierda. *actividad recomendada para un paciente promedio de 70 kg de peso. **se utilizan valores superiores si se requiere incluir conteos rechazados.

Tabla 3.3. Protocolo de adquisición de 2 días en cámara Anger con compuestos marcados con tecnecio-99m

Parámetro	Primer estudio (estrés)	Segundo estudio (reposo)	Recomendación
Actividad inyectada	18-30 mCi	18-30 mCi	Si BMI \geq 35kg/m ²
	8-12 mCi	8-12 mCi	Si BMI \leq 35kg/m ²
Posición del paciente	Supina	Supina	Estándar
	Prona	Prona	Opcional
Tiempo de demora entre inyección y adquisición de imágenes	15-60 min	30-60 min	Estándar

Tabla 3.3. (cont.)

Parámetro	Primer estudio (estrés)	Segundo estudio (reposo)	Recomendación
Protocolo de adquisición			
Ventana de energía	1-20 % simétrica, 140 keV	15-20 % simétrica, 140 keV	Estándar
Colimador	LEHR	LEHR	Preferible
Órbita	180° (45 % OAD a 45 % OPI)	180° (45 % OAD a 45 % OPI)	Preferible
Tipo de órbita	Circular No circular	Circular No circular	Estándar Preferible
Tamaño del pixel	3-6 mm	3-6 mm	Estándar
Tipo de adquisición	<i>Step and shoot</i> Continuo	<i>Step and shoot</i> Continuo	Estándar Opcional
Número de proyecciones	60-64	60-64	Estándar
Matriz	64x64 128x128	64x64 128x128	Mínimo Preferible
Tiempo de proyección	25 seg	20 seg	Estándar
Gatillado por ECG	Estándar	Opcional*	
Cuadros (frames) por ciclo	8 16	8 16	Estándar Preferible
Ventana R-R	20-100%	20-100%	20% recomendada**

Fuente: Modificado de Organismo Internacional de Energía Atómica, *Clinical applications of SPECT-CT*, IAEA Human Health series no. 41, IAEA, Viena (2023)

Leyenda: LEHR: colimador de bajas energías y alta resolución (siglas en inglés: *low energy, high resolution*); OAD: oblicua anterior derecha; OPI: oblicua posterior izquierda, *aunque es posible gatillar solo el estrés, siempre que sea posible es mejor gatillar ambos estudios para evaluar la aparición de aturdimiento miocárdico (*stunning*).

Estudio gatillado: siempre que sea posible deben gatillarse ambos estudios (estrés y reposo), con el fin de detectar las alteraciones transitorias de la contractilidad que aparecen con el estrés. Se puede hacer con 8 ó 16 cuadros (*frames*), pero el uso de 8 *frames* se considera estándar.

Corrección de atenuación: la corrección de atenuación se debe realizar con el fin de eliminar los defectos de atenuación que se pueden producir en la pared anterior (mama) en las mujeres, y en la pared inferior (diafragma) en los hombres, con lo que se mejora la

especificidad. Habitualmente con los sistemas de tomografía axial computarizada (TAC), se utiliza una corriente del tubo de 10 a 20 mA y un voltaje de 80 a 140 kVp, con duración de la adquisición de 10 a 30 s. Existen también tubos con menor corriente y rotación lenta, que pudieran en el futuro convertirse en estándar.

En relación con la utilización de la TAC en los estudios híbridos de SPECT/CT:

- Se hace el topograma / *scout* para la localización del corazón.
- TAC de transmisión para la corrección de atenuación (tabla 3.4).
- Siempre que sea clínicamente indicado y tecnológicamente posible es recomendable el análisis del score de calcio coronario.
- En todos los casos deben seguirse las recomendaciones del fabricante del equipo.

Tabla 3.4. Protocolo de TAC de transmisión para la corrección de atenuación/*score* de calcio

Potencial del tubo	80-140 kVp
Corriente del tubo	10-20 mA
Espesor de corte	4-5 mm
Gatillado ECG	No
Campo de visión	Desde la carina hasta 2 cm por debajo del borde inferior del corazón
Instrucciones para la respiración	Se obtiene al final de la espiración o durante la respiración superficial (esta última es la más frecuente)

Protocolos de estrés: referirse al acápite de Procedimientos Comunes (Protocolos de estrés).

Procesamiento de las imágenes

Es recomendable, siempre que sea posible, la utilización de métodos de reconstrucción iterativa y corrección de atenuación (o combinación de adquisición supina/prona si la corrección de atenuación no está disponible). Con ello se optimiza la calidad de la imagen y se incrementa la utilidad diagnóstica del estudio.

Reconstrucción transaxial:

- Retroproyección filtrada:
 - La selección del filtro es un aspecto fundamental en el procesamiento del SPECT, para obtener una adecuada calidad de imagen clínicamente aceptable. Esto debe probarse de forma individual para cada sistema, de acuerdo con la dosis del radiofármaco administrada y el tipo de paciente.
 - Los cortes tomográficos procesados con filtros con alta frecuencia de corte, mejoran la resolución espacial a expensas de la introducción de mayor ruido estadístico. El filtro que más se adapta a los estudios cardíacos con compuestos marcados con ^{99m}Tc , es el *Butterworth*.

- Debe mantenerse el mismo tipo de filtro para cada fase de un estudio, pudiendo variar la frecuencia de corte de acuerdo con la estadística de conteo.
- Recientemente se ha introducido la posibilidad de reconstrucción por métodos iterativos, los cuales se encuentran ya implementados en la mayoría de los nuevos sistemas. Estos métodos presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo cual es aconsejable su aplicación.

Reorientación de los cortes. Una vez reconstruido el estudio, los cortes transaxiales deben ser reorientados con el fin de obtener las imágenes que corresponden al eje corto o coronal, y a los ejes largos vertical y horizontal del ventrículo izquierdo. Se recomienda también la generación de los mapas polares para su ulterior interpretación, y opcionalmente las imágenes 3D de superficie.

Documentación del estudio

Presentación de las imágenes tomográficas. Los cortes del eje menor y los de los ejes mayor vertical y horizontal, deben desplegarse ya sea en escala de grises o a color, deben abarcar desde el ápex a la base del ventrículo izquierdo, desde la pared septal a la pared lateral y desde la pared anterior a la pared inferior, respectivamente.

- Es opcional la utilización de un zoom posreconstrucción para mejorar la visualización e interpretación del estudio.
- Presentar las imágenes de estrés y reposo en parejas correspondientes para cada plano de corte, para facilitar su comparación.
- Prestar atención a que aparezca la escala de grises o a color en su totalidad; la presencia de estructuras “calientes” subdiafragmáticas puede afectar la visualización del ventrículo. Si es necesario, se puede aplicar una “máscara” para eliminarlas de la imagen, o modificar la escala asignando el máximo de esta a un sector del miocardio.
- Los cortes tomográficos pueden acompañarse de las imágenes de mapas polares, reconstrucción tridimensional de superficie e información funcional de ventrículo izquierdo (fracción de eyección, volúmenes ventriculares y sincronismo intraventricular) derivada del estudio gatillado.

En la figura 3.3 se muestra el estudio realizado para el diagnóstico de enfermedad arterial coronaria, en un paciente masculino de 60 años, hipertenso, dislipidémico y con dolor precordial de esfuerzo. En el primer recuadro se evidencian los cortes de perfusión y en el segundo el estudio de función ventricular. Se observa severa isquemia inferior y apical, con caída de la FEVI en el posestrés y dilatación isquémica transitoria del VI con el esfuerzo.

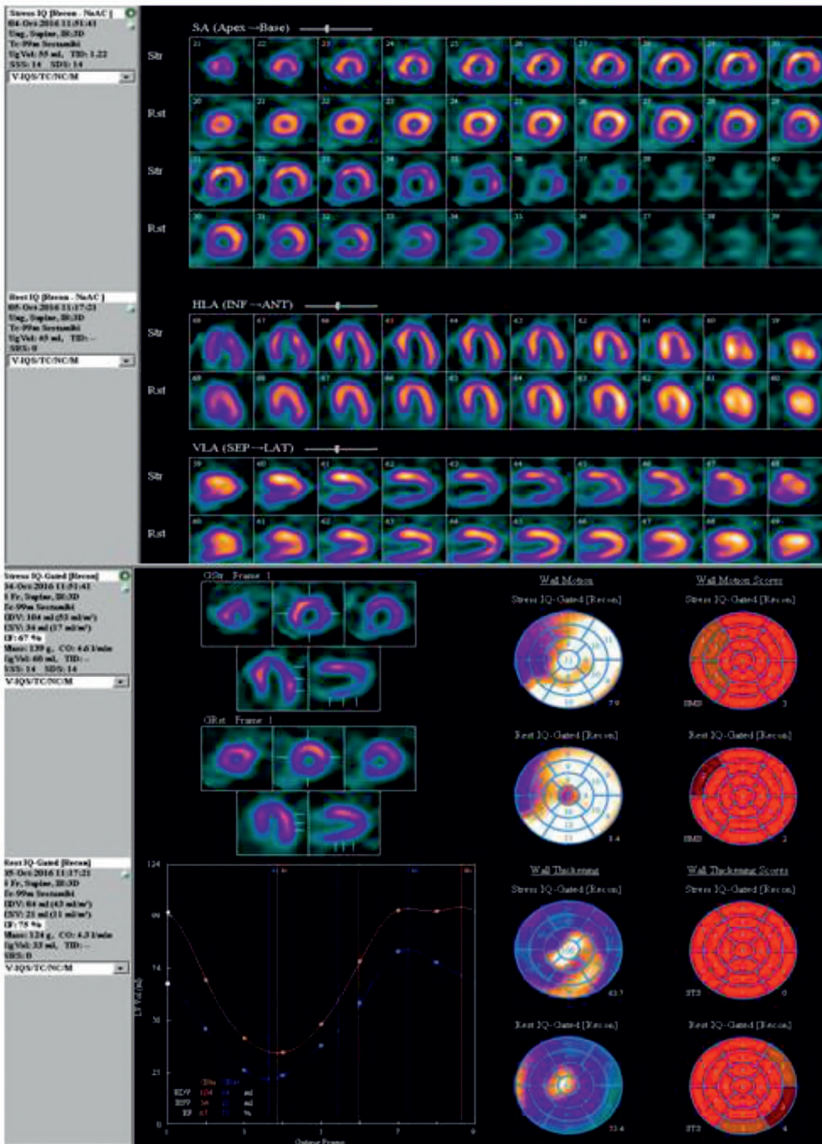


Fig. 3.3. Ejemplo de imagen de perfusión miocárdica con SPECT/CT. Fuente: Servicio de Medicina Nuclear. Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular.

En la figura 3.4 se muestra otro estudio de perfusión miocárdica con SPECT/CT utilizando 99mTc-MIBI.

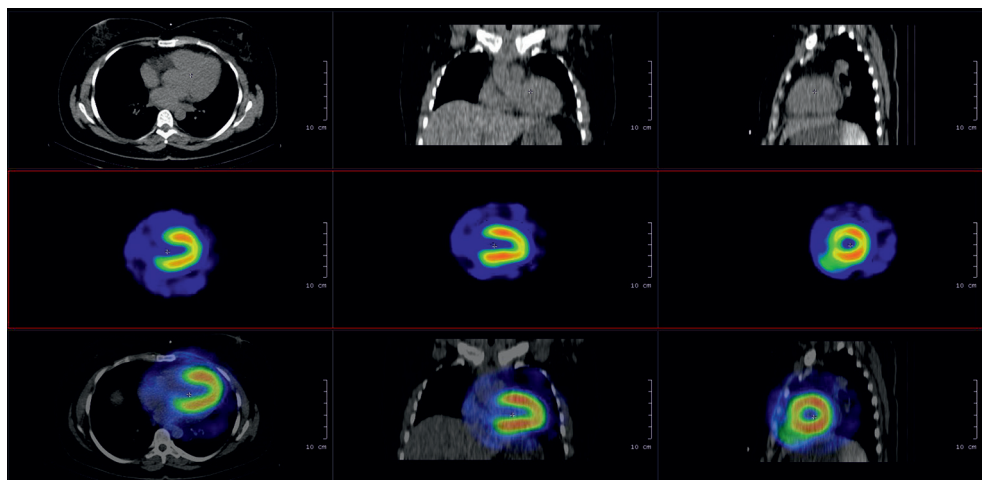


Fig. 3.4. Estudio SPECT/CT con ^{99m}Tc -MIBI para perfusión miocárdica. Fuente: Dirección de Servicios Biomédicos. Centro de Isótopos.

Evaluación de las imágenes. En el momento de evaluar las imágenes para hacer su interpretación, se deben considerar los aspectos siguientes:

- Observación en modo cine: las imágenes del estudio sin procesar (proyecciones “crudas”) en modo cine se deben revisar antes de la generación de cortes tomográficos, con el propósito de verificar si el estudio está completo y evaluar la presencia y grado de movimiento, alteraciones de la biodistribución, relación de actividad órgano/fondo y otras fuentes potenciales de artefactos, como la posible presencia de atenuación mamaria o diafragmática. La generación y análisis de un sinograma y un linograma, también es útil para contribuir a la identificación de artefactos.
- Este análisis preliminar debe efectuarse antes que el paciente se retire del servicio de Medicina Nuclear, lo que permitirá repetir la adquisición si es necesario. En el caso de la atenuación diafragmática, debe repetirse una adquisición en decúbito prono, lo que eliminará el defecto de atenuación y permitirá hacer el diagnóstico diferencial con un verdadero defecto de perfusión.

Variantes normales. Pueden aparecer variaciones significativas entre diferentes individuos, así como entre estudios realizados al mismo individuo en diferentes momentos. Entre las variantes normales es necesario considerar:

- Adelgazamiento apical.
- Tabique interventricular corto.
- Defecto “7 y 11” en el eje corto (debido a inserción del ventrículo derecho).
- Músculo papilar prominente.

Escala de colores. Las escalas de colores no continuas; aunque suelen ser de utilidad cuando están apropiadamente calibradas, pueden producir confusión, por lo cual se aconseja siempre evaluar también el estudio en escala de grises. Como sugerencia, en cada servicio debe utilizarse siempre la misma escala por todos los observadores.

Interpretación del estudio. Las imágenes deben ser evaluadas en el contexto de la información clínica relevante (incluyendo la sintomatología del paciente, los factores de riesgo aterosclerótico y la probabilidad *pretest* de presentar una enfermedad coronaria) y la proporcionada por otros métodos diagnósticos como el ECG, la ergometría, la ecocardiografía, otras técnicas de imagen como la tomografía axial computarizada (*score* de calcio y angiotac coronaria) y la resonancia magnética cardíaca, dentro de los estudios no invasivos. Igualmente deben considerarse los resultados de la cineangiocoronariografía en caso de disponer de los mismos.

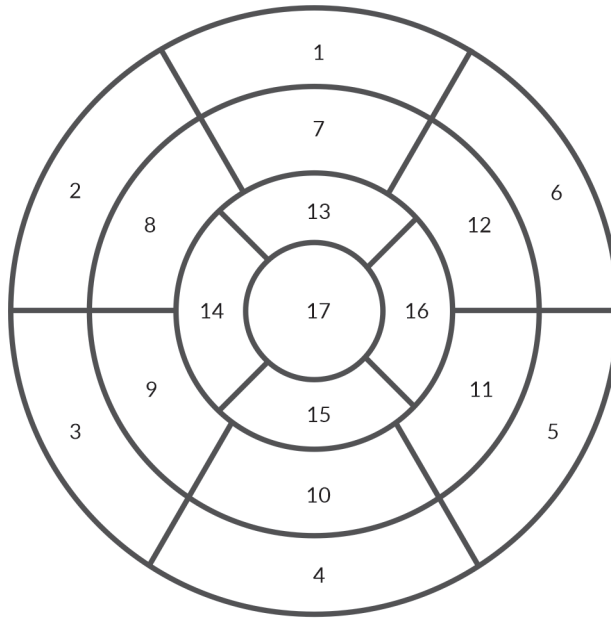
Anatomía cardíaca y aspecto general. Aunque los estudios nucleares son eminentemente funcionales y no anatómicos, existen algunos hallazgos anatómicos que deben tenerse en cuenta:

- Dilatación o hipertrofia ventricular, o combinación de ambas.
- Dilatación transitoria del ventrículo izquierdo (predomina en el estudio de estrés).
- Captación pulmonar del radiotrazador.
- Visualización del ventrículo derecho.

Defectos de perfusión. Para hacer la evaluación es necesario considerar:

- Localización del (los) defecto(s): se debe seguir la división en 17 segmentos (fig. 3.5).
- Extensión (tamaño): se correlaciona con la extensión de la EAC. De acuerdo con el por ciento del territorio de ventrículo izquierdo que afecta, se clasifica en: pequeño (0 - 10 %); medio (>10 % - 20 %) y grande (>20 %).
- Intensidad (severidad): se correlaciona con la severidad de la EAC. Puede dividirse de acuerdo con un *score* semicuantitativo de la siguiente forma: ausencia de captación del radiofármaco = 4; captación severamente reducida = 3; captación moderadamente reducida = 2; captación ligeramente reducida = 1; captación normal = 0.
- Grado de reversibilidad del defecto: totalmente reversible, parcialmente reversible, no reversible o fijo. En caso de utilizarse el talio-201 (no utilizado en Cuba desde hace más de una década), puede observarse también redistribución inversa o defecto paradójico.
- *Scores* sumados: de acuerdo con sus siglas en inglés son: *score* sumado de estrés (SSS), *score* sumado de reposo (SRS) y *score* sumado de la diferencia (SDS). Los *scores* sumados toman en consideración la extensión y la severidad del defecto.
- El *score sumado de estrés* representa isquemia e infarto. Un SSS ≤ 3 se considera normal; mientras que 4 a 8 representa un defecto ligero, de 9 a 12 moderado y >12 severo.
- El *score sumado de reposo* representa la magnitud del defecto fijo y en general equivale a infarto.

- El *score sumado de la diferencia* expresa la magnitud de la reversibilidad de los defectos (isquemia). Un SDS de 1 a 3 corresponde con isquemia ligera, de 4 a 7 moderada y >7 severa. Deben reportarse de rutina, puesto que tienen un valor pronóstico significativo y contribuyen a minimizar la variabilidad interobservador para la interpretación del estudio.
- Mapas polares: constituyen representaciones bidimensionales de la distribución tridimensional del radiofármaco en el miocardio. Se presentan mapas de estrés, reposo y reversibilidad.



- | | | |
|------------------------|-----------------------|---------------------|
| 1. Basal anterior | 7. Mid anterior | 13. Apical anterior |
| 2. Basal anteroseptal | 8. Mid anteroseptal | 14. Apical septal |
| 3. Basal inferoseptal | 9. Mid inferoseptal | 15. Apical inferior |
| 4. Basal inferior | 10. Mid inferior | 16. Apical lateral |
| 5. Basal inferolateral | 11. Mid inferolateral | 17. Apex |
| 6. Basal anterolateral | 12. Mid anterolateral | |

Fig. 3.5. Segmentación del ventrículo izquierdo. *Fuente:* American Heart Association Cerqueira MD et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. *Circulation*, 2002;105:539–42.

Función ventricular:

- Se deben incluir los datos cuantitativos de fracción de eyección de ventrículo izquierdo (FEVI) y volúmenes ventriculares, siempre que se realice el estudio gatillado. La evaluación cualitativa debe incluir el análisis del engrosamiento sistólico y de la contractilidad parietal. Se recomienda realizar el primero con escala de colores discontinua y el segundo mediante escala continua monocromática, preferiblemente en modo cine. El

análisis del estudio gatillado se debe realizar examinando los tres planos del ventrículo izquierdo, y su control de calidad debe incluir la verificación de los contornos endocárdico y epicárdico colocados por el programa automático, así como la morfología de la curva de volumen ventricular.

- La contractilidad parietal puede graduarse de la siguiente forma: 0 = normal, 1 = hipoquinesia leve, 2 = hipoquinesia moderada, 3 = hipoquinesia severa, 4 = aquinesia, 5 = disquinesia.
- Deben reportarse la FEVI tanto de reposo como post-estrés, así como la diferencia entre ambas (delta FEVI). En general, el límite inferior normal de la FEVI es 50 %, aunque también se han reportado valores alrededor de 45 % en hombres con baja probabilidad de EAC. Debe reportarse como >70 % en casos en que el valor sea superior a esta cifra, así como <10 % en los que sea inferior a 10 %. A consecuencia del efecto de volumen parcial puede comprometerse la estimación de los volúmenes ventriculares, con lo que la FEVI puede resultar erróneamente elevada en corazones muy pequeños (ejemplo en mujeres con bajo índice de masa corporal).
- Se puede observar caída significativa de la FEVI (≥ 5 puntos absolutos) posisquemia en casos de atontamiento miocárdico, principalmente si existen defectos reversibles.
- El engrosamiento regional de la pared también puede evaluarse cuantitativamente y expresarse mediante escalas de colores. De forma semicuantitativa puede clasificarse como: engrosamiento normal = 0; ligera reducción = 1; reducción moderada a severa = 2; no engrosamiento = 3.
- Se debe incluir el reporte de los volúmenes ventriculares en telediástole y telesístole, en reposo y poestrés.
- También es posible realizar el estudio del sincronismo intraventricular, mediante el análisis de fase en las imágenes de SPECT-gatillado y a través de *softwares* específicos. Tiene aplicación en la evaluación de pacientes previo a la terapia de resincronización, y también en la evaluación de la enfermedad isquémica cardíaca.

Dilatación isquémica transitoria del VI. Se mide en las imágenes no gatilladas. El límite superior se considera entre 1,2 y 1,3. Si es mayor de esta cifra evidencia la presencia de isquemia subendocárdica. Es especialmente útil si se sospecha una isquemia balanceada, en caso de una perfusión miocárdica “aparentemente normal”.

Razón corazón/pulmón. Se considera anormal si es >0,44 (con compuestos marcados con ^{99m}Tc) o 0,50 si se utiliza ^{201}Tl . Refleja la presencia de disfunción ventricular, con aumento de presión telediastólica de VI.

Captación de ventrículo derecho (VD). En general no es posible cuantificarla, pero debe evaluarse de forma cualitativa. Normalmente el VD muestra solo una débil captación del radiofármaco, pues el espesor de su pared es alrededor de la tercera parte de la pared del VI. Si muestra una captación aumentada en relación con el VI, puede representar: severa isquemia de VI (marcador de enfermedad multivaso o de enfermedad de tronco de

coronaria izquierda), hipertrofia de VD o aumento de la presión arterial pulmonar debido a disfunción de VI.

Calidad general de la imagen. Debe ser evaluada de forma semicuantitativa e incluirse en el reporte como excelente, buena, pobre o no interpretable, en cuyo caso debe repetirse la adquisición.

Reporte del estudio. Debe incluir registro médico con nombre y apellido del paciente y número de historia clínica, así como la fecha del estudio. Un adecuado reporte del estudio debe presentar la metodología utilizada para realizarlo y toda la información obtenida, tanto desde el punto de vista del estrés aplicado como de las imágenes gammagráficas. Las conclusiones deben ser precisas, concisas y responder a la interrogante clínica del médico de asistencia que indica la prueba.

Esquema a seguir:

- Motivo de indicación del estudio.
- Datos clínicos: Breve reseña de la historia clínica.
- Informe de la prueba de estrés aplicada: trazado electrocardiográfico y resultado de la prueba de esfuerzo o estímulo farmacológico. Reportar sintomatología en relación con el estrés y reacciones adversas si las hubo.
- Técnica utilizada: radiofármaco, dosis, tipo de protocolo. En caso de aplicar un protocolo que incluya estrés y reposo, se debe especificar si el estudio fue de 1 día, 2 días o solo de estrés.
- Descripción de los hallazgos gammagráficos:
 - Perfusión: mencionar la presencia, localización, extensión, severidad y grado de reversibilidad de los defectos de perfusión. Señalar si aparecen dilatación ventricular transitoria o captación pulmonar aumentada.
 - Función ventricular: describir la función global y segmentaria, valor de la fracción de eyección, cambio eventual entre estrés y reposo que indique “atontamiento” miocárdico, volúmenes ventriculares.
- Descripción de los resultados del *score* de calcio en caso de realizarse: ofrecer los valores de unidades *Agatston* correspondientes a cada arteria coronaria principal: tronco de la arteria coronaria izquierda, arteria descendente anterior, arteria circunfleja y arteria coronaria derecha. Incluir también el valor total, clasificándose en: 0 = ausencia de calcio coronario; 1-100 = bajo riesgo, 101-400 = riesgo intermedio y >400 = riesgo alto.
- Conclusiones: deben formularse sobre la base de la correlación entre la historia clínica del paciente, el resultado de la prueba de estrés y los resultados del estudio radioisotópico.

Controles

Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes para ser verificados.

El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio, verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones

Es necesario que se tenga en cuenta:

- El contenedor de plomo contendrá la jeringuilla con el radiofármaco, rotulado con la identificación del paciente (nombre y apellidos), peso y la actividad a administrar.
- En caso de detectar alguna contaminación, el especialista debe dejar una indicación visible al respecto y avisar al responsable de Protección Radiológica.
- Reflejar como observaciones en la libreta de trabajo del área, cualquier anomalía durante el proceso de inyección o adquisición durante el estudio.
- Velar porque el tiempo entre la entrega de la dosis por el laboratorio y el momento de administración sea el mínimo posible.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOEs.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de SPECT/CT.
- Registro de administración de dosis.
- Registro de estudios realizados en equipo.
- Base de datos de estudios realizados en equipo.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de salida de los informes de corazón realizados con SPECT/CT.

SPECT-CT cardiaco con ^{99m}Tc -pirofosfato para diagnóstico de amiloidosis cardiaca

Objetivo

Establecer la metodología de realización de los estudios SPECT/CT con tecnecio-pirofosfato para diagnóstico de amiloidosis cardíaca (AC).

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones para la preparación, adquisición, procesamiento e informe de los estudios SPECT/CT con tecnecio-pirofosfato, en pacientes con amiloidosis cardíaca que acudan a los servicios de medicina nuclear.

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones:

- Pacientes mayores de 60 años con insuficiencia cardíaca con fracción de eyección preservada y aumento del grosor de la pared del ventrículo izquierdo, de causa no explicada.
- Pacientes de origen africano, mayores de 60 años, con insuficiencia cardíaca de causa no explicada o aumento del grosor de pared de ventrículo izquierdo (>12 mm).
- Pacientes (especialmente hombres mayores), con características clínicas asociadas con AC como neuropatía, síndrome del túnel carpiano bilateral, estenosis aórtica de bajo flujo y bajo gradiente, arritmias auriculares resistentes de causa no explicada o bloqueo auriculoventricular de 2do grado, en ausencia de factores habituales de riesgo y con discordancia entre el voltaje ECG y el grosor de la pared miocárdica.
- Evaluación de afectación cardíaca en personas con amiloidosis hereditaria conocida o sospechada.
- Diagnóstico de amiloidosis por transtirretina (ATTR) en personas con resonancia magnética cardíaca (RMC) o ecocardiografía compatible con amiloidosis cardíaca.
- Pacientes con sospecha de amiloidosis cardíaca ATTR y contraindicaciones para RMC, como insuficiencia renal o presencia de dispositivo cardíaco implantable no RMC-compatible.

Contraindicaciones:

- Imposibilidad de mantener el decúbito durante la adquisición de las imágenes.
- Embarazo.
- Peso corporal que exceda el límite considerado para el equipo.
- Claustrofobia (raramente).

Términos y definiciones

SPECT/CT: equipo híbrido para la adquisición de imágenes después de la administración de un radiofármaco en que al SPECT se une la tomografía computada multicorte. De esta forma se obtiene en un mismo estudio información funcional y anatómica. Posee mayor rapidez de adquisición y mayor resolución y calidad de las imágenes. El CT se emplea para realizar la corrección de atenuación y para establecer la referencia anatómica de los hallazgos SPECT observados en el estudio.

Amiloidosis cardíaca: en la AC existen depósitos de amiloide en el miocardio, constituidos por proteínas mal plegadas de cadenas ligeras (AL) o de transtirretina (TTR). En este último caso hay dos variantes: la mutante (ATTRm) y la *wild-type* (ATTRwt). Mientras que

la ATTRwt es casi exclusiva de hombres ancianos, la ATTRm se presenta en ambos sexos y en diferentes edades. La manifestación clínica más frecuente de la AC es la miocardiopatía restrictiva. La evolución clínica de estos pacientes sin tratamiento es desfavorable, con elevada mortalidad en corto tiempo luego del diagnóstico. Por ello, diagnosticarla y, sobre todo, diferenciar entre los distintos tipos, es fundamental tanto para establecer pronóstico como para instaurar terapia (diferente para cada tipo) y monitorizar su eficacia mediante la regresión de la amiloidosis, así como para hacer un adecuado asesoramiento genético.

Tc99m-PYP: pirofosfato marcado con tecnecio 99m. La captación miocárdica dTc99m-PYP, Tc99m-3,3-difosfono-1,2- ácido propanodicarboxílico (DPD), o Tc99m-hidroximetileno difosfonato (HMDP) igual o mayor a la captación en costillas, posee una especificidad y un valor predictivo positivo de 100% para la AC ATTR. Con esto se reduce la necesidad de biopsia endomiocárdica y se considera que la imagen con Tc99m-PYP planar o SPECT, es el estándar no invasivo para el diagnóstico de ATTR en pacientes apropiadamente seleccionados. El uso de la imagen híbrida (SPECT/CT) será de gran valor para obtener una mejor cuantificación de la captación del Tc99m-PYP, elevando la utilidad de la prueba en el seguimiento del paciente y en la evaluación de la carga de amiloide, aunque no es imprescindible para el diagnóstico. Ver anexo III

Responsabilidades

Personal médico:

- Realizar consulta de clasificación para evaluar al paciente y decidir tipo de estudio.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Supervisar y controlar la preparación del paciente en el día de la prueba, previo a la inyección del radiofármaco.
- Controlar a los pacientes durante la realización del estudio y atender las complicaciones médicas que ocurran durante este período.
- Revisar la calidad de las imágenes antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes y confeccionar el reporte médico.

Personal de enfermería:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones especiales que requiere este procedimiento.
- Administrar el radiofármaco siguiendo las normas establecidas.
- Preparar al paciente para la realización de la prueba.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período desde la entrada al salón de espera de pacientes no inyectados, durante la administración del radiofármaco y el intervalo de espera hasta la adquisición de las imágenes.
- Registrar todas las incidencias relacionadas con los pacientes durante su estancia en el centro.
- Consultar con el personal médico cualquier síntoma o alteración detectada durante la realización del estudio.

Personal técnico:

- Tener el equipamiento necesario en óptimas condiciones según se refiere en el control del equipamiento.
- Realizar las pruebas de rutina del SPECT/CT y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o a un físico médico, en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad de la cámara. Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Garantizar una correcta preparación del paciente para la realización del estudio.
- Garantizar una correcta adquisición de las imágenes.

Jefe del área técnica:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.
- Controlar que se cumplan las medidas de Protección Radiológica.

Condiciones de seguridad

Acciones:

- Preguntar previamente al paciente nombre y apellidos y comprobar que es la dosis y producto correspondiente.
- Realizar la administración de radiofármaco manteniendo las condiciones de asepsia establecidas en las Buenas Prácticas Clínicas.
- Realizar todas las operaciones con sustancias radiactivas conforme a las instrucciones de seguridad nuclear establecidas.
- Explicar al paciente la posición que deberá adoptar durante la adquisición de las imágenes, y la importancia de no realizar movimientos durante la ejecución del estudio.
- Usar los medios de protección contra la contaminación radiactiva, cumpliendo con los aspectos de seguridad radiológica.
- El técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes debe asegurarse que se han realizado las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del equipo SPECT/CT.

Recursos humanos

Este procedimiento solo podrá realizarse por especialistas de los servicios que cumplan con las competencias definidas por el servicio de medicina nuclear, y con la presencia del personal médico, de enfermería y técnico.

Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos

Locales: local de preparación del paciente e inyecciones. Local del equipo SPECT/CT.

Equipo: sistema SPECT/CT.

Accesorios: soporte o aditamento para posicionamiento e inmovilización de los pacientes, máscara ocular o antifaz.

Materiales y reactivos:

- Generador de Molibdeno $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$.
- Fármacos: pirofosfato.
- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
- Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.
- Contraste yodado en casos necesarios.

Recepción de la indicación y verificación de su justificación

Se remitirá al paciente a la consulta médica para instruirlo. Se entregarán indicaciones relacionadas con el tipo de estudio a realizar.

Recepción del paciente el día del estudio

Acciones:

- Verificar la identidad de los pacientes.
- Comprobar con el enfermo y familiares si no hay antecedentes de alergia o reacción a los medicamentos que se emplean para este tipo de estudio.
- Explicar al paciente cómo se realizará el procedimiento.
- Retirar objetos metálicos de la zona en estudio.

Protocolo de administración del radiofármaco y adquisición de imágenes

- Radiofármacos:
 - $\text{Tc}^{99\text{m}}\text{-PY.P}$
 - Puede utilizarse en forma de dosis unitarias o como kits para su preparación. Los kits contienen viales de uso único de 10 mL, cada vial contiene 11,9 mg de pirofosfato de sodio, 3,2 mg de cloruro de estaño y 4,4 mg de estaño total. Este kit está aprobado para la adquisición de imágenes óseas, cardíacas (para detección de infarto de miocardio) y de *pool* sanguíneo (ventriculografía radioisotópica, detección de hemorragia digestiva). Su preparación debe hacerse siguiendo las indicaciones del prospecto comercial. La dosis efectiva total para cuerpo entero se estima en 3,2 mSv si se inyectan 15 mCi de $\text{Tc}^{99\text{m}}\text{-PYP}$.
- Si bien la interpretación de las imágenes y la utilidad del estudio es similar en los tres casos, por la menor disponibilidad del DPD y el HMDP en nuestra región, estos no están incluidos en este documento. No obstante, pueden consultarse sus especificidades en los *Puntos Prácticos de Amiloidosis Cardíaca*, publicados por la ASNC y la Asociación Europea de Medicina Nuclear (EAMN).

Protocolo de adquisición

En la tabla 3.3 se muestra el protocolo de adquisición para la realización del estudio. No conlleva aplicación de estrés.

Tabla 3.3. Protocolo de adquisición de imágenes con Tc99m-PYP para diagnóstico de amiloidosis cardíaca

Procedimiento	Parámetro	Observaciones
Dosis de Tc99m-PYP	10-20 mCi por vía EV	
Tiempo entre inyección y adquisición	SPECT y planar: 1 h	Recomendado
	SPECT y planar: 3 h	Recomendado
Parámetros de adquisición		
Campo visual	Tórax	Recomendado
	Planar de cuerpo entero	Opcional
Tipo de imagen	SPECT y planares de tórax	Recomendado
Posición	Supina	
Ventana energética	140 keV, 15-20 %	
Colimadores	De baja energía y alta resolución	
Matriz	Planar: 256 x 256	Como mínimo 64 x 64
	SPECT: 128 x 128	en ambos casos
Tamaño del pixel	3,5 - 6,5 mm	
Imágenes planares		
Número de vistas	Anterior, oblicua anterior izquierda y lateral	
Configuración del detector	90°	
Total de conteos	750 000 conteos	
Zoom	1,46	
Imágenes SPECT		
Rango angular	180°	Recomendado
	360°	Opcional
Configuración del detector	90°	Recomendado
	180°	Opcional
Gatillado por ECG	No	
Número de vistas/detector	40	
Tiempo por parada	20 s	
Zoom	1,0	

Procesamiento e interpretación de las imágenes

Observaciones:

- En las imágenes planares se hace la interpretación visual y la cuantificación del grado de captación miocárdica, mediante el índice corazón/pulmón contralateral (siglas en

inglés: H/CL) o comparando la captación miocárdica con la captación a nivel de las costillas.

- Las imágenes tomográficas complementan el estudio por diferentes razones: para evitar la superposición con la captación ósea, diferenciar la actividad en el *pool* sanguíneo de la actividad miocárdica, evaluar la distribución miocárdica de Tc99m-PYP en pacientes con imágenes planares positivas, identificar la captación de Tc99m-PYP en el tabique interventricular (frecuentemente afectado en la amiloidosis), y también para cuantificar el grado de captación miocárdica mediante una comparación con la captación en costillas. Además puede observarse si existe también captación en ventrículo derecho.
- En los últimos años se ha comenzado a utilizar también la imagen híbrida para lograr una mejor cuantificación de la captación, mediante la evaluación del SUV (*standard uptakevalue*, siglas en inglés) máximo y mínimo y la actividad cardíaca de amiloide. No obstante, este es un tema en el que se debe continuar investigando y validando los resultados frente a la práctica clínica.
- Si bien las imágenes del área cardíaca son las fundamentales en este estudio, puede considerarse añadir imágenes planares de cuerpo entero para identificar la captación de Tc99m -PYP en la cintura escapular (hombros) y pelviana (caderas), como signo específico de ATTR sistémica, aunque esto se utiliza con más frecuencia en los protocolos que emplean HMDP o DPD.

Interpretación de las imágenes

A continuación, se presentan los aspectos a tener en cuenta para realizar la interpretación de las imágenes de Tc99m-PYP en el estudio de la AC:

- Clasificación de los patrones de captación miocárdica de Tc99m-PYP: ausente, focal, difuso, o mixto (focal y difuso).
- Cuantificación de la captación miocárdica de Tc99m-PYP: puede hacerse de forma cuantitativa o semicuantitativa. Ambas se utilizan en la práctica clínica (tabla 3.4 y figs. 3.6 y 3.7).

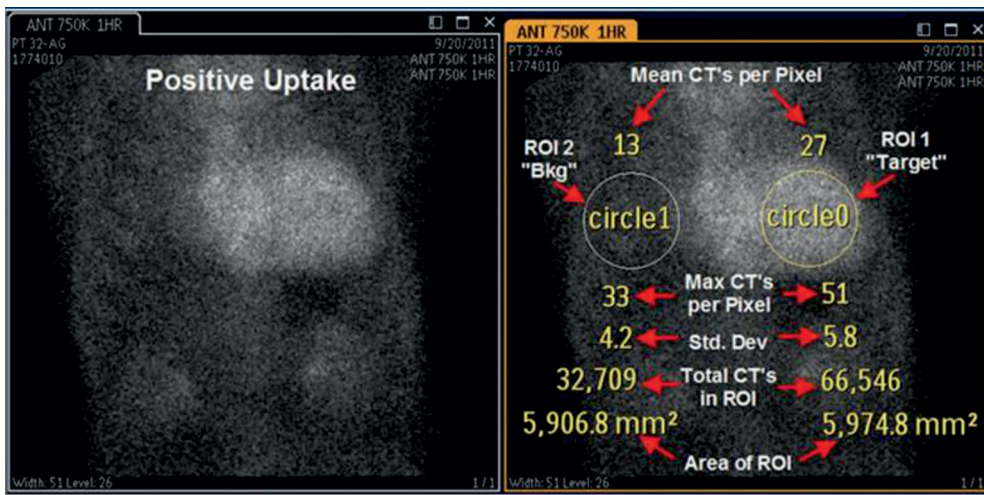
Tabla 3.4. Cuantificación de la captación miocárdica con Tc99m-PYP

Cuantitativa		
Parámetro	Cómo se calcula	Interpretación
Índice H/CL a 1 h	ROI circular sobre el corazón en imágenes planares	Índice H/CL (conteo medio corazón/conteo medio contralateral)
	ROI en espejo sobre hemitórax contralateral	Si existe captación miocárdica en imágenes SPECT (16):
	En cada ROI se registran los conteos medio y absoluto	Índice H/CL $\geq 1,5$ es positivo de ATTR Índice H/CL $< 1,5$ es negativo de ATTR

Tabla 3.4. (cont.)

Cuantitativa		
Parámetro	Cómo se calcula	Interpretación
Semicuantitativa		
Comparación entre captación miocárdica y ósea (costillas) a 3 h	Se evalúa en grados	
	Grado 0: no captación miocárdica con captación normal en costillas	Si captación \geq grado 2 en imágenes planares o SPECT, es positivo para ATTR
	Grado 1: captación miocárdica menor que en las costillas	Si captación $<$ grado 2, es negativo para ATTR
	Grado 2: captación miocárdica igual a las costillas	
	Grado 3: captación miocárdica mayor que las costillas, donde es leve o ausente	

Leyenda: H/CL: índice corazón/pulmón contralateral (siglas en inglés), ROI: región de interés (siglas en inglés)



Amiloidosis cardíaca ATTR comprobada mediante biopsia.
H/CL=2,08

Fig. 3.6. Cuantificación de la captación cardíaca con ^{99m}Tc -PYP usando la relación de conteos entre el corazón y el pulmón contralateral (H/CL). Fuente: Tomado de Puntos Prácticos publicados por la Asociación Americana de Cardiología Nuclear (ASNC)

Es importante tener en cuenta que si bien en el caso de la AC ATTR el hallazgo de captación \geq grado 2 o de un índice H/CL $>$ 1,5 en ausencia de anomalía clonal es altamente sugerente, en el caso de la AC AL puede aparecer captación de ^{99m}Tc -PYP de cualquier grado, por lo que debe hacerse una evaluación completa del paciente con el fin de excluir este diagnóstico.

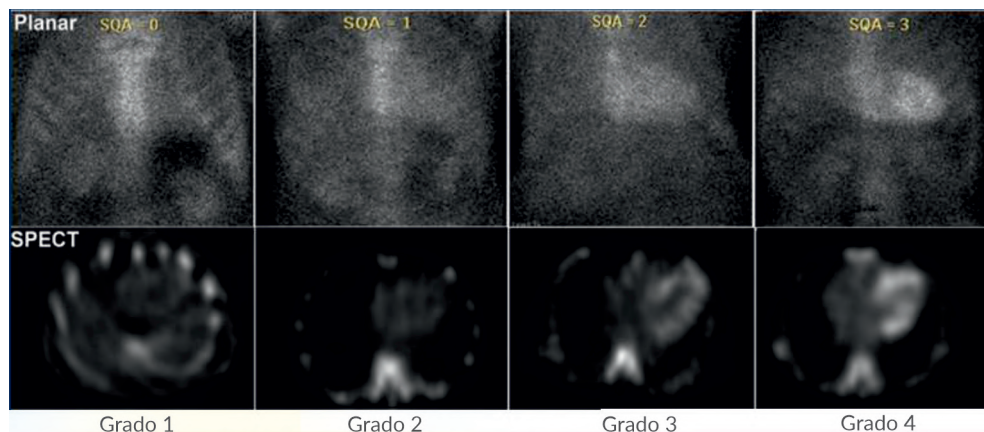


Fig. 3.7. Clasificación por grados de la captación de ^{99m}Tc -PYP en imágenes planares y SPECT. Fuente: Tomado de Puntos Prácticos publicados por la Asociación Americana de Cardiología Nuclear (ASNC).

En la figura 3.8 se puede observar un estudio SPECT/CT cardiaco con ^{99m}Tc -pirofosfato, donde se fusiona la imagen molecular con la anatómica para el diagnóstico de amiloidosis.

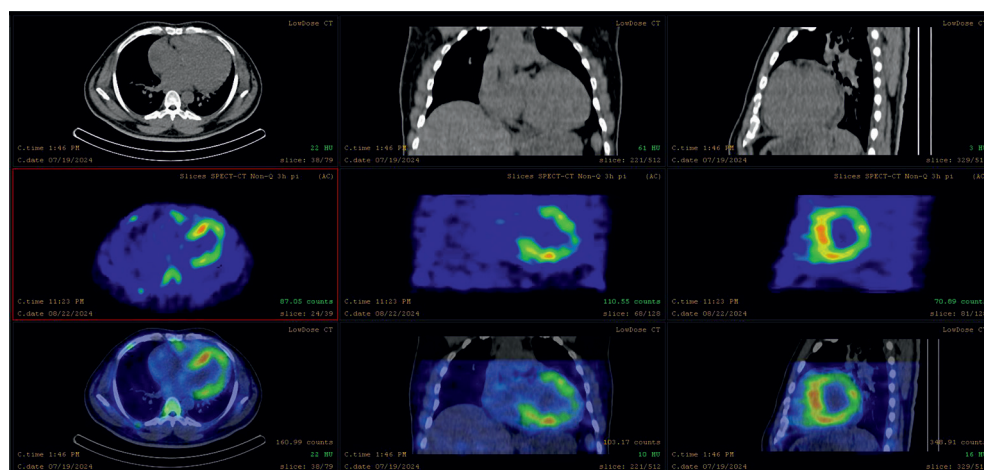


Fig. 3.8. Estudio de SPECT/CT cardiaco con ^{99m}Tc -pirofosfato para el diagnóstico de Amiloidosis. Fuente: Dirección de Servicios Biomédicos. Centro de Isótopos.

Documentación del estudio

Presentación de las imágenes tomográficas

Pueden presentarse tanto en escala de color como de grises. Incluir imagen cardíaca/tórax/cuerpo entero, de acuerdo con el caso en cuestión y el radiofármaco que se utilice.

Es opcional la utilización de un zoom post-reconstrucción para mejorar la visualización e interpretación del estudio. En la figura 3.9 se muestra por pasos el proceso de adquisición del estudio de SPECT/CT con ^{99m}Tc -PYP para el diagnóstico de amiloidosis, en un paciente de 70 años con manifestaciones clínicas de insuficiencia cardíaca.

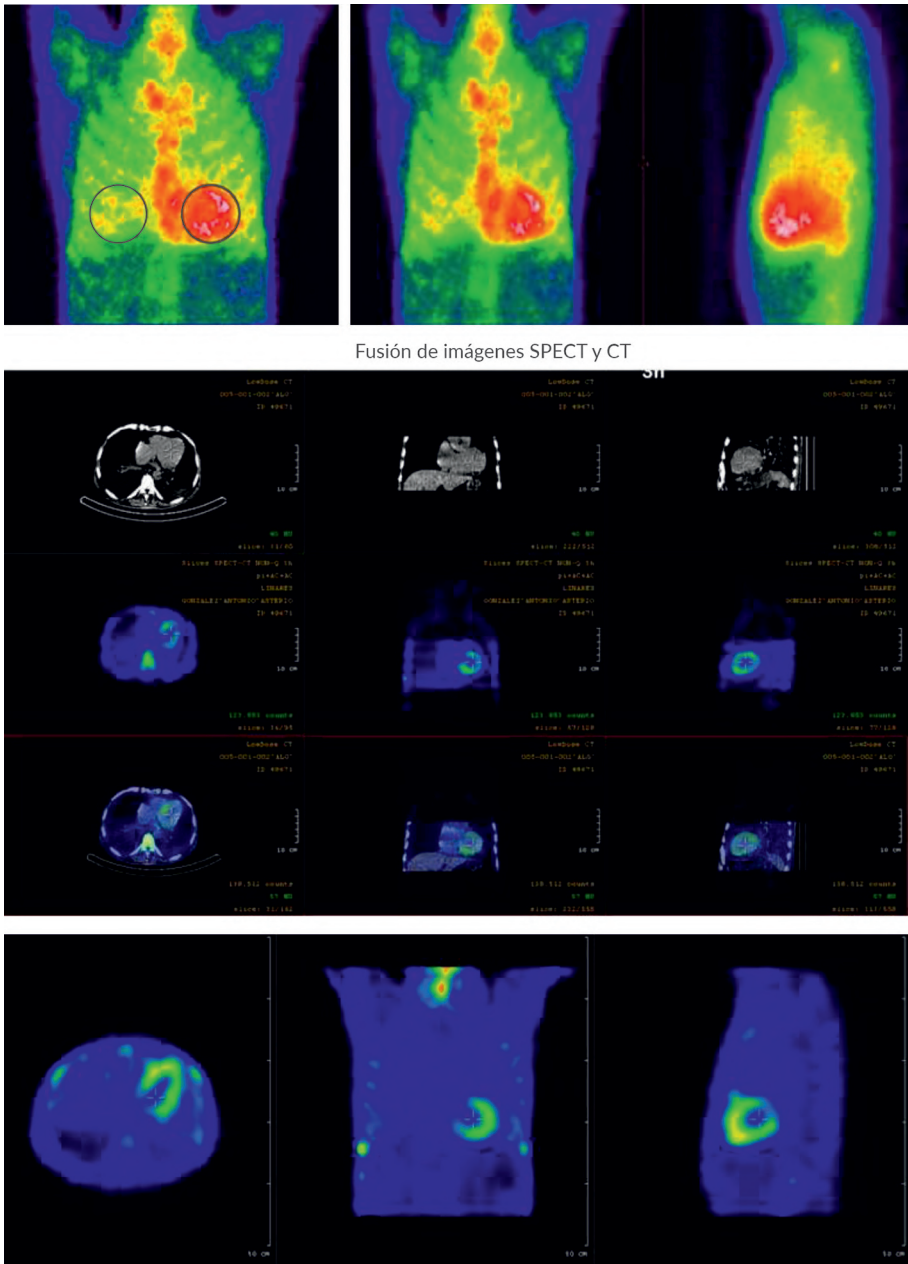


Fig. 3.9. Estudio de SPECT/CT con ^{99m}Tc -PYP para diagnóstico de amiloidosis cardíaca. Fuente: Servicio de Medicina Nuclear. Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular.

Interpretación del estudio

Las imágenes deben ser evaluadas en el contexto de la información clínica relevante (incluyendo la sintomatología del paciente) y la proporcionada por otros métodos diagnósticos como el electrocardiograma, la ecocardiografía, otras técnicas de imagen como la tomografía axial computarizada y la resonancia magnética cardíaca, dentro de los estudios no invasivos. Considerar también la inclusión de exámenes de laboratorio relevantes para el diagnóstico.

Interpretar el estudio de acuerdo con las orientaciones incluidas en el acápite Interpretación de imágenes.

Calidad general de la imagen

Debe ser evaluada semicuantitativamente e incluida en el reporte: excelente, buena, pobre o no interpretable, en cuyo caso debe repetirse la adquisición.

Reporte del estudio

Debe incluir registro médico con nombre y apellido del paciente y número de historia clínica, así como la fecha del estudio. Un adecuado reporte del estudio debe presentar la metodología utilizada para realizarlo y toda la información obtenida. Las conclusiones deben ser precisas, concisas y responder a la interrogante clínica del médico de asistencia que indica la prueba.

Esquema general a seguir:

- Motivo de indicación del estudio.
- Datos clínicos: breve reseña de la historia clínica.
- Técnica utilizada: radiofármaco, dosis, tipo de protocolo.
- Descripción de los hallazgos gammagráficos/tomografía axial computarizada.
- Conclusiones: deben formularse sobre la base de la correlación entre la historia clínica del paciente y los resultados del estudio radioisotópico.

Específicamente para la preparación del reporte del examen en el caso de los estudios para diagnóstico de amiloidosis, además de considerar los aspectos generales de todo reporte de cardiología nuclear enunciados en el párrafo anterior, deben incluirse aspectos específicos del estudio:

- Hallazgos específicos, incluye la calidad de la imagen obtenida y la interpretación de las imágenes (la cuantificación semicuantitativa es obligatoria y la cuantitativa se realizará de ser positivas las imágenes SPECT/CT).
- Hallazgos adicionales, contiene la revisión de las imágenes planares de cuerpo entero, si se adquirieron y la de las imágenes CT para corrección de la atenuación, si se utilizó un equipo híbrido SPECT/CT.
- Conclusiones del estudio: Se recomienda hacer una interpretación general de los hallazgos, y posteriormente interpretar los resultados en el contexto de los estudios previamente realizados al paciente.

La interpretación general se hará en tres categorías: no sugerente de ATTR, altamente sugerente de ATTR, o equívoca:

- No sugerente: una puntuación visual semicuantitativa de 0, o un índice H/CL <1.
- Altamente sugestiva: puntuación visual semicuantitativa de 2 o 3, o un índice H/CL >1,5.
- Equívoca: una puntuación visual semicuantitativa de 1, o un índice H/CL de hasta 1,5.

Para la interpretación en el marco de los exámenes realizados, tener en cuenta:

- Si la ecocardiografía/RMC son altamente positivas y el Tc99m-PYP es negativo o equívoco, considerar otros procedimientos para detección de AC AL, incluyendo el estudio para cadenas ligeras en suero y el de inmunofijación en suero y orina. Debe remitirse al paciente a consulta con hematólogo. También debe valorarse la biopsia endomiocárdica, de ser necesaria en casos dudosos.
- Es importante excluir un proceso monoclonal mediante inmunofijación sérica y en orina, así como un ensayo de cadenas ligeras libres en suero, en todos los pacientes bajo sospecha de amiloidosis referidos para una exploración con Tc99m-PYP, independientemente del resultado del estudio.
- No olvidar que los resultados ambiguos podrían representar AL, o bien ATTR en etapa temprana.

Los algoritmos de consenso para el diagnóstico no invasivo de amiloidosis cardíaca, incluidos los biomarcadores y multimodalidad de imagen, pueden consultarse en las publicaciones correspondientes.

Controles

Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes de los servicios de medicina nuclear para ser verificados.

El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones

- El contenedor de plomo contendrá la jeringuilla con el radiofármaco, rotulado con la identificación del paciente (nombre y apellidos), peso y la actividad a administrar.
- En caso de detectar alguna contaminación, el especialista debe dejar una indicación visible al respecto y avisar al responsable de protección radiológica.
- Reflejar como observaciones en la libreta de trabajo del área, cualquier anomalía durante el proceso de inyección o adquisición durante el estudio.
- Velar porque el tiempo entre la entrega de la dosis por el laboratorio y el momento de administración.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.

- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOEs.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de SPEC/CT.
- Registro de administración de dosis
- Registro de estudios realizados.
- Base de datos de estudios realizados.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de entrega de los informes de cerebro realizados con SPECT/CT.

PET/CT cardíaco con ^{18}F -FDG para estudio de viabilidad miocárdica

Objetivo

Establecer la metodología para los Procedimientos Normalizados de Operación (PNO) del PET/CT cardíaco con ^{18}F -FDG.

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones para la preparación, adquisición, procesamiento e informe de los estudios PET/TC en pacientes con enfermedades cardiovasculares que acuden a los servicios de medicina nuclear.

Indicaciones y contraindicaciones

Evaluación del metabolismo de glucosa para detección de:

- Viabilidad miocárdica.
- Inflamación cardiovascular (sarcoidosis)
- Infección cardiovascular (en prótesis valvulares y dispositivos intracardiacos).

Contraindicaciones:

- Imposibilidad de mantener el decúbito durante la adquisición de las imágenes.
- Hiperglucemia: glucemia ≥ 200 mg/dL.
- Falta de cooperación o incapacidad para cooperar con el procedimiento por parte del paciente.

- Pacientes con implantes metálicos que distorsionen la imagen de CT.
- Embarazo (solo se realizará en el caso de riesgo para la vida de la paciente, en que los beneficios superen el efecto de las radiaciones).
- Lactancia materna (contraindicación relativa, suspender la lactancia 24 h después del estudio).
- Peso que exceda el límite considerado para el equipo.
- Claustrofobia (raramente).

Términos y definiciones

PET/CT: tomografía por emisión de positrones/Tomografía multi-corte: Es una herramienta novedosa, con elevada sensibilidad, que permite obtener en un mismo equipo, imágenes moleculares en tres dimensiones (3D) e imágenes estructurales de gran precisión. Visualiza, caracteriza y mide procesos a niveles moleculares y celulares en “sistemas vivos” de una manera no invasiva. Posee una gran utilidad para potencializar el diagnóstico temprano, pronóstico y evolución de respuesta terapéutica de las enfermedades cardiovasculares.

¹⁸F-FDG (fluor-deoxiglucosa): ¹⁸F es un radiofármaco emisor de positrones, producido en ciclotrón, que tiene una vida media corta (109,7 min). Permite el marcaje de numerosos blancos moleculares en los que se pueden obtener imágenes dentro de pocas horas (normalmente <3 h). Cerca del 95 % de los estudios de PET se realizan con flúor-18 (FDG), un radiofármaco que permite evaluar el metabolismo celular de la glucosa. La captación de FDG es un reflejo directo de la densidad celular, de la tasa de crecimiento celular, del grado histológico, del potencial metastásico y del número de células miocárdicas viables.

Fundamento: en condiciones normales (aeróbicas), el miocardio obtiene energía del metabolismo de ácidos grasos de cadena larga fundamentalmente. En caso de reducción del flujo sanguíneo miocárdico en miocardio hibernado, este obtiene energía principalmente del metabolismo de la glucosa (anaerobio). Pero si el flujo sanguíneo miocárdico está ausente, se producirán los cambios metabólicos irreversibles de la necrosis miocárdica y la muerte celular. En esto se basa la detección de viabilidad con fluor-deoxiglucosa marcada con flúor-18 (¹⁸F-FDG), análogo de la glucosa.

Responsabilidades

Jefe técnico y del jefe de departamento:

- Verificar el cumplimiento de las acciones descritas en este procedimiento.

Personal médico del servicio:

- Valorar la solicitud de exploración, interrogar al paciente y emitir la autorización para la realización de la exploración PET/CT, mediante su firma y cuño en la solicitud del estudio.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio y atender las complicaciones médicas que ocurran durante este período.

- Revisar la calidad de las imágenes PET/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes PET/CT y confeccionar el reporte médico.

Técnico o tecnólogo a cargo de la adquisición de las imágenes:

- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Realizar las exploraciones PET/CT de acuerdo con el protocolo establecido.
- Realizar las pruebas de control de calidad del equipo diariamente.

Personal de enfermería:

- Acomodar al paciente en el local de inyecciones.
- Estar pendiente de cualquier emergencia médica que se presente y avisar al médico.

Físico médico:

- Realizar las pruebas de rutina del equipo PET/CT para garantizar su estado óptimo y registrar los resultados.
- Operador de protección radiológica.
- Velar por el cumplimiento de las normas de protección radiológica durante todo el proceso.

Condiciones de seguridad

- El turno para la realización de la exploración PET/CT de cardiología, solo se puede reservar si la justificación de la solicitud ha sido aprobada mediante firma y cuño de un médico del departamento de Medicina Nuclear.
- Asegurarse de usar los medios de protección contra la contaminación radiactiva: guantes de latex, batas de mangas largas y calzado cerrado durante la realización de la exploración PET/CT.
- Cerciorarse de usar el dosímetro personal corporal y de extremidad debidamente colocados.
- El físico médico deberá asegurarse que se han realizado las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del PET/CT.
- En caso de mujeres en edad fértil, tanto el médico como los enfermeros serán responsables de indagar antes de autorizar la solicitud del estudio, si la paciente está embarazada o lactando. En estos casos, el médico del servicio es el responsable de decidir si se justifica la realización del estudio, teniendo en cuenta las siguientes precauciones:
 - La exploración PET/CT electiva debe ser aplazada en mujeres embarazadas. No obstante, la exploración PET/CT no es una contraindicación en mujeres embarazadas, cuando el beneficio esperado del estudio supera el riesgo de exposición a las radiaciones.
 - Cuando sea posible, las mujeres que lactan deben evitar la lactancia durante 24h posterior a la administración del radiofármaco.

Recursos humanos

Las acciones descritas en el PNO podrán ser realizadas por tecnólogos, enfermeros y médicos de los servicios de Medicina Nuclear que cumplan con las competencias definidas en las instrucciones de cada departamento. Deberán estar acreditados con la licencia de los centros reguladores y con entrenamiento para la realización de estudios PET/CT en pacientes.

En caso de personal en entrenamiento, los procedimientos deberán realizarse bajo supervisión de un técnico o tecnólogo con experiencia.

Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos

Locales: local de preparación del paciente e inyecciones. Local del equipo PET/CT.

Equipo: sistema PET/CT.

Accesorios: soporte o aditamento para posicionamiento e inmovilización de los pacientes, si fuera necesario.

Materiales y reactivos:

- Radiotrazador: ^{18}F -FDG.
- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
- Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.
- Contraste yodado en casos necesarios.

Procedimientos

Preparación para la prueba:

- Registrar peso, talla, circunferencia torácica del paciente, descartar contraindicaciones, registrar factores de riesgo ateroscleróticos (con énfasis en diabetes *mellitus*, considerando el protocolo de sobrecarga de glucosa a utilizar).
- Aplicar el protocolo de sobrecarga de glucosa de la tabla 3.5, propuesto en 2017 por la ASNC sobre viabilidad miocárdica. Esto origina un medio que favorece el metabolismo de glucosa sobre el de ácidos grasos, necesario para maximizar la captación de ^{18}F -FDG de forma de lograr una buena calidad de imagen, mientras que para el estudio de inflamación/infección es necesario favorecer el metabolismo de ácidos grasos de forma que la captación de ^{18}F -FDG se limite a las células inflamatorias activas.

Tabla 3.5. Tabla de sobrecarga oral de glucosa para pacientes no diabéticos con glicemia en ayunas ≤ 250 mg/dL

Ayuna	6-12 h
Carga de glucosa	25-100 g
Mantener glicemia en 100-140 mg/dL (5,5-7,7mmol/L) en el momento de la inyección de ^{18}F -FDG Medir glicemia cada 15 min	Glicemia a 45-60 min luego de la carga de glucosa: 130-140 mg/dL (7,22-7,78 mmol/l) 1U insulina regular e.v. 140-160 mg/dL (7,78-8,89 mmol/L) 2U insulina regular e.v. 160-180 mg/dL (8,89-10 mmol/L) 3U insulina regular e.v. 180-200 mg/dL (10-11,11 mmol/L) 5U insulina regular e.v. >200 mg/dL (11,11mmol/L) Avisar al médico supervisor
Tiempo para comenzar adquisición	45-60 min si la relación-blanco fondo es pobre, considere administrar de 1-3 U de insulina regular e.v. (con control de glicemia) y espere de 45-60 min adicionales

En pacientes con glicemia en ayunas >250 mg/dL y/o diabetes *mellitus* no se requiere sobrecarga de glucosa, administrándose insulina regular hasta reducir glicemia a 140 mg/dL.

Entre las instrucciones previas que debe recibir el paciente debe incluirse:

- Los no diabéticos deben permanecer en ayunas desde la medianoche previa al estudio PET.
- Los diabéticos en tratamiento con hipoglucemiantes orales deben estar en ayunas desde la medianoche previa al estudio PET, pero deben tomar su medicación habitual para la diabetes.
- Aquellos diabéticos que lleven tratamiento con insulina deben continuar con su dieta habitual y su horario de administración de insulina.

Radiofármacos:

- ^{18}F -FDG. Vida media (109,8 min).
- Dosis: adultos: 5-15 mCi.

Protocolo de adquisición. Para la detección de miocardio viable deben evaluarse simultáneamente las imágenes de perfusión y las de metabolismo. Recordar que, si no es posible realizar el estudio de perfusión con PET (Rb82 o N13-amonio), puede sustituirse con los radiofármacos tecnecios habituales. En ambos casos los dos estudios (perfusión y metabolismo) deben realizarse en la misma sesión.

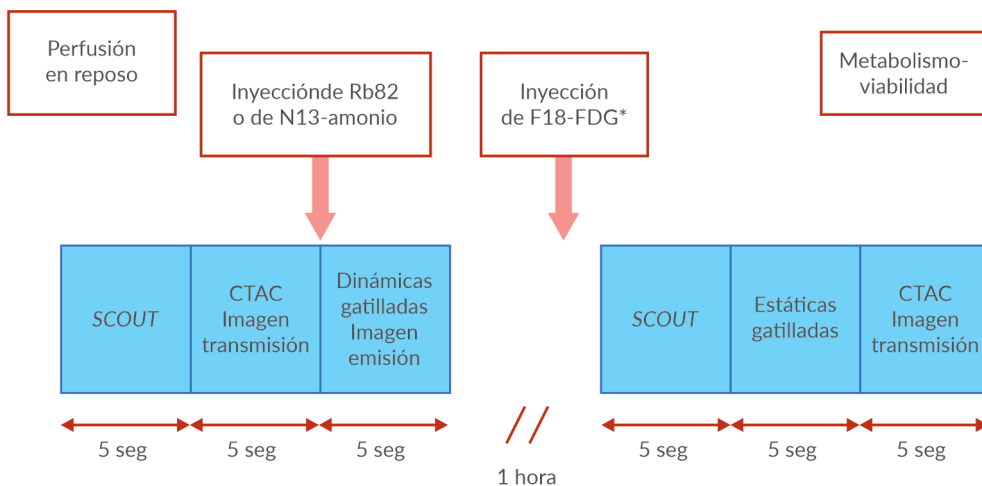
Protocolo de elección para la realización del estudio. Los detalles se exponen en la tabla 3.6 y la figura 3.10.

Tabla 3.6. Protocolo para el estudio de viabilidad miocárdica con ^{18}F -FDG PET/CT en estrés (PET o SPECT)

Decúbito supino, brazos levantados por encima de los hombros, con apoyo	
TAC: topograma/ <i>scout</i> para localización del corazón	
TAC: <i>scan</i> de transmisión para corrección de atenuación	
80-140 KVp, 10-20 mA, espesor de corte 4-5 mm, no gatillado ECG, campo de visión desde la carina hasta 2 cm por debajo del borde cardíaco inferior, obtener al final de la espiración o durante respiración superficial	
^{18}F -FDG PET: scan de ^{18}F -FDG PET: scan de emisión	
Modo de adquisición	2D o \cdot D estático o modo listo (dinámico y gatillado ECG simultáneo)
Actividad de ^{18}F -FDG inyectada	5-15 mCi e.v.
Duración de la adquisición	10-30 min
Reconstrucción	FBP o iterativa, tamaño pixel reconstruido, 2-3 mm

Leyenda: FBP: retroproyección filtrada, siglas en inglés; FDG: fluor-deoxiglucosa.

Nota: este protocolo se debe realizar en la misma sesión con parámetros idénticos para colocación del paciente, corrección de atenuación y reconstrucción.



Leyenda: CTAC: tomografía axial computarizada cardíaca.

Nota: para el estudio de viabilidad es necesario tener en cuenta el procedimiento previo de la sobrecarga de glucosa descrito en la tabla 3.5.

Fig. 3.10. Diagrama del estudio de viabilidad con ^{18}F -FDG PET.

Fuente: Tomado de Puntos Prácticos publicados por la Asociación Americana de Cardiología Nuclear (ASNC).

Cálculo e interpretación de los resultados. Interpretación de las imágenes

Para la interpretación del estudio de viabilidad deben analizarse comparativamente las imágenes de perfusión y metabolismo, para obtener uno de los cuatro patrones de metabolismo-flujo que se presentan en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Recomendaciones para la interpretación de los estudios de viabilidad con ^{18}F -FDG PET

Perfusión miocárdica de reposo	Captación de ^{18}F -FDG PET	Interpretación
Normal	Preservada	Normal
Reducida	Preservada o aumentada	Miocardio viable (patrón perfusión-metabolismo no concordante o mismatch)
Normal o casi normal	Reducida	Normal (si localizado en septum en pacientes con BCRIHH) Miocardio viable (patrón perfusión-metabolismo con mismatch reverso)
Proporcionalmente reducida	Proporcionalmente reducida	Cicatriz miocárdica no viable (patrón perfusión-metabolismo concordante o match)

Tener en cuenta que:

- La extensión del defecto (concordante o no) debe caracterizarse como:
 - Pequeño (<10 % del ventrículo izquierdo).
 - Moderado (10-20 % del ventrículo izquierdo).
 - Grande (>20 % del ventrículo izquierdo).
- La severidad del defecto concordante debe describirse como ligera, moderada o severa, para diferenciar entre infarto del miocardio no-transmural y transmural.
- Si se dispone de los resultados de la perfusión tanto en estrés como en reposo, debe añadirse un estimado de la extensión de la isquemia inducida por el estrés en regiones de patrones normal, concordante o no concordante.

Controles

Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes de los servicios de medicina nuclear para ser verificados.

El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones

- El contenedor de plomo contendrá la jeringuilla con el radiofármaco, rotulado con la identificación del paciente (nombre y apellidos), peso y la actividad a administrar.
- En caso de detectar alguna contaminación, el especialista debe dejar una indicación visible al respecto y avisar al responsable de Protección Radiológica.
- Los guantes y jeringuillas utilizados, si están contaminados, se colocarán en el recipiente de plomo destinado para esos fines.
- Reflejar como observaciones en la libreta de trabajo del área, cualquier anomalía durante el proceso de inyección o adquisición durante el estudio.
- Velar porque el tiempo entre la entrega de la dosis por el laboratorio y el momento de administración sea el establecido por el proceder.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOEs.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de SPEC/CT.
 - Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
 - Registro de administración de dosis
 - Registro de estudios realizados.
 - Base de datos de estudios realizados.
 - Registro de estudios procesados.
 - Base de datos con los informes médicos.
 - Registro de entrega de los informes de PET/CT.

PET/CT con ^{18}F -FDG para la detección de inflamación e infección cardiovascular

Objetivo

Describir el procedimiento para la realización de estudios PET/CT con ^{18}F -FDG en pacientes con enfermedades inflamatorias e infecciosas del corazón.

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones para la preparación, adquisición, procesamiento e informe de los estudios PET/CT realizados con ^{18}F -FDG (2-deoxy-2 [fluorine-18] fluoro-D-Glucosa) en pacientes con enfermedades inflamatorias e infecciosas del corazón que acudan a los servicios de Medicina Nuclear.

Indicaciones y contraindicaciones

Detección de inflamación/infección cardiovascular en:

- Evaluación de la actividad de sarcoidosis a nivel cardíaco.
- Endocarditis de válvula protésica.
- Infección de dispositivos intracardiacos.

Contraindicaciones:

- Imposibilidad de mantener el decúbito durante la adquisición de las imágenes.
- Embarazo.
- Peso que exceda el límite considerado para el equipo.
- Claustrofobia (raramente).

Términos y definiciones

Fundamento: el PET miocárdico con FDG marcada con ^{18}F , constituye una técnica aceptada para diagnosticar inflamación cardiovascular activa, puesto que el incremento del metabolismo de glucosa es una característica de la activación de las células involucradas en los mecanismos de inmunidad tanto innata, como adaptativa.

Radiofármaco utilizado: se utiliza el ^{18}F -FDG, cuyas características principales se detallaron en el protocolo de detección de viabilidad.

Precauciones:

- La presencia de insuficiencia cardíaca congestiva activa y/o una descarga reciente de un desfibrilador automático implantable (DAI), pueden causar captación miocárdica de glucosa no relacionada con sarcoidosis.
- En caso de pacientes diabéticos en tratamiento con insulina debe mantenerse la dosis de la mañana, teniendo en cuenta que han hecho ayuno durante la noche.
- Chequear que no se hayan utilizado fluidos EV que contengan dextrosa (heparina, amiodarona, magnesio, etc.) durante 24 h en pacientes hospitalizados.

Responsabilidades

Personal médico:

- Realizar consulta de clasificación.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio y atender las complicaciones médicas que ocurran durante este período.

- Indicar la administración de medicación, si fuera necesaria, por complicaciones.
- Revisar la calidad de las imágenes PET/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes PET/CT y confeccionar el reporte médico.

Personal de enfermería:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones especiales que requiere este procedimiento.
- Administrar el radiofármaco siguiendo las normas establecidas.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período desde la entrada al salón de espera de pacientes no-inyectados, durante la administración del RF y el intervalo de espera, hasta la adquisición de las imágenes.
- Registrar todas las incidencias relacionadas con los pacientes durante su estancia en el centro.
- Consultar cualquier síntoma o alteración detectada durante la realización del estudio con el personal médico.

Personal técnico:

- Tener el equipamiento necesario en óptimas condiciones según se refiere en el control del equipamiento.
- Realizar las pruebas de rutina del PET/CT y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o al físico médico en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores, registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad de la cámara gamma.
- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Garantizar una correcta preparación del paciente para la realización del estudio.
- Garantizar una correcta adquisición de las imágenes.

Jefe del área técnica:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.
- Controlar que se cumplan las medidas de protección radiológica.

Condiciones de seguridad

Son las siguientes:

- No realizar el estudio PET/CT en mujeres embarazadas o lactando, a menos que el beneficio del estudio supere el riesgo a las radiaciones. Si está lactando suspender la lactancia 24 h después del estudio.
- Precisar con el paciente si existen antecedentes previos de alergias, y/o si antes se ha realizado este tipo de estudio. Confirmar que no se refieran alergias al yodo o alimentos como el mango, ni antecedentes de alguna alergia en estudios previos.

- Preguntar previamente al paciente nombre y apellidos y comprobar que es la dosis y producto correspondiente.
- Administrar el radiotrazador manteniendo las condiciones de asepsia establecidas en las Buenas Prácticas Clínicas.
- Realizar todas las operaciones con sustancias radiactivas conforme a las instrucciones establecidas en el servicio.
- Explicar al paciente la posición que debe adoptar y la importancia de no realizar movimientos durante la realización del estudio.
- Asegurar el uso de los medios de protección contra la contaminación radiactiva y mantener la seguridad radiológica.
- El técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes, debe cerciorarse que se han realizado las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del PET/CT.

Recursos humanos

Este procedimiento solo se podrá realizar por especialistas que cumplan con las competencias definidas por el servicio de medicina nuclear, y con la presencia del personal médico, de enfermería y técnico.

Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos

- **Locales:** local de preparación del paciente e inyecciones. Local del equipo PET/CT.
- **Equipo:** sistema PET/CT.
- **Accesorios:** soporte o aditamento para posicionamiento e inmovilización de los pacientes.
- **Materiales y reactivos:**
 - Radiotrazador: ^{18}F -FDG.
 - Jeringuillas estériles.
 - Algodón.
 - Alcohol para uso clínico.
 - Guantes.
 - Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
 - Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.
 - Contraste yodado en casos necesarios.

Procedimientos

Preparación para la prueba:

- Registrar peso, talla, circunferencia torácica del paciente, descartar contraindicaciones, registrar factores de riesgo, diálisis peritoneal actual.
- Registrar dosis y hora de la administración del ^{18}F -FDG.
- Si se planea utilizar heparina (ver tabla 3.4.1), interrogar al paciente buscando historia de sangramiento, alergias o trombocitopenia inducida por heparina.

- Limitar soluciones EV que contengan dextrosa en pacientes hospitalizados.
- Medir la glicemia a la llegada del paciente el día del estudio. No debe hacerse el estudio si glicemia >150 mg/dL.
- Evitar la realización de ejercicio riguroso el día antes de la prueba.

En la tabla 3.8 se presentan los métodos para suprimir la utilización de glucosa por el miocardio normal, y favorecer la utilización de ácidos grasos, fundamento de la prueba.

Tabla 3.8. Métodos para suprimir utilización de glucosa por el miocardio normal

Ayuna de 12-18 h	Preferible para pacientes con alimentación por tubo, o programados para procedimientos que requieran cierre de vía oral
Dos comidas en las 24 previas al estudio, seguidas de ayuna durante la noche	Dieta rica en grasas, se permiten las proteínas, pobre en carbohidratos o con ninguno
15-50 unidades de heparina regular e.v. 15 min previo a la administración de ¹⁸ F-FDG, o 500 IU de heparina e.v. 45 min y 15 min (total 1000 IU) previo a la inyección de ¹⁸ F-FDG	Asegurarse de que el paciente no tenga contraindicaciones a la heparina La solución de heparina regular se prepara generalmente en solución de dextrosa al 5%, por lo que esta deberá discontinuarse en cuanto sea posible, previo al protocolo de ¹⁸ F-FDG para inflamación
Dieta rica en grasas y pobre en carbohidratos en dos comidas el día previo al estudio, seguido de ayuna durante la noche y administración de heparina regular EV, previo a la administración de ¹⁸ F-FDG	-

Protocolo de adquisición

El procedimiento implica la realización de un estudio de perfusión en reposo, combinado con el de ¹⁸F-FDG si se desea hacer diagnóstico de sarcoidosis cardíaca. Es necesario determinar si en las regiones hipoperfundidas existe captación de FDG que representa células inflamatorias (patrón no concordante o *mismatched*), o hay ausencia de captación de FDG (ausencia de células inflamatorias, lo que significa un patrón concordante o *matched* (no-sarcoidosis) (ver interpretación de imágenes).

Para el estudio en caso de infección, no es necesaria la perfusión. En ambos casos y siempre que sea posible, es preferible utilizar un equipo híbrido PET/CT para localizar el sitio de captación de ¹⁸F-FDG con la ayuda de la imagen de CT. En la tabla 3.9 y figura 3.11 se muestra el protocolo de adquisición a utilizar.

Tabla 3.9. Protocolo de elección para la realización del estudio para detección de inflamación / infección con ^{18}F -FDG PET/CT

Excluir la presencia de enfermedad coronaria obstructiva / infarto del miocardio previo y evaluar la perfusión miocárdica en reposo*	
Colocación del paciente	
Decúbito supino, brazos levantados por encima de los hombros, con apoyo	
TAC: topograma/scout para localización del corazón	
TAC: scan de transmisión para corrección de atenuación	
80-140 kVp, 10-20 mA, espesor de corte 4-5 mm, no gatillado ECG, campo de visión desde la carina hasta 2 cm por debajo del borde cardíaco inferior, obtener al final de la espiración o durante respiración superficial	
PET: scan de emisión	
Modo de adquisición	2D o 3D, estático o modo lista (dinámico y gatillado-ECG simultáneo)
Actividad de ^{18}F -FDG inyectada	5-15 mCi EV
Tiempo a esperar luego de la inyección de ^{18}F -FDG antes de realizar la adquisición	90 min (como mínimo 60 min)
Duración de la adquisición	10-30 min
Reconstrucción	FBP o iterativa, tamaño pixel reconstruido 2-3 mm

Leyenda: * El estudio de reposo no es necesario para detección de infección; ** La imagen parcial o limitada de cuerpo entero incluye como mínimo tórax, hígado y bazo.

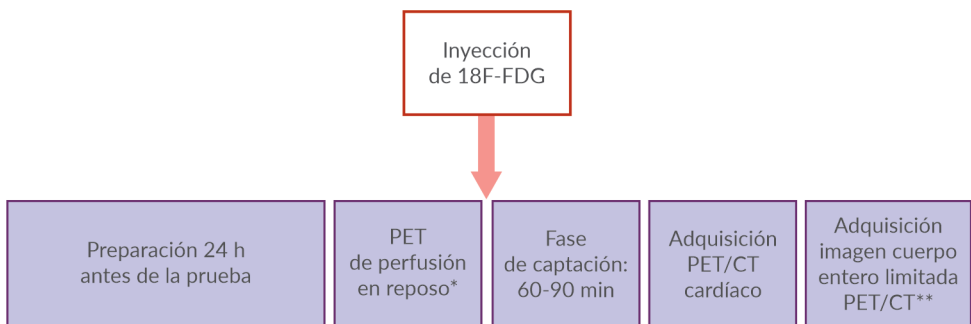


Fig. 3.11. Diagrama del estudio de inflamación/infección con ^{18}F -FDG PET.

Fuente: Tomado de Puntos Prácticos publicados por la Asociación Americana de Cardiología Nuclear (ASNC).

La enfermedad coronaria obstructiva/infarto previo, pueden excluirse mediante una angiografía (invasiva o mediante TAC) y un estudio de perfusión miocárdica estrés/reposo con PET o con SPECT.

El estudio de perfusión debe realizarse en la misma sesión que el de ^{18}F -FDG, con parámetros idénticos para colocación del paciente, corrección de atenuación y reconstrucción.

Interpretación de imágenes

Sarcoidosis

Es una enfermedad sistémica de etiología desconocida que se caracteriza por inflamación, con presencia de granulomas no necrotizantes, fibrosis y un cuadro clínico heterogéneo. Aunque el órgano más frecuentemente afectado es el pulmón, puede afectar cualquier otro, dentro de ellos el corazón, lo que conlleva a un pronóstico desfavorable con un 13-25 % de las muertes por esta causa. El diagnóstico de la sarcoidosis cardíaca es difícil, pues se combinan una presentación clínica inespecífica (anomalías de la conducción eléctrica, taqui- y bradiarritmias e insuficiencia cardíaca) con la infiltración focal de granulomas y cicatrices en el miocardio, que reducen la utilidad diagnóstica de la biopsia endomiocárdica.

Aspectos a tener en cuenta para una correcta interpretación de las imágenes:

- Comprobar la calidad de la preparación del paciente y de la imagen obtenida. Una supresión miocárdica adecuada se define como captación de ^{18}F -FDG limitada al *pool* sanguíneo, con captación miocárdica no visible o, en algunos casos, captación de ^{18}F -FDG menor que en el *pool* sanguíneo.
- Chequear que exista un co-registro adecuado de las imágenes de transmisión y de emisión.
- Reconstruir las imágenes en los planos cardíacos estándar (perfusión y ^{18}F -FDG).
- Los defectos de perfusión en reposo, pueden ser ocasionados por compresión de la microvasculatura coronaria por inflamación o como expresión de una cicatriz miocárdica. En el caso de la compresión se observará un patrón no concordante (*mismatch*) por defecto de perfusión con captación de ^{18}F -FDG. Pero si existe cicatriz/fibrosis se observará un defecto de perfusión sin captación de ^{18}F -FDG (patrón concordante o *match*). La inflamación y la cicatriz/fibrosis pueden coexistir en un mismo paciente. En la tabla 3.10 se presenta un esquema para la interpretación de los patrones de perfusión de reposo y de captación de ^{18}F -FDG.

Tabla 3.10. Interpretación de los patrones de perfusión de reposo y de captación de ^{18}F -FDG para evaluación de sarcoidosis cardíaca

Captación ^{18}F -FDG	Interpretación (“consistente”)
Ausente	Normal o presencia de cicatriz (en regiones con defecto de perfusión)
Difusa	Pobre preparación (dieta inadecuada)
Focal	Inflamación activa
Focal sobre Difusa	Pobre preparación (dieta inadecuada) + inflamación activa

La captación de FDG en este estudio indica inflamación, la que, si bien puede ser causada por sarcoidosis, puede también deberse a otras causas. Por ello en el reporte debe informarse como “consistente con”, pues el diagnóstico positivo tendría que ser por biopsia. La captación focal en pared lateral con patrón difuso basal, se puede observar en individuos sanos.

Es necesario:

- Hacer un análisis de la captación de ^{18}F -FDG tanto cualitativo (visual) como cuantitativo, se recomienda que en estudios seriados para monitorizar la respuesta al tratamiento inmunosupresor, se debe comparar la intensidad de la inflamación (SUVmax) y la cantidad de inflamación (mediante el volumen de miocardio con captación de ^{18}F -FDG por encima de un valor umbral pre especificado).
- Evaluar la captación de ^{18}F -FDG en el ventrículo izquierdo, y también en el derecho, para detectar en este la presencia de áreas de captación focal que puede asociarse a un peor pronóstico.
- Revisar las imágenes en busca de captación anormal de ^{18}F -FDG en otras regiones extracardíacas (por ejemplo, nódulos linfáticos hiliares, lesiones pulmonares, entre otros) para el diagnóstico de sarcoidosis extracardíaca, y como guía de sitios para realizar la biopsia.
- Incluir en el reporte si el estudio es normal o anormal, la pregunta clínica a responder, aspectos relacionados con la calidad de las imágenes (artefactos u otros que comprometan la interpretación adecuada, si fue o no adecuada la supresión de la utilización fisiológica de glucosa mediante la preparación del paciente previo a la prueba), descripción de las imágenes de cuerpo entero, descripción acerca de la comparación entre los defectos de perfusión y los hallazgos relacionados con la captación de ^{18}F -FDG; interpretación/conclusiones.

Infección de dispositivos intracardiacos

Dentro de los dispositivos intracardiacos se deben considerar los dispositivos electrónicos implantables (marcapasos, resincronizadores y desfibriladores automáticos), así como dispositivos de asistencia de VI, prótesis valvulares e implantes de anillo. La infección de estos dispositivos conlleva un riesgo elevado de mortalidad si no se diagnostica y trata oportunamente.

Si bien el ecocardiograma transesofágico es generalmente el primer método diagnóstico de imagen utilizado para el diagnóstico, detectar la inflamación localizada mediante técnicas radioisotópicas puede mejorar la precisión diagnóstica. En el caso de los marcapasos y desfibriladores automáticos, el PET/CT con ^{18}F -FDG puede contribuir a diferenciar entre la infección del bolsillo y la infección superficial. Por otra parte, la infección de los cables también puede ser identificada, pero con menor precisión diagnóstica.

Aspectos a tener en cuenta para una correcta interpretación de las imágenes:

- Lograr una correcta preparación del paciente en cuanto a la dieta (ver sección preparación para la prueba).
- Revisar las imágenes con corrección de atenuación por CT y las no corregidas, con el fin de reconocer sitios de captación de ^{18}F -FDG causados por artefactos metálicos en los dispositivos. La captación en las imágenes corregidas debe ser confirmada en las no corregidas.
- Precisar los sitios de captación anormal de ^{18}F -FDG en PET/CT y los de máxima captación.
- Separar los sitios de captación anormal por áreas: piel (superficial), tejido subcutáneo, alrededor del generador, cables, e intravascular / intracardiaco.
- Las imágenes fusionadas de PET/CT brindan localización anatómica de los sitios de captación del trazador, en relación con los componentes del dispositivo.
- Considerar la distribución y el patrón de la captación: si es focal o heterogénea favorece el diagnóstico de infección, mientras que si es ligera y difusa en un dispositivo o cable puede estar causada por cambios inflamatorios inespecíficos.
- Para el diagnóstico de las endocarditis de prótesis valvular, la utilización de ^{18}F -FDG aumenta la sensibilidad de 70 a 97% en relación con los criterios de Duke modificados, sin reducción de especificidad. No obstante, pueden ser causa de falsos positivos: actividad inflamatoria temprana luego de implantación de la prótesis valvular, e inflamación producida por el adhesivo quirúrgico utilizado para sellar un injerto de raíz aórtica. Las vegetaciones pequeñas pueden causar falsos negativos.
- El estudio PET/CT con ^{18}F -FDG en prótesis valvulares está indicado en pacientes con sospecha de endocarditis con hallazgos clínicos, ecocardiográficos o microbiológicos indeterminados o negativos.

En la figura 3.12 se presenta una imagen PET/CT de endocarditis infecciosa.



Fig. 3.12. Estudio PET/CT con ^{18}F -FDG para diagnóstico de endocarditis infecciosa.

Fuente: Centro de Investigaciones Médicas y Quirúrgicas.

Controles

Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes de los servicios de medicina nuclear para ser verificados.

El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones

- El contenedor de plomo contendrá la jeringuilla con el radiofármaco, rotulado con la identificación del paciente (nombre y apellidos), peso y la actividad a administrar.
- En caso de detectar alguna contaminación, el especialista debe dejar una indicación visible al respecto y avisar al responsable de Protección Radiológica.
- Los guantes y jeringuillas utilizados, si están contaminados, se colocarán en el recipiente de plomo destinado para esos fines.
- Reflejar como observaciones, en la libreta de trabajo del área, cualquier anomalía durante el proceso de inyección o adquisición durante el estudio.
- Velar porque el tiempo entre la entrega de la dosis por el laboratorio y el momento de administración, no sea mayor de 45 minutos.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos PET.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOEs.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local del PET/CT
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
- Registro de administración de dosis.
- Registro de estudios realizados.
- Base de datos de estudios realizados.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de entrega de los informes PET/CT.

PET/CT para la evaluación de la perfusión miocárdica con rubidio-82 o N13-amonio

Objetivo

Estandarizar la realización, interpretación y reporte de estudios de PET/CT de perfusión miocárdica.

Alcance

Normalizar los procedimientos para la preparación del paciente, así como la adquisición y procesamiento de imágenes, interpretación y reporte de los estudios de PET/CT de perfusión miocárdica en los servicios que realizan estudios de cardiología nuclear en el país.

Indicaciones y contraindicaciones

Protocolo reposo/estrés: se considera una prueba de primera línea.

Indicaciones:

- Pacientes con enfermedad isquémica coronaria (EIC) sospechada o conocida con indicaciones apropiadas, que no puedan realizar un ejercicio físico en que alcancen al menos una frecuencia cardíaca (FC) submáxima (85% de FC máxima calculada según edad) útil para diagnóstico, y que requieran por tanto un estrés farmacológico.

Contraindicaciones:

- Imposibilidad de mantener el decúbito durante la adquisición de las imágenes.
- Embarazo.
- Peso corporal que exceda el límite considerado para el equipo.
- Claustrofobia (raramente).

Términos y definiciones

PET/CT: equipo híbrido para la adquisición de imágenes después de la administración de un radiofármaco en que a la Tomografía por Emisión de Positrones se une la Tomografía Computada Multicorte. De esta forma se obtiene en un mismo estudio información funcional y anatómica. Posee mayor rapidez de adquisición, mejor resolución espacial y temporal, menor dosis de radiación para el paciente y mayor calidad de las imágenes, en relación con el SPECT.

El CT se emplea para realizar la corrección de atenuación y para establecer la referencia anatómica de los hallazgos PET observados en el estudio. De gran utilidad para la realización de la medición del puntaje de calcio coronario (*score* de calcio) en pacientes con enfermedad isquémica cardíaca sospechada. En caso de disponer de un CT de 64 cortes puede hacerse también una angiografía coronaria.

Ventajas y desventajas del PET en relación con el SPECT

Ventajas:

- Mejor resolución espacial (4-6 mm) y temporal, con lo que se incrementa la sensibilidad del estudio.
- Se realiza la adquisición de imágenes en el pico del estrés y no posterior a este como sucede con el SPECT. Esto permite evaluar la función ventricular en tiempo real, y por tanto, existe mayor posibilidad de detectar atontamiento (o *stunning*) miocárdico.
- Permite la cuantificación absoluta del flujo sanguíneo miocárdico (MBF, siglas en inglés) y de la reserva de flujo miocárdico (MFR, siglas en inglés), ambos en ml/g/min, lo que resulta de gran valor en la detección de la enfermedad multivazo con isquemia balanceada en SPECT, la enfermedad coronaria difusa, la enfermedad microvascular, y en la detección de vasculopatía en pacientes posterior a trasplante cardíaco. Es también especialmente útil para monitorizar respuesta a la modificación de factores de riesgo coronario y a intervenciones terapéuticas en EIC.
- La corta vida media de los radiofármacos PET permite dosis inferiores de radiación efectiva y protocolos de imagen más rápidos, que hacen posible la realización de un mayor número de estudios.

Desventajas:

- Debido a la corta vida media de los radiofármacos que utiliza es muy difícil aplicar protocolos de estrés físico.
- Se requiere de equipamiento/radiofármacos costosos en relación con la presencia de un ciclotrón *in situ*, o la compra mensual de un generador de rubidio-82 (^{82}Rb). Esto se puede solucionar con la utilización de un radiofármaco PET recientemente aprobado por la FDA: flurpiridaz, que puede marcarse con F18 y que ofrece una información perfectamente comparable a la del ^{82}Rb o el amonioN13.

Responsabilidades

Personal médico:

- Realizar consulta de clasificación para evaluar al paciente y decidir tipo de estudio.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Supervisar y controlar la preparación del paciente en el día de la prueba, previo a la inyección del radiofármaco.
- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio y atender las complicaciones médicas que ocurran durante este período. Indicar la administración de medicación, si fuera necesaria por complicaciones.
- Decidir, aplicar y dar seguimiento a los pacientes que requieren de medicación como parte de estos estudios.
- Revisar la calidad de las imágenes PET/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes PET/CT y confeccionar el reporte médico.

Personal de enfermería:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones especiales que requiere este procedimiento.
- Administrar el radiofármaco siguiendo las normas establecidas.
- Preparar al paciente para la realización de la prueba.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período desde la entrada al salón de espera de pacientes no inyectados, durante la administración del radiofármaco y el intervalo de espera, hasta la adquisición de las imágenes.
- Registrar todas las incidencias relacionadas con los pacientes durante su estancia en el centro.
- Consultar cualquier síntoma o alteración detectada durante la realización del estudio con el personal médico.

Personal técnico:

- Tener el equipamiento necesario en óptimas condiciones según se refiere en el control del equipamiento.
- Realizar las pruebas de rutina del PET/CT y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o a un físico médico, en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad de la cámara PET.
- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Garantizar una correcta preparación del paciente para la realización del estudio.
- Garantizar una correcta adquisición de las imágenes.

Jefe del área técnica:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.
- Controlar que se cumplan las medidas de Protección Radiológica.

Condiciones de seguridad

Se indican las siguientes:

- No realizar el estudio PET/CT en mujeres embarazadas o lactando, a menos que el beneficio del estudio supere el riesgo a las radiaciones. Si está lactando, suspender la lactancia 24 h después del estudio.
- Se le preguntará previamente al paciente nombre y apellidos y se comprobará que es la dosis y producto correspondiente.
- Realizar la administración de radiofármaco manteniendo las condiciones de asepsia establecidas en las Buenas Prácticas Clínicas.
- Realizar todas las operaciones con sustancias radiactivas conforme a las instrucciones de seguridad nuclear establecidas.

- Explicar al paciente la posición que deberá adoptar durante la adquisición de las imágenes y la importancia de no realizar movimientos durante la realización del estudio.
- Asegurar que se usen los medios de protección contra la contaminación radiactiva, cumpliendo con los aspectos de seguridad radiológica.
- El técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes debe asegurarse que se han realizado las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del equipo PET/CT.

Recursos humanos

Este procedimiento solo podrá realizarse por especialistas que cumplan con las competencias definidas por los departamentos de medicina nuclear, y con la presencia del personal médico, de enfermería y técnico.

Equipamiento, materiales y reactivo

Locales: local de preparación del paciente e inyecciones. Local del Sistema PET/CT.

Equipo: sistema PET/CT.

Materiales y reactivos:

- Radiotrazadores: rubidio-82, N13-amonio o F18-flurpiridaz.
- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
- Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.

Procedimientos

Recepción de la indicación y verificación de su justificación:

- Se remitirá al paciente a la consulta médica para instruirlo.
- Se entregarán indicaciones relacionadas con el tipo de estudio a realizar y los medicamentos a suspender en los días previos a la realización de la prueba.

Recepción del paciente el día del estudio:

- Verificar la identidad de los pacientes.
- Comprobar con el enfermo y familiares si no hay posibilidades de alergia o reacción a medicamentos que pudieran emplearse para este tipo de estudio.
- Explicar al paciente cómo se realizará el procedimiento.
- Retirar objetos metálicos de la zona en estudio.

Protocolo de administración del radiofármaco y adquisición de imágenes

Radiofármacos utilizados: los radiofármacos PET más utilizados son el ^{82}Rb y el amonio marcado con nitrógeno-13 (^{13}N) (tabla 3.11).

Tabla 3.11. Características de los principales radiofármacos PET utilizados para evaluación de la perfusión miocárdica

Características	$^{82}\text{Rubidio}$	$^{13}\text{Nitrógeno-amonio}$
Vida media	75 s	10 min
Fuente de obtención	Generador de estroncio-82. Duración: 4-6 semanas	Ciclotrón <i>in situ</i>
Rango positrónico	Largo (peor resolución de la imagen)	Corto (mejor resolución de la imagen)
Posibilidad de realización de estrés físico	No	Sí

Aseguramiento de la calidad. Los puntos prácticos de la imagen de perfusión miocárdica publicados por la ASNC, recomiendan los siguientes aspectos para la realización de un adecuado aseguramiento de la calidad de las imágenes obtenidas:

- Evaluar las imágenes del CT de transmisión en busca de artefactos, incluyendo los dependientes del paciente (por implantes metálicos como los desfibriladores implantables, los respiratorios, por movimiento) y los técnicos dependientes del equipo.
- Comprobar que exista una estadística de conteos adecuada en las imágenes de emisión.
- Comprobar que exista un adecuado alineamiento entre las imágenes de transmisión y de emisión en los planos axial, sagital y coronal. Es necesario hacer corrección de cualquier mal alineamiento, pues solo las imágenes con corrección de atenuación deben ser interpretadas.
- Comprobar que no exista movimiento en las imágenes de cine. En ese caso deben reconstruirse eliminando los cuadros (*frames*) con movimiento.
- Si la corrección de movimiento está disponible, debe aplicarse para garantizar adecuadas curvas tiempo-actividad miocárdicas y de *pool* sanguíneo para la cuantificación absoluta del MBF.

Preparación para la prueba. Cumplir las acciones siguientes:

- Registrar peso, talla, circunferencia torácica del paciente, descartar contraindicaciones, registrar factores de riesgo ateroscleróticos, diálisis peritoneal actual. Recoger información sobre el cuadro clínico del paciente y los exámenes previos realizados.

- Realizar ayuna de 6 h, excepto agua. Suspender cafeína 12 h antes y teofilina 48 h antes. Suspensión de medicamentos en forma similar a los estudios de estrés con SPECT (ver protocolo correspondiente).
- Hacer una breve historia clínica (incluyendo exámenes previos realizados) y examen físico, para determinar la probabilidad pretest de EAC.
- Canalizar vena para administración de radiofármacos y de medicamentos si es necesario.
- Disponer del personal entrenado en reanimación cardiovascular, con la instrumentación y los medicamentos de emergencia necesarios.
- Preparar la piel de forma adecuada para la colocación de los electrodos, asegurando un correcto trazado ECG.
- Monitorear ECG y presión arterial según corresponda en el protocolo de estrés farmacológico a utilizar (ver protocolo correspondiente en el acápite de tipos de estrés en el protocolo de perfusión miocárdica con SPECT).
- Registrar dosis y hora de la administración del radiofármaco PET.

Tipos de estrés (ver los protocolos de estrés en los procedimientos generales). Se utiliza principalmente el estrés farmacológico por las razones anteriormente enunciadas, ya sea con vasodilatadores (preferiblemente), o con dobutamina.

- Para las dosis a inyectar, contraindicaciones de los diferentes tipos de estrés farmacológico, y el protocolo a utilizar se puede consultar el acápite de Protocolos de estrés.
- En el caso del amonio podría emplearse el estrés físico, pero es necesario coordinar los tiempos de forma muy precisa, además incrementa las dosis de radiación al personal.
- Los radiofármacos se inyectan por vía endovenosa durante el estrés pico.

Administración del radiofármaco. Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la administración del radiofármaco:

- Verificar la identidad del paciente.
- Recoger el formulario de consentimiento informado firmado por el paciente o tutor, antes de proceder a la administración del radiofármaco.
- Confeccionar el modelo de registro de pacientes según estudios realizados.
- Recopilar la información complementaria de uso médico necesaria para la interpretación y reporte del estudio, y colocarla en el modelo de historia de estudios realizados.
- Indagar sobre posible embarazo o lactancia materna, en pacientes femeninas en edad fértil. En caso de respuesta afirmativa, solicite la presencia del médico del servicio de Medicina Nuclear e infórmele sobre la situación.
- Recoger el formulario de cita asegurando que está firmada la sección de consentimiento informado por el paciente o el tutor.
- Solicitar al técnico o tecnólogo responsable de la preparación de la dosis la jeringuilla del paciente
- Medir la actividad de la jeringuilla en el activímetro y comprobar que está en el rango aceptable: $\pm 10\%$ de la actividad solicitada.
- Registrar la actividad medida y la hora de medición en el registro de actividad administrada.

Protocolo de adquisición

Aspectos a considerar:

- Posición: supina, mantener los brazos por encima de la cabeza, con un soporte que permita una posición cómoda. Mantener igual posición para las imágenes de transmisión y de emisión.
- CT:
 - Se hace el topograma/*scout* para la localización del corazón.
 - CT de transmisión para la corrección de atenuación (tabla 3.12).
- Imágenes de emisión PET (tabla 3.13).

Tabla 3.12. Protocolo de CT de transmisión para la corrección de atenuación

Potencial del tubo	80-140 kVp
Corriente del tubo	10-20 mA
Espesor de corte	4-5 mm
Gatillado ECG	No
Campo de visión	Desde la carina hasta 2 cm por debajo del borde inferior del corazón
Instrucciones para la respiración	Se obtiene al final de la espiración o durante la respiración superficial (esta última la más frecuente)

Tabla 3.13. Protocolo de adquisición de imágenes de emisión (PET)

Modo de adquisición	2D o 3D, modo lista (adquisición simultánea dinámica y gatillada con ECG), comenzando con la inyección del radiofármaco
Dosis del radiofármaco	2D ⁸² Rb: 20-40 mCi 3D ⁸² Rb: 10-20 mCi * 2D o 3D ¹³ N-amonio: 10-20 mCi (pacientes obesos, 25-30 mCi)
Duración de la adquisición	⁸² Rb: 3-10 min ¹³ N-amonio: 10-15 min
Conteos totales	250,000 conteos por corte (<i>slice</i>) en 2D**
Tamaño del pixel	2-3 mm/pixel
Gatillado ECG	Sí
Cuadros (<i>frames</i>) por intervalo R-R	8 o 16
Reconstrucción	Retroproyección filtrada o iterativa, resolución concordante entre reposo y estrés
Demora pre- <i>scan</i>	Las imágenes estáticas se reconstruyen con una demora pre- <i>scan</i> para minimizar la actividad del <i>pool</i> sanguíneo en las imágenes estáticas y gatilladas ⁸² Rb: 70-90 s (FEVI >50 %); 90-130 s (FEVI <50 %) ¹³ N-amonio: 90-180 s

Leyenda: * Las imágenes en *scanners* 3D requieren menores dosis que en los 2D gracias a la mayor sensibilidad del sistema. ** Los *scanners* 3D tienen mayor dispersión (*scatter*) y requieren mayor cantidad de conteos para alcanzar el mismo nivel de ruido.

La figura 3.13 muestra el esquema del protocolo reposo/estrés de perfusión miocárdica con equipo híbrido (PET/CT).

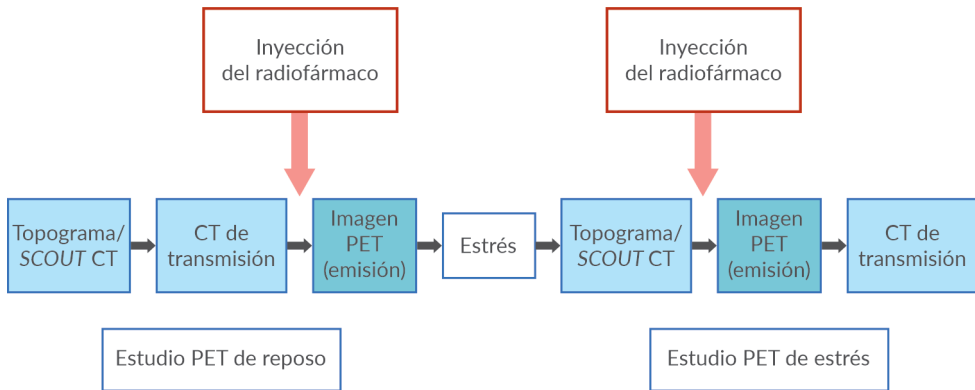


Fig 3.13. Esquema del protocolo reposo/estrés de perfusión miocárdica con equipo híbrido (PET/CT).

Fuente: *Position emission tomography assessment of myocardial viability ASNC practice point, 2018.*

Procesamiento e interpretación de las imágenes

Interpretación de las imágenes. En la tabla 3.14 se presenta un resumen de las recomendaciones de ASNC sobre la matriz de reporte para imagen de perfusión miocárdica publicada en 2017.

Tabla 3.14. Recomendaciones para preparar el reporte de los estudios de perfusión miocárdica con PET/CT

Historia previa e información clínica
Incluye factores de riesgo de enfermedad aterosclerótica, cuadro clínico y resultados de exámenes previos, pertinentes a la pregunta clínica a responder
Metodología utilizada
Protocolo de estrés utilizado, radiofármaco y dosis inyectada
Interpretación del electrocardiograma (ECG)
Reportar ECG de reposo, ECG de estrés (incluyendo alteraciones de ST-T y arritmias), comportamiento de la presión arterial y la frecuencia cardíaca, síntomas durante el estrés y criterios de terminación del estrés
Hallazgos a reportar
perfusión, función ventricular (incluyendo volúmenes, fracción de eyección y contractilidad regional), flujo sanguíneo miocárdico (MBF en reposo y estrés, global y por territorios coronarios; reserva de flujo miocárdico, MFR), score de calcio, resultados de la angiografía coronaria con CT de realizarse esta, hallazgos extracardiácos, incluyendo la captación pulmonar
Conclusión que integre la clínica y los hallazgos del examen realizado y responda la pregunta clínica del médico referente

Fuente: *Position emission tomography assessment of myocardial viability ASNC practice point, 2018.*

Consideraciones a tener en cuenta en el reporte del estudio de perfusión:

- Calcular los *scores* sumados de estrés, reposo y la diferencia (SSS, SRS, SDS). Tener en cuenta las variantes normales de la perfusión con los radiofármacos PET:
 - Aparente reducción de la captación en reposo/estrés en ápex por artefacto de volumen parcial, debido a adelgazamiento apical relativo al resto del miocardio (se observa tanto con ^{82}Rb como con ^{13}N -amonio, aunque es más frecuente con este último).
 - Reducción de la captación en reposo/estrés en pared lateral (con ^{13}N -amonio).
- Puede observarse captación de ventrículo derecho (VD) si existe hipertensión pulmonar. Si se observa aumento de la captación de VD relativo al ventrículo izquierdo (VI) en estrés, ello puede indicar enfermedad coronaria de 3 vasos o de tronco de la arteria coronaria izquierda e isquemia balanceada (representando reducción relativa de la perfusión de VI más que aumento de la perfusión de VD).
- Realizar la evaluación cuantitativa absoluta del MBF (en reposo y en hiperemia) y MFR: flujo en hiperemia/flujo en reposo. MBF puede evaluarse global y regionalmente.
- Para estimar el MBF a partir de las imágenes PET dinámicas, las curvas tiempo-actividad se ajustan a un modelo matemático que analiza la cinética del trazador en el tiempo. Los dos modelos más frecuentemente utilizados para los RF PET son el de un compartimiento y el de retención modificada.
- Es importante recordar que la medición del MBF con PET cardíaco, no representa un incremento de la dosis de radiación recibida por el paciente ni del tiempo de adquisición de las imágenes. La medición del MBF con PET permite evaluar el MBF en todo el árbol coronario, incluyendo las arterias epicárdicas y la microvasculatura.
- Con independencia del modelo empleado o del *software* utilizado, el médico que interpreta el estudio debe prestar especial atención a la revisión de la calidad del mismo: adecuado co-registro de los *scans* de emisión y transmisión, revisión de la colocación de las regiones de interés (miocárdicas y de *pool* sanguíneo), así como de las curvas de tiempo-actividad en reposo y estrés. Si la calidad no es adecuada se debe hacer las correcciones necesarias, si esto no es posible, no deben reportarse los valores de MBF.
- Los valores fisiológicos de MBF y MFR se presentan en la tabla 3.15.

Los valores con ^{82}Rb son ligeramente superiores a los de ^{13}N -amonio. Independientemente de las variaciones en los valores de corte según trazador y *software* utilizado, una orientación aceptada es:

- MFR >2 indica un pronóstico favorable, con excelente valor predictivo negativo de EIC de alto riesgo.
- MFR $<1,5$ indica una reserva de flujo significativamente reducida (siempre y cuando no haya MBF en reposo elevado, recordar que es un cociente) con riesgo cardíaco elevado.

Tabla 3.15. Valores fisiológicos de MBF y MFR obtenidos con los radiofármacos ^{82}Rb y ^{13}N -amonio

Radiofármaco	MBF	MFR
^{82}Rb *	Valor medio en reposo: 0,74 mL/g/min Rango: 0,69-1,15	Valor medio: 4,07 Rango: 3,88-4,47
	Valor medio en estrés: 2,86 mL/g/min Rango: 2,5-3,82	
^{13}N -amonio **	Valor medio en reposo: 0,71 mL/g/min Rango: 0,61-1,1	Valor medio: 3,54 Rango: 3,16-4,8
	Valor medio en estrés: 2,58 mL/g/min Rango: 1,86-4,33	

Leyenda: * Valores obtenidos de 8 estudios con un total de 382 individuos sanos. ** Valores obtenidos de 23 estudios con un total de 363 individuos sanos.

Fuente: Position emission tomography assessment of myocardial viability ASNC practice point, 2018.

No obstante, es importante tener en cuenta que la presencia de diabetes mellitus, hipertensión arterial, edad avanzada y el hábito de fumar, pueden reducir MBF y MFR sin que exista una estenosis coronaria focal. Para hacer el cálculo del MBF se prefiere el estrés farmacológico, debido a que se requieren las imágenes dinámicas del primer paso del trazador, que deben adquirirse con el paciente acostado en el equipo.

En la tabla 3.16 se presenta la interpretación/clasificación del riesgo coronario en relación con la MFR global.

Tabla 3.16. Interpretación/clasificación del riesgo coronario en relación con la MFR global

MFR	Interpretación	Riesgo Relativo
>2	Normal	Bajo
1,7 - 2	Ligeramente anormal	Intermedio
1,2 - <1,7	Anormal	Alto
<1,2 con defecto de perfusión	Severamente anormal	Muy alto
<1,2 sin defecto de perfusión	Considerar estudio no diagnóstico	Indeterminado

Los valores de corte son generalmente arbitrarios y pueden variar ligeramente entre laboratorios, de acuerdo con el *software* utilizado y el agente farmacológico para estrés. El principio a seguir es que mientras más baja sea la reserva de flujo, mayor es el riesgo relativo.

Es importante considerar el aporte de la medida del flujo sanguíneo miocárdico para diagnóstico y estratificación de riesgo de EIC, en el momento de presentar los resultados e interpretarlos en el reporte que se envía al médico de asistencia. A continuación, se

presenta una propuesta de formas de reportar diferentes aspectos de la evaluación de flujo miocárdico, incluida en la guía práctica para interpretar las medidas de flujo publicada en 2021 por la ASNC y la Sociedad de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (SNMMI).

En la descripción:

- El MBF aumentó en estrés en relación con el reposo.
- No hubo aumento del MBF en estrés en relación con el reposo.
- La MFR global fue de (incluir el valor).

En la conclusión:

- La MFR normal confirma que el estudio es normal, lo que indica bajo riesgo de EIC más allá de la perfusión normal, y predice un bajo riesgo de eventos coronarios mayores relacionados.
- A pesar de una perfusión miocárdica normal, la MFR es anormal, lo que coloca al paciente en una categoría de riesgo alta para EIC y eventos cardíacos relacionados en pacientes sin EIC conocida.
- Existe un defecto de perfusión en un único territorio coronario junto con una reducción correspondiente en la MFR regional. La MFR normal en el resto del miocardio hace poco probable una EIC más extensa.
- Mientras que la perfusión indica enfermedad de un vaso, la MFR está globalmente reducida, lo que indica que pudiera existir una EIC más extensa.
- La ausencia de elevación de la MBF con perfusión normal no excluye la EIC.
- La MFR no se reporta en este caso debido a problemas técnicos o específicos del paciente que pueden afectar la precisión diagnóstica, lo que conllevaría a decisiones clínicas inapropiadas.

PET/CT

Se pueden consultar detalladamente las especificaciones de los protocolos de adquisición de las imágenes de *score* de calcio y angiografía coronaria con CT, en las guías sobre equipos híbridos publicadas por ASNC/SNMMI y SCCT. En ambos casos se recomienda el gatillado prospectivo para reducir dosis de radiación.

En forma general, si se dispone de un PET/CT se utiliza el CT para la corrección de atenuación en todos los casos, y para la realización del *score* de calcio en aquellos pacientes sin EIC conocida. La angiografía coronaria con CT se realizará de acuerdo con indicaciones clínicas apropiadas, preferiblemente posterior a la adquisición PET, para minimizar potenciales interferencias del contraste yodado en la corrección de atenuación.

Documentación del estudio

Presentación de las imágenes tomográficas:

- Se recomienda presentarlas en escala de color.
- Es opcional la utilización de un *zoompost*-reconstrucción para mejorar la visualización e interpretación del estudio.

- Los valores del flujo sanguíneo miocárdico deben presentarse: en reposo, en estrés y la reserva (estrés/reposo) por territorio coronario y global. Además, debe incluirse un mapa polar con los valores por segmentos (fig. 3.14). Esto permitirá también hacer el análisis de los gradientes de flujo de base a ápex.

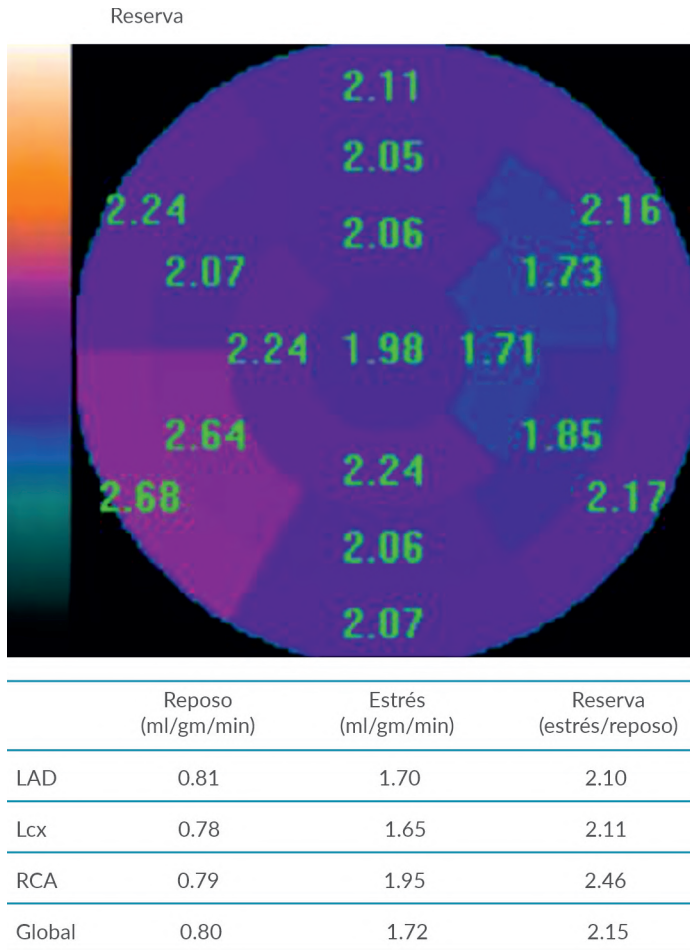


Fig. 3.14. Presentación de los valores de flujo sanguíneo miocárdico/reserva de flujo en el reporte del estudio de PET de perfusión.

Fuente: Tomado de: *Bateman TM et al. J Nucl Cardiol, 2021; 28:768–87.*

Interpretación de los resultados del estudio:

- Evaluar las imágenes en el contexto de la información clínica relevante (incluyendo la sintomatología del paciente), y la proporcionada por otros métodos diagnósticos como el electrocardiograma, la ecocardiografía, otras técnicas de imagen como la tomografía axial computarizada y la resonancia magnética cardíaca, dentro de los estudios no

invasivos. Considerar también la inclusión de exámenes de laboratorio notables para el diagnóstico.

- Interpretar el estudio de acuerdo con las orientaciones incluidas en el acápite Interpretación de imágenes.

Calidad general de la imagen: debe ser evaluada semicuantitativamente e incluida en el reporte: excelente, buena, pobre o no interpretable, en cuyo caso debe repetirse la adquisición.

Reporte del estudio: Incluir registro médico con nombre y apellido del paciente y número de historia clínica, así como la fecha del estudio. Un adecuado reporte debe presentar la metodología utilizada para realizarlo y toda la información obtenida. Las conclusiones deben ser precisas, concisas y responder a la interrogante clínica del médico de asistencia que indica la prueba.

Esquema a seguir:

- Motivo de indicación del estudio.
- Datos clínicos: breve reseña de la historia clínica.
- Técnica utilizada: radiofármaco, dosis, tipo de protocolo.
- Descripción de los hallazgos gammagráficos/tomografía axial computarizada.
- Conclusiones: deben formularse sobre la base de la correlación entre la historia clínica del paciente y los resultados del estudio radioisotópico.

Controles

Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes para ser verificados.

El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones:

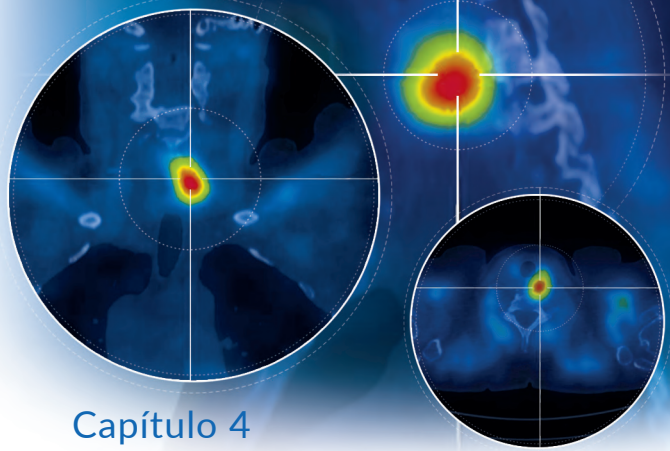
- El contenedor de plomo contendrá la jeringuilla con el radiofármaco, rotulado con la identificación del paciente (nombre y apellidos), peso y la actividad a administrar.
- En caso de detectar alguna contaminación, el especialista debe dejar una indicación visible al respecto y avisar al responsable de Protección Radiológica.
- Reflejar como observaciones en la libreta de trabajo del área, cualquier anomalía durante el proceso de inyección o adquisición durante el estudio.
- Velar porque el tiempo entre la entrega de la dosis por el laboratorio y el momento de administración no sea superior a 45 minutos para evitar que decaiga la dosis.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.

- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOEs.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de PET/CT.
- Registro de administración de dosis.
- Registro de estudios realizados en equipo.
- Base de datos de estudios realizados en equipo.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de salida de los informes de corazón realizados con PET/CT.





Capítulo 4

Procedimientos de oncología nuclear

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios PET/CT con ^{18}F -FDG para oncología

Objetivo

Establecer el procedimiento de ejecución, interpretación y reporte de la exploración PET/CT con ^{18}F -FDG en Oncología. El cumplimiento de estas pautas va a permitir la obtención de estudios PET/CT de adecuada calidad diagnóstica en la práctica clínica.

Alcance

El presente documento constituye una herramienta dirigida a los profesionales y técnicos de los centros de medicina nuclear, que contiene recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los resultados de estudios PET/CT con ^{18}F -FDG, en pacientes con diagnóstico de patologías oncológicas

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones:

- Diferenciar lesiones benignas de posibles malignas: caracterización de masa pancreática y de pseudonódulos pancreáticos (NPS).
- Detectar tumor primario desconocido en enfermedad metastásica.
- Realizar estadiamiento y re-estadiamiento de lesiones malignas conocidas.
- Evaluar la respuesta al tratamiento, ejemplo en Linfomas.
- Determinar la existencia de lesión tumoral residual, fibrosis o necrosis después del tratamiento.
- Detectar recurrencias y/o recidivas, según sospecha clínica, imagenología convencional y marcadores tumorales.
- Seleccionar la región tumoral para realizar biopsia diagnóstica.
- Planificar la radioterapia externa.

Contraindicaciones:

- Absolutas: ninguna.
- Relativas: embarazo, lactancia, falta de cooperación o incapacidad para cooperar con el procedimiento.

Términos y definiciones

Tomografía por emisión de positrones (PET): es una técnica no invasiva de diagnóstico e investigación por imagen in vivo, que mide la actividad metabólica del cuerpo humano, mediante la detección y análisis de la distribución tridimensional que adopta un radiofármaco administrado por vía intravenosa, en el interior del cuerpo.

Tomografía por emisión de positrones combinada con tomografía computarizada por rayos X (PET-CT): es la combinación de una imagen de tomografía por emisión de positrones (PET) con una de tomografía computarizada por rayos X (CT). Las dos técnicas aportan distinta información sobre el cuerpo humano. La primera es una prueba que permite obtener imágenes de la función celular y ayuda a diferenciar entre el tejido sano y el enfermo, mientras que la segunda aporta imágenes que favorecen la localización anatómica precisa de las anomalías observadas en el PET y para realizar la corrección de atenuación.

Radiofármaco: es un isótopo radiactivo de administración intravenosa, con vida media ultracorta que se asocia a una molécula de transporte.

Ciclotrón: es un equipo acelerador de partículas, utilizado para la generación de radiofármacos que son empleados en estudios de imagenología nuclear, como PET o PET/CT.

Para obtener imágenes con esta tecnología, se necesitan dos componentes importantes: el radiofármaco y el equipo. El isótopo radiactivo más utilizado en el PET clínico es el Flúor-18 generado a partir de la fluorodesoxiglucosa (^{18}F -FDG) mediante un ciclotrón. Debido a que el consumo de glucosa es elevado en la mayoría de los tumores malignos, este estudio es un método sensible para la detección, estadiamiento y monitoreo de los efectos del tratamiento en la patología oncológica. Las investigaciones realizadas y los resultados publicados en la literatura apoyan el uso del PET/CT con ^{18}F -FDG en oncología.

Responsabilidades

Jefe técnico y del departamento de Medicina Nuclear:

- Verificar el cumplimiento de las acciones descritas en este procedimiento.
- Comprobar que el personal en entrenamiento realice los procedimientos bajo supervisión.
- Controlar que se cumplan las medidas de protección radiológica.

Médico del departamento de Medicina Nuclear:

- Valorar la solicitud de la indicación PET/CT.
- Interrogar al paciente y disponer de la historia clínica completa, que incluya los resultados de otras modalidades diagnósticas si existieran, para realizar una apropiada interpretación del estudio.

- Autorizar la realización de la prueba mediante su firma y cuño plasmado en la solicitud del paciente.
- En caso de rechazar la solicitud del estudio, deberá enviar al médico referente una nota explicativa escrita al dorso de la indicación.
- Completar el modelo de consentimiento informado del paciente o tutor.
- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio.
- Atender las complicaciones médicas que ocurran durante el proceso.
- Evaluar la necesidad de sedación y el uso de medios de contraste.
- Revisar la calidad de las imágenes PET/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes y confeccionar el reporte médico.

Técnico o tecnólogo a cargo de la reserva de los turnos:

- Recibir las solicitudes del estudio y entregarlas al médico del departamento de Medicina Nuclear para valorar su justificación
- Informar las recomendaciones especiales y necesarias para el paciente.
- Conocer que no es aconsejable realizar el estudio en el período post tratamiento inmediato. Se recomienda una espera mínima de tres semanas para los casos tratados con cirugía y/o quimioterapia y de tres meses para los de radioterapia.
- Reservar el turno para la realización del estudio, previo autorizo mediante firma y cuño del médico nuclear a cargo.
- Notificar al paciente o tutor la fecha de la cita.
- Brindar al paciente la información necesaria por escrito para la preparación previa al estudio.
- En caso de que la solicitud sea rechazada por el médico nuclear, deberá entregar al paciente o tutor la nota explicativa en la indicación, para que a su vez la entregue al médico referente. Si se trata de un paciente que vive en otra provincia, se lo comunicará al contacto definido, por la vía utilizada desde el inicio.

Técnico o tecnólogo a cargo de la administración del radiofármaco:

- Explicar a los pacientes los detalles del procedimiento y las normas que se deben cumplir para garantizar la seguridad radiológica dentro y fuera de la instalación.
- Entregar y recoger el formulario de consentimiento informado firmado por el paciente o tutor.
- Determinar la pureza radioquímica del radiofármaco antes de la inyección, según las instrucciones del fabricante.
- Atender las solicitudes de los enfermos desde la entrada al salón de espera de pacientes no inyectados, durante la administración del radiofármaco y en el intervalo de espera hasta la obtención de las imágenes.
- Registrar las incidencias relacionadas con los pacientes durante todo el proceso.
- Realizar las pruebas de chequeo de rutina del activímetro y registrar los resultados.

- Informar al jefe técnico o al físico médico si se comprueba desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad del activímetro.

Técnico o tecnólogo a cargo de la adquisición de las imágenes:

- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Realizar las pruebas de rutina del PET/CT y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o al físico médico en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad del equipo.

Personal de enfermería:

- Recepcionar al paciente el día del estudio.
- Verificar el cumplimiento de la preparación previa.
- Acomodar al paciente en el local de inyecciones.
- Realizar la extracción para la determinación de la glucosa en sangre.
- Canalizar la vía intravenosa del paciente y dejarlo preparado para la administración del radiofármaco.
- Atender cualquier emergencia médica que se presente.

Físico médico:

- Realizar las pruebas de rutina del PET/CT y registrar los resultados.

Jefe del área técnica:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.
- Controlar que se cumplan las medidas de Protección Radiológica.

Condiciones de seguridad

- Realizar el estudio PET/CT, solo si la solicitud fue aprobada por un médico del departamento de Medicina Nuclear mediante firma y cuño de la indicación.
- Vigilar el cumplimiento del uso de los medios de protección del personal contra la contaminación radiactiva.
- Asegurar que el uso del dosímetro personal corporal y de extremidades estén debidamente colocados.
- Comprobar que el técnico o tecnólogo encargado de la administración del producto radioactivo, realice las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del activímetro instalado en local de administración.
- Verificar que el técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes realice las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del equipo PET/CT.

- Comprobar en las mujeres en edad fértil, si la paciente está embarazada o lactando antes de autorizar la solicitud del estudio. En estos casos el médico nuclear será el responsable de decidir si se realiza o no el proceder, teniendo en cuenta las siguientes precauciones:
 - Mujeres embarazadas: el PET/CT debe ser aplazado; sin embargo, no se considera contraindicación cuando el beneficio esperado del estudio, supera el riesgo de exposición a las radiaciones.
 - Lactancia materna: se recomienda evitar la lactancia 24 h posteriores a la administración del radiofármaco, siempre que sea posible.
- Cumplir las recomendaciones ante los diferentes tipos de contaminaciones:
 - Contaminación superficial: delimitar de manera inmediata la zona contaminada con papel absorbente, e informar inmediatamente al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear. El paciente se deberá mantener alejado de la zona contaminada hasta tanto se le den las instrucciones pertinentes.
 - Contaminación corporal del trabajador: pasar inmediatamente a un cuarto con baño predestinado para estos accidentes radiológicos y proceder a lavarse cuidadosamente y con abundante agua, la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel, si las ropas son salpicadas con radioactividad proceder a cambiarse el pijama y colocar el dañado en un recipiente blindado para ser descontaminado posteriormente. Informar al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
 - Contaminación corporal del paciente: indicar el lavado cuidadoso con abundante agua de la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel e informar al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.

Recursos humanos

Cumplir las funciones descritas en el procedimiento normalizado de oncología (PNO) para los tecnólogos y médicos del departamento de Medicina Nuclear entrenados en la realización de estudios PET/CT y con competencia demostrada.

Efectuar procedimientos bajo supervisión para el caso del personal en entrenamiento.

Equipamiento, materiales y reactivos

Equipamiento y locales. Se deberá disponer en la unidad PET/CT de:

- Local de preparación del paciente e inyecciones.
- Equipos: tomógrafo PET/CT
- Activímetro con certificado de calibración emitido por el CENTIS, vigente en el período de realización de los estudios.
- Protectores de jeringuillas para radiación gamma.
- Carro de administración para el traslado de la jeringuilla con la dosis del paciente desde el transfer hasta el local de administración.
- Silla reclinable para acomodar el paciente durante la administración y el reposo post-administración.
- Glucómetro.

Materiales y reactivos. Se debe disponer de:

- Kit de descontaminación radioactiva en caso de derrame de la fuente.
- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
- Contrastes para uso por vía oral (VO) o intravenosa (IVI).

Procedimientos

Recepción de la indicación y verificación de su justificación. Las instrucciones dadas en este epígrafe serán realizadas por el técnico o tecnólogo encargado de la reserva de los turnos de estudios PET/CT:

- Cumplir las indicaciones dadas en el procedimiento de recepción de la solicitud de estudio y verificación de su justificación.
- Ofrecer al paciente la fecha del examen PET/CT, después de estar debidamente autorizada por un médico del departamento de Medicina Nuclear.
- Explicar al paciente o al tutor las instrucciones de preparación previas al estudio, y que deberá disponer de una hora para la realización del procedimiento.
- Indagar si el paciente es alérgico al yodo u otras sustancias, en caso de que esté previsto el uso de contraste yodado, así como exigir el resultado de estudios relacionados con la función renal (creatinina).
- Precisar historia de claustrofobia y las posibilidades del paciente de mantener sus manos encima de la cabeza durante la adquisición.
- Explicar al paciente o al tutor la importancia de asistir a la cita el día y hora convenida, así como las instrucciones para re programar el turno en caso que ocurra alguna eventualidad que le impida asistir.
- Plasmear los datos del paciente en el registro de turnos de exploración PET/CT.

Preparación del paciente. Acciones:

- Asistir a la cita con ropa cómoda, bien abrigado por el aire acondicionado existente en el local, y sin el uso de objetos metálicos, ya que pueden causar artefactos en la imagen de TC o atenuación en la imagen de PET.
- Ayunar de 4 a 6 h antes de realizar la prueba, con el objetivo de que el tejido muscular no esté consumiendo glucosa, lo cual, podría generar artefactos en la imagen. En la práctica, esto significa que los pacientes coordinados para estudios PET en horarios de la mañana, no deben ingerir alimentos después de la medianoche anterior y preferiblemente recibir una comida ligera (sin acompañarse de alcohol), rica en proteínas y pobre en carbohidratos:
- un litro de agua 2 h antes de la inyección del FDG. A los pacientes que estén recibiendo líquidos intravenosos que contengan glucosa, se le debe suspender la infusión por lo menos 4 h antes del examen.

- Suprimir los ejercicios enérgicos 24 h antes de la realización del PET. La disminución de la actividad física tiene como objetivo que el tejido muscular no recurra a la glucosa como fuente energética, lo cual, podría disminuir la especificidad del estudio.
- Mantener la medicación prescrita con excepción de los pacientes diabéticos que serán abordados posteriormente.
- Precisar alergia a medicamentos, específicamente el yodo.

Pacientes diabéticos. Guías generales:

- Realizar entrevista a los pacientes diabéticos tanto insulino dependientes (ID) como no insulino dependientes (NID) por parte del médico a cargo, para conocer sobre el control diario de su glicemia antes y después de sus medicamentos.
- Planificar a los pacientes diabéticos para las primeras horas del día, por el riesgo de hipoglucemias. Recordar que el estrés producido por el propio estudio puede alterar el metabolismo de la glucosa, con tendencia a que suban sus niveles.
- Indicar que cumpla su dieta habitual; que la última comida de la noche anterior la haga un poco más tarde de lo normal (para evitar hipoglucemia al día siguiente) y que se medique como de costumbre. Si el estudio se planifica para la sesión de la tarde, recomendar que tome el desayuno lo más tarde posible, pero cumpliendo con las 5 o 6 h de ayuno establecidas al momento de aplicar el radiofármaco por vía intravenosa (i.v.).
- Ajustar de dosis del hipoglucemiante oral.
- Chequear la glicemia en horas de la mañana y si mayor de 160 mg/dL deberá tomar la dosis habitual, y luego dirigirse a la unidad. Si está por debajo de 100 mg/dL se le recomienda no tomar sus hipoglucemiantes. Para valores entre 100 y 160 mg/dL se le indicará que debe llegar a la cita 30 min antes de la hora programada.
- Disponer de una solución de dextrosa al 50 % y dieta, para evitar la hipoglucemia al final del estudio.
- Notificar a la enfermera y/o médico tratante (en caso que el paciente este hospitalizado), la suspensión de cualquier solución glucosada (dextrosa, Ringer, Hartman), nutrición parenteral o enteroclisis por lo menos 6 h antes del estudio.

Pacientes diabéticos controlados con medicación oral. El paciente deberá seguir las recomendaciones mencionadas anteriormente.

Pacientes diabéticos insulino dependientes. Evitar la hipoglicemia, para ello, además de efectuar la comida más tarde de lo habitual el día anterior, se debe levantar 90 o 120 min antes para dosificar las cifras de glicemia y decidir según su valor si se administra la insulina, (ver los valores referidos anteriormente), de tener que administrarla, deberá garantizar que hayan pasado al menos 4 h entre la aplicación de esta y la del radiofármaco.

Pacientes con hiperglicemias inesperadas. Acciones:

- Realizar el estudio con valores por debajo de 140 mg/dL (7,7 mmol/L).
- Si los valores oscilan entre 140 y 200 mg/dL y la función renal se mantiene conservada según valores de creatinina, administrar Solución salina al 0,9 %, entre 300 y 400 mL

- en 20 min y realizar nueva medición de la glicemia. Si los valores estuvieran por debajo de 150 mg/dL (8,3 mmol/L) se aplica el radiofármaco (RF).
- Repetir la indicación anterior hasta dos veces más si persiste la elevación de la glicemia.
 - Incrementar los tiempos de adquisición hasta el doble si fuera posible, en caso de que las cifras lleguen hasta 200 mg/dL (11 mmol/L), y no se pueda diferir el caso por diferentes razones. El reporte debe resaltar la realización del estudio bajo estas condiciones.
 - Si las condiciones del riñón no permiten la administración de los volúmenes de solución salina al 0,9 %, se recomienda al tecnólogo incrementar los tiempos de adquisición, si es posible al doble, y en el informe se debe resaltar la realización del estudio bajo estas condiciones.
 - En condiciones donde las cifras de glicemia estén entre 200 y 250 mg/dL (13,7 mmol/L) y ya se hayan intentado los pasos anteriores, administrar insulina rápida (habitualmente hasta 2 unidades i.v.), siempre bajo estricta vigilancia y con apoyo de la unidad de urgencia.
 - Esperar 2 h para administrar el RF y según los valores de la glicemia, se repetirán la administración de solución salina al 0,9 %, entre 300 y 400 mL en 20 min y hacer una nueva medición de la glicemia; si los valores están por debajo de 150 mg/dL, se aplica el RF. Si persiste elevado se recomienda al tecnólogo incrementar los tiempos de adquisición, si es posible al doble, y en el informe se debe resaltar la realización del estudio bajo estas condiciones.
 - Suspender el estudio en pacientes con glicemias mayores de 250 mg/dL de inicio y cifras mayores de 200 mg/dL, que no ceden a las maniobras anteriormente mencionadas.

Recomendaciones generales

- En pacientes con patologías de tórax: se sugiere un ayuno más prolongado, es decir, de 6 a 8 h, a fin de disminuir la captación cardiaca.
- En pacientes con patología de pelvis: se recomienda la administración de un diurético (furosemida 0,25 mg/kg peso) a los 30 min de la inyección de la FDG.
- En pacientes con patología colon rectal u ovario: se debe realizar imagen tardía a las 2 o 3 h posinyección. En caso de no visualización en el estudio PET-FDG de lesión renal, se realizará una segunda imagen centrada en región tras 2 h y 30 min de la administración del radiofármaco, y previa a la nueva hidratación del paciente con 400 mL de agua.
- El uso de la sedación, relajantes musculares o bloqueadores beta, es necesario según criterio clínico. No existe razón para la administración rutinaria de sedantes (por ejemplo, benzodiazepinas de acción corta). Los sedantes pueden ser considerados en el caso de tumores de cabeza y cuello, para reducir la captación muscular, o bien para reducir la ansiedad en pacientes claustrofóbicos. En el caso de niños, la sedación puede ser necesaria dependiendo de la edad o el tipo de tumor.

- Un intervalo mínimo entre la última dosis de quimioterapia y el estudio de PET debe ser de 10 días de ser posible, o lo más cercano a la administración del siguiente ciclo de tratamiento.
- El paciente debe tener la capacidad de permanecer inmóvil en el PET o sistema PET-CT durante el examen (20 a 45 min).

Recepción del paciente el día del estudio

Acciones:

- Llevar el paciente al salón de espera de no inyectados después que reciba la indicación de la secretaria del departamento.
- Informar a los pacientes los detalles del estudio que se realizará y las normas que se deben cumplir para garantizar la seguridad radiológica en la instalación y fuera de esta.
- Verificar la identidad de los pacientes (nombre y apellidos, carne de identidad).
- Recoger el formulario de consentimiento informado con la firma del paciente o tutor.
- Proceder a pesar y tallar el paciente, además de registrar el dato.
- Determinar la actividad a administrar a cada paciente
- Documentar el valor de la actividad calculada en el registro.

Radiofármaco

El radiofármaco utilizado es ^{18}F -FDG. La 2-[^{18}F]-fluoruro-2-Deoxi-D-glucosa (FDG), es un análogo de la glucosa natural marcada con flúor 18, que es un emisor de positrones y tiene un periodo de semi-desintegración radioactiva de 109 minutos. La localización de dicho compuesto se da por el metabolismo bioquímico de las células, que expresan grandes cantidades de transportadores GLUT1 y están especialmente ávidas para el consumo de FDG, que es transportado dentro de las mismas y fosforilado por una hexokinasa. El FDG no es metabolizado, sino que se queda atrapado en la célula, excepto en el hígado, ya que en este órgano sufre una intensa desfosforilación.

- El fondo sanguíneo desaparece visiblemente a las 2 o 3 h, con una intensa captación en el cerebro, el corazón y el sistema urinario.
- Vida media: 110 min.
- Energía: 511 keV.
- Debe tener una pureza radioquímica de al menos 96 %.
- Vía de administración: intravenosa.
- Dosis: 0,1 mCi/kg (3,7 Mbq/kg).

Forma de administración del radiofármaco. Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la administración del radiofármaco, quien debe cumplir las siguientes indicaciones:

- Verificar la identidad del paciente según el procedimiento
- Conducir al paciente al local de administración del departamento de Medicina Nuclear.

- Recoger el formulario de consentimiento informado firmado por el paciente o tutor, antes de proceder a la administración del radiofármaco.
- Confeccionar la carpeta de historia de estudios realizados, si el paciente llega por primera vez al departamento.
- Recepcionar la información complementaria de uso médico necesaria para la interpretación y reporte del estudio y colocarla en la carpeta de historia de estudios realizados.
- Indagar sobre posible embarazo o lactancia materna, en caso de pacientes femeninas en edad fértil. En caso de respuesta afirmativa, deberá solicitar la presencia del médico del servicio de Medicina Nuclear para informarle sobre la situación.
- Determinar la pureza radioquímica del radiofármaco antes de la inyección, según las instrucciones del fabricante.
- Solicitar la jeringuilla del paciente al técnico o tecnólogo responsable de la preparación de la dosis.
- Medir la actividad de la jeringuilla en el activímetro y comprobar que está en el rango aceptable ($\pm 10\%$ de la actividad solicitada)
- Registrar la actividad medida y la hora de medición en el registro correspondiente.
- Solicitar la preparación de una nueva dosis con la actividad prescrita en caso que no se cumpla con el rango de aceptación, y documentar la actividad medida y la hora de medición en el registro de actividad administrada, cuando reciba la nueva dosis
- Administrar el radiofármaco por vía i.v. según la instructiva.
- Indicar al paciente que debe comunicarle cualquier malestar que sienta durante el intervalo de espera hasta la realización del estudio.
- Orientar al paciente que debe dirigirse al local de espera de pacientes inyectados y permanecer en el mismo hasta el inicio del estudio.
- Plasmear en el registro de incidencias cualquier evento que ocurra durante el tiempo de post-administración.

Protocolo de adquisición de imágenes

Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes, quien debe cumplir las siguientes indicaciones:

- Empezar la adquisición de las imágenes a los 45-60 minutos después de la inyección del radiofármaco.
- Llamar y verificar la identidad del paciente según el procedimiento.
- Orientar al paciente que se dirija al baño de inyectados para evacuar el contenido vesical, y así evitar que la vejiga llena oculte estructuras, degrade la calidad de la imagen y minimice la dosis de radiación que reciba el sistema urinario.

- Revisar si los objetos metálicos removibles han sido guardados.
- Ofrecer algo de comer a los 45 min post inyección, en el caso de pacientes pediátricos.
- Indicar al paciente que se dirija al local de PET/CT.

Posicionamiento:

- Convencional: brazos sobre la cabeza (si es tolerado por el paciente), de lo contrario los brazos deberán ir a ambos lados, ajustados con cintas para disminuir el movimiento y la fatiga muscular. Colocar un cojín debajo de las rodillas para no lastimar la espalda.
- Cuerpo entero: se recomienda para la búsqueda y evaluación de áreas de captación anormal de ^{18}F -FDG en la piel (melanoma), extremidades, o condiciones sistémicas. Los brazos deben permanecer a los costados, ajustados con cintas para disminuir el movimiento y la fatiga muscular. Se debe colocar un cojín debajo de las rodillas para no lastimar la espalda.

Adquisición. Topograma:

- TC sin contraste: 140 KV, 80 mAs. Esta es de baja dosis, no es diagnóstica, se utiliza como mapa anatómico y para corregir la atenuación del PET.
- PET: 15-18 min.
- Imágenes adicionales (tardías): ayudan a mejorar la relación tumor-fondo y permiten apreciar la evolución del SUV, que si aumenta es sugestivo de malignidad.
- Contrastes yodados i.v.: son recomendados después de terminar el protocolo PET/TC habitual, para evitar artefactos en la corrección de la atenuación.
- Contraste oral, Gastrografin: se precisa por su baja densidad y no produce artefactos en la reconstrucción de la imagen.
- Posteriormente se obtienen las imágenes de fusión de PET con CT, con o sin contraste intravenoso.

Procesamiento de imágenes PET/CT

Las imágenes se reconstruyen automáticamente y se visualizan mediante la aplicación Imagen Fusión, que poseen varios protocolos de visualización. En las figuras 4.1, 4.2 y 4.3 se hace referencia al estudio PET/CT con ^{18}F -FDG para el diagnóstico de Linforma Hodking, cáncer de tiroides y cáncer metastásico (hueso), por citar algunos ejemplos.

Estas se pueden evaluar visualmente en cada uno de los planos ortogonales fusionados, o independientes y de forma semicuantitativa mediante la determinación del SUV en la región específica deseada.

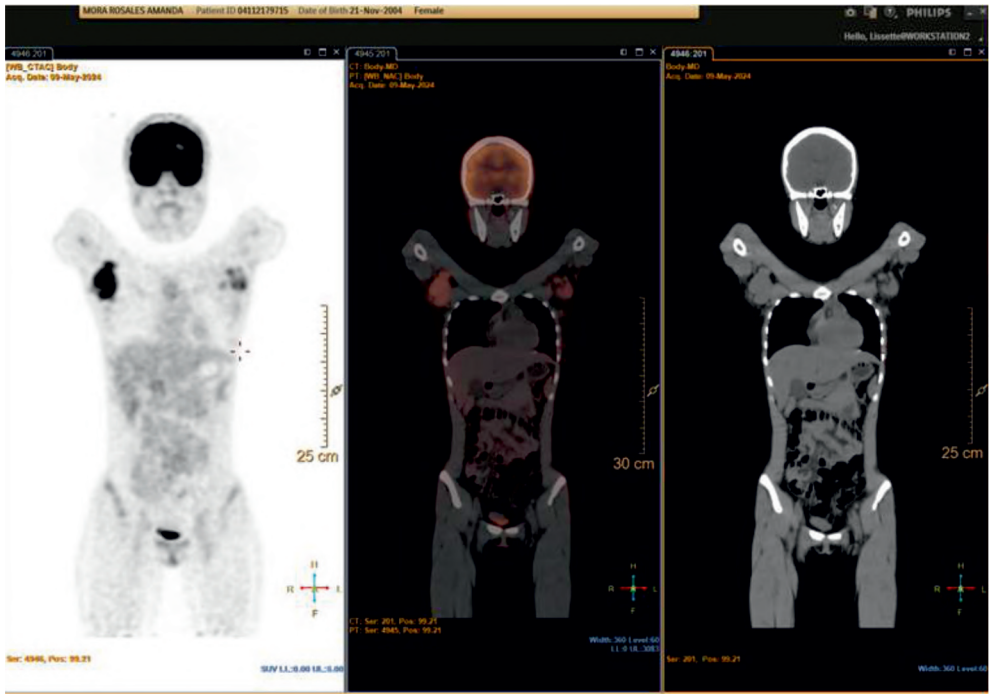


Fig. 4.1. Estudio PET/CT con ^{18}F -FDG para diagnóstico de linfoma Hodgkin.

Fuente: Hospital Clínico Quirúrgico Hermanos Ameijeiras.

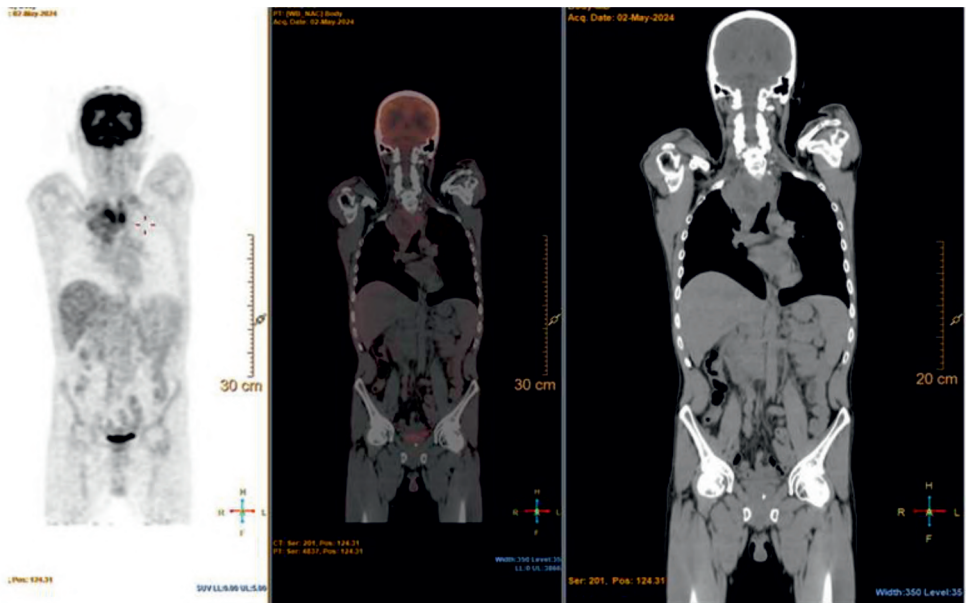


Fig. 4.2. Estudio PET/CT con ^{18}F -FDG para diagnóstico de carcinoma diferenciado de tiroides.

Fuente: Hospital Clínico Quirúrgico Hermanos Ameijeiras.

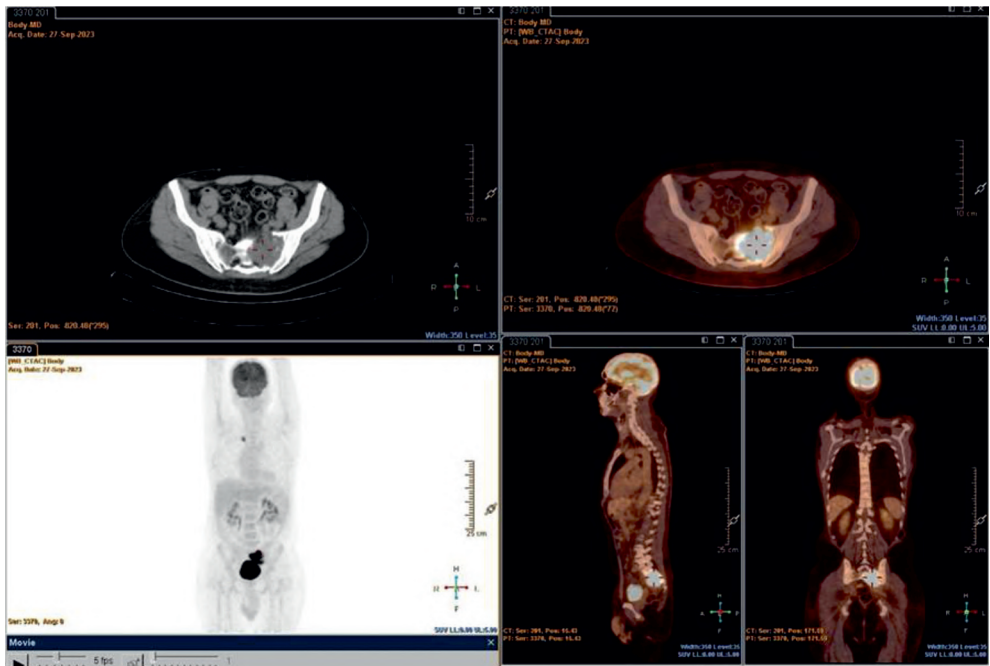


Fig. 4.3. Estudio PET/CT con ^{18}F -FDG. Lesión metastásica en pelvis ósea.

Fuente: Hospital Clínico Quirúrgico Hermanos Ameijeiras.

Documentación del estudio

Registro médico con nombre y apellidos del paciente, número de historia clínica y fecha del estudio.

Interpretación. La distribución normal y la acumulación anormal del radiofármaco deben ser visualizadas y evaluadas.

Imagen normal:

- Se observa acúmulo importante en el cerebro, el miocardio y en el sistema genitourinario, en el anillo de Waldeyer, la grasa parda. Mama y pezón en madres lactantes y bajo hormonoterapia. En el timo, en pacientes jóvenes, en los ovarios durante la ovulación, endometrio en periodo menstrual y en los testículos.
- Hay que tener en cuenta otras captaciones que no se catalogan de patológicas, ya que no se deben a lesiones provocadas por el proceso tumoral, como por ejemplo en tratamiento con QT o con factores estimulantes de colonias granulocíticas, distribución heterogénea en hígado y en bazo, actividad aumentada en intestino, esófago y estómago.
- Como variante de la normalidad, puede existir captación difusa en el marco cólico en relación con el uso de metformina, captación uniforme en la médula ósea, que puede aumentar en pacientes que han recibido tratamiento con QT; captación aumentada en los músculos de pacientes que han realizado ejercicio previo: brazos, piernas, diafragma, musculatura paravertebral, músculos laríngeos, motores oculares externos, base de la lengua etc.

Imágenes anormales:

- Se observan en los tipos de tumores que pueden presentar captaciones bajas. Además de los de bajo grado algunos tipos anatomopatológicos, como los mucinosos, adenocarcinoma pulmonar (incluyendo carcinoma bronquiolo-alveolar), linfoma del manto y MALT, carcinoma renal de células claras, hepatocarcinoma o metástasis óseas esclerosas.
- En procesos inflamatorios, infecciosos y fracturas por tratarse de una técnica altamente sensible.

Para la interpretación de las imágenes se utiliza el SUV_{máx}, que es un índice semi-cuantitativo de la actividad metabólica de los tejidos que valora la captación del tejido en función de la dosis del radiofármaco administrado y el peso del paciente. El valor umbral de benignidad/malignidad depende del equipo, pero se ha establecido entre 2,5 a 3. No obstante es utilizado como algo relativo, teniendo en cuenta el contexto clínico del paciente. Se debe:

- Describir la localización, extensión y intensidad de las captaciones anormales.
- Describir los hallazgos morfológicos relevantes en las imágenes de CT relacionados con las captaciones anormales en PET.
- Describir cualquier hallazgo incidental detectado en las imágenes de CT relevante para el cuidado del paciente.
- Identificar cuando sea apropiado, los factores que pueden limitar la sensibilidad y especificidad del estudio (ej.: lesiones pequeñas o procesos inflamatorios).
- Comparar cuando sea posible, los resultados con estudios previos de PET/CT realizados al mismo paciente.
- Señalar la comparación de la extensión y la intensidad de las captaciones como enfermedad metabólica progresiva, enfermedad metabólica estable, respuesta metabólica parcial o respuesta metabólica completa, cuando el PET/CT es realizado para monitorear la terapia.

Reporte médico. Indicaciones:

- Será confeccionado por un médico nuclear entrenado y certificado de conjunto con un especialista en Imagenología para lograr un reporte único.
- Incluir el radiofármaco utilizado, la dosis, la vía de inyección, el período de espera, la historia clínica y las razones por las cuales fue referido el paciente para su estudio. Aclarar siempre si se utilizó sedación o cualquier tipo de contraste.
- Describir un estimado de la intensidad de las captaciones (leves, moderadas o intensas), en relación con el estándar de referencia normal.
- Incluir el análisis comparativo en caso de que existan estudios previos.
- La conclusión debe responder la interrogante clínica del médico remitente y reflejar el nivel de seguridad de lo consignado en el reporte, el establecimiento de algún diagnóstico diferencial que corresponda y, si fuera necesario, la recomendación de repetir el estudio en un periodo de tiempo determinado.

Fuentes de errores:

- Hallazgos falsos positivos.
- Captaciones fisiológicas descritas anteriormente.
- Procesos inflamatorios.
- Inflamación posquirúrgica, infección o hematoma en sitio de biopsia o de amputación, posirradiación (neumonitis radiogena), posquimioterapia, granulomatosis, sitio de ostomía (ej: tráquea o colon) y tubos de drenaje, sitio de inyección, tiroiditis, esofagitis, gastritis o enfermedad infamatoria del intestino, pancreatitis aguda y ocasionalmente la crónica, osteomielitis, fracturas recientes o prótesis, adenitis etc.
- Neoplasias benignas
- Artefactos (mala alineación entre el PET y el CT producen artefactos de corrección de atenuación). Las imágenes de PET sin corrección de atenuación fusionadas con CT, pueden ayudar a identificar este artefacto.

Hallazgos falso negativos:

- Lesiones pequeñas (menor que dos veces la resolución espacial del sistema), necrosis tumoral, terapia con esteroides a altas dosis, hiperglicemia o hiperinsulinemia, algunos tumores de bajo grado o bien diferenciados (ej.: prostático, neuroendocrinos), tumores con grandes componentes mucinosos.

Tabla 4.1. Resumen del protocolo de exploración de PET-CT de cuerpo con ^{18}F -FDG

Exploración	PET-CT cuerpo con ^{18}F -FDG
Tipo	Diagnóstico
Patología	Oncología
Indicaciones	Localización de tumores sólidos y hematológicos con avidéz por los azúcares, sus recurrencias y sus metástasis Tumores de origen desconocido Fiebre de origen desconocida En cardiología para la evaluación de viabilidad miocárdica
Contraindicaciones	Embarazo Desechar la leche materna 12 h tras la administración RF Si el paciente ha recibido QT la exploración deberá realizarse como mínimo 3 semanas después de finalizada Si el paciente ha recibido RT la exploración se deberá realizar como mínimo tres meses después de finalizada
Interacciones	Corticosteroides Eritropoyetina Factores estimulantes de colonias

Tabla 4.1. (cont.)

Exploración	PET-CT cuerpo con ¹⁸ F-FDG
Tipo	Diagnóstico
Observaciones	Ayuno de 4-6 h previo a inyección de Rf Glucemia menor a 180 mg/dL Es importante tener información de exploraciones previas realizadas al paciente
Radiofármaco	¹⁸ F-FDG
Dosis	Adultos: 1 mCi cada 10 kg de peso Niños: 2,96-5,2 MBq/kg (0,08-014 mCi/kg)
Forma de administración	Intravenosa canalizando la vía para lavado posterior con suero fisiológico Tras la administración el paciente deberá permanecer en reposo durante 60 min en una sala blindada
Dosimetría	Dosis total efectiva de 7,6 mSv + CT para dosis de 185 MBq – 5 mCi y un peso de 70 kg
Inicio exploración	60 min después de la inyección con el RF
Preparación del paciente	Micción previa a las adquisiciones Deshacerse de objetos metálicos: monedas, cinturón, etc.
1.ª adquisición: tardía	CT SCOUT (topograma), permite detectar objetos metálicos y sirve para delimitar la zona a explorar (90 s)
2.ª adquisición: tardía	CT de la zona seleccionada (normalmente 7 beds) parámetros predefinidos (3 a 4 min)
Inicio exploración	Inmediatamente tras terminar el SCOUT
3.ª adquisición: tardía	PET
Inicio exploración	inmediatamente tras terminar el CT
Protocolo de exploración	PETCT_FDG_CUERPO
Tipo de exploración	PET-CT estática
Modo	3D
Orientación del paciente	Cráneo-Caudal brazos arriba de la cabeza
Ventana	511 keV
Matriz	256 x 256
Zoom	2

Controles

El jefe de departamento, del área técnica y el médico a cargo del estudio, así como los miembros del grupo de calidad de Medicina Nuclear, verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento, y el registro de los pasos realizados para que puedan ser auditados.

Observaciones

- La dosis del radiofármaco se coloca en la jeringuilla que está en el contenedor de traslado.
- La tapa del contenedor de traslado debe portar una etiqueta que contiene la identificación del paciente (iniciales), el valor de la actividad medida después de dispensada y la hora de medición.
- En caso de detectar contaminación en alguna superficie, el especialista a cargo del área debe dejar una indicación visible según y notificar al jefe técnico.
- En caso de contaminación en superficies se debe realizar la descontaminación correspondiente.
- En caso de contaminación de TOE, se debe pasar inmediatamente al cuarto con baño predestinado para los accidentes radiológicos, y proceder a lavarse cuidadosamente y con abundante agua la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel. Si las ropas son salpicadas con radioactividad, proceder a cambiarse el pijama y colocar el dañado en un recipiente blindado para ser descontaminado posteriormente.
- Reflejar en el registro de incidencias cualquier anomalía o incidencia durante el proceso de administración, antes o durante la adquisición.
- En caso que el procedimiento ejecutado se desvíe parcial o completamente de las instrucciones dadas en este PNO, regístrelo como incidencia y aclare explícitamente el nombre completo y número de carnet de identidad del paciente, la desviación realizada y la justificación de la misma.

Documentación asociada

- Ficha de proceso de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos posadministración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: Descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: Descontaminación de TOE.

- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de PET/CT.
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
- Registro de administración de dosis.
- Registro de estudios realizados en el equipo.
- Base de datos de estudios realizados en el equipo.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de salida de los informes de PET/CT.

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios PET/CT con ^{18}F -FDG para la detección de carcinomas renales

Objetivo

Estandarizar en los departamentos de Medicina Nuclear con sistemas híbridos la realización, interpretación y reporte de estudios PET/CT con ^{18}F -FDG en carcinomas renales.

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones para el desarrollo de los estudios PET/CT con ^{18}F -FDG en los departamentos de Medicina Nuclear del Sistema Nacional de Salud.

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones:

- Carcinoma de células renales.
- Oncocitoma.
- Carcinoma de células transicionales.

El uso de ^{18}F -FDG en la evaluación de los tumores renales primarios es controversial, debido a la captación fisiológica del radiofármaco en los riñones. Los estudios que se han publicado reportan una sensibilidad del 53-62 %, siendo mayor en los carcinomas renales de alto grado. La efectividad se incrementa en la detección de metástasis y recurrencias (valoración de masas detectadas por otras técnicas de imagen).

En caso de tumores mayores de 3 cm, con riesgo de compromiso ganglionar o siembra a distancia, el PET/CT representa una herramienta útil para detectar pequeños ganglios retroperitoneales que pueden resultar negativos o dudosos a la TC y metástasis a distancia adicionales al estudio tradicional, particularmente lesiones óseas en huesos largos, que no son poco frecuentes en estas neoplasias.

Contraindicaciones: embarazo.

Términos y definiciones

PET/CT: Modalidad de imagen híbrida que fusiona las imágenes obtenidas a través de la tomografía por emisión de positrones y la tomografía computarizada (CT), esta última para realizar corrección de atenuación y para una mayor precisión en la localización e interpretación de las captaciones patológicas de radiofármaco.

Radiofármaco: ^{18}F -FDG molécula de glucosa marcada con ^{18}F que por los transportadores GLUT se incorpora al interior de la célula donde queda atrapada. Existirá mayor captación en los tejidos metabólicamente más activos.

Responsabilidades

Del técnico(a):

- Orientar y preparar al paciente sobre el examen que se va a realizar acorde al estudio indicado.
- Mantener el local con las condiciones técnicas y educativas establecidas para la realización de estos exámenes, se puede apoyar con materiales e instructivos didácticos.
- Velar por el completamiento del consentimiento informado con la firma incluida.
- Realizar la dosificación y administración del radiofármaco.
- Realizar de manera correcta la adquisición de la imagen.
- Preparar las imágenes para informar.

Del enfermero(a):

- Garantizar la disponibilidad de material gastable, medicamentos y lencería que necesite el paciente.
- Participar activamente en la supervisión médica del paciente y su auxilio inmediato.

Del radiofarmaceuta:

- Garantizar el manejo correcto del radiofármaco.

Del médico:

- Jerarquizar la clasificación de la indicación médica y su autorización.
- Participar en la confección del informe médico (constituye un documento médico-legal).
- Revisar, corregir, aprobar y firmar el informe médico, como máximo responsable del proceso.

Secretaria:

- Entregar y archivar el informe.

Condiciones de seguridad

Todas las operaciones con sustancias radiactivas deben cumplir las instrucciones y procedimientos relacionados con las diferentes operaciones que garantizan el cumplimiento de las disposiciones de Protección Radiológica y buena práctica clínica establecidas.

El marcaje se debe realizar cumpliendo las condiciones de asepsia y antisepsia determinadas en las Buenas Prácticas Clínicas.

Se debe mantener la vigilancia del funcionamiento adecuado del calibrador de dosis y del equipo PET-CT, a través del cumplimiento satisfactorio del programa de control de calidad previsto.

Recursos humanos, equipamiento, materiales y reactivos

Recursos humanos requeridos: médicos, técnicos, enfermeros y radio-farmacéuticos.

Equipamiento: activímetro o calibrador de dosis, equipo híbrido PET-CT.

Materiales: jeringuillas estériles, algodón, alcohol para uso clínico, papel absorbente y jabas de nylon, contenedor de plomo.

Locales: las operaciones se realizarán en los locales establecidos para cada una de ellas: la administración del radiofármaco se realizará en el local de administración de dosis; la adquisición y procesamiento de las imágenes en el local establecido y la confección del informe se mecanografía e imprime en el local designado.

Procedimientos

Preparación del paciente:

- Orientar una dieta con alto contenido de proteínas y pocos carbohidratos durante las 24 h previas a su estudio.
- Indicar la no realización de ejercicios extenuantes durante las 24 h previas a su estudio (incluyendo masajes profundos).
- Recomendar que se tome un sedante antes de dormir, el día previo al estudio.
- Indicar el consumo de una merienda con alto contenido de proteínas la noche anterior antes de dormir, si su cita es en la mañana, y si es en la tarde recomendar un desayuno rico en proteínas (huevo, queso, embutidos, atún, sardinas, etc.; leche o yogurt sin azúcar).
- Tomar sus medicamentos habituales o indicados la mañana del estudio con agua y sin glucosa.
- Mantener ayuno durante las 6 h previas al estudio (no ingerir alimentos, ni bebidas azucaradas, no goma de mascar, caramelos, ni nada que contenga azúcar); solo puede beber agua común no saborizada, no té, ni café hasta realizar el estudio. ya que podría alterar los resultados del examen.
- Realizar un examen de glucemia en su dedo, cuyos valores deben ser inferior a 11.1 mmol/L para poder ejecutar el estudio.
- Beber al menos 500 mL de agua tras la administración de ^{18}F -FDG y orinar momentos antes de iniciar la adquisición de las imágenes, para reducir la concentración de ^{18}F -FDG en la orina y su acumulación en el tracto urinario. En caso de acumulaciones de dudosa valoración en la pelvis, está indicado la realización de imágenes tardías 2 a 3 h después, tras la rehidratación del paciente con al menos otros 500 mL de agua, para forzar la diuresis y reducir aún más la concentración de ^{18}F -FDG en la orina. Se

ha propuesto como una alternativa además, la administración de diuréticos (furosemina) para forzar la diuresis, incluso la hidratación vía parenteral. Otro aspecto a tener en cuenta es la preparación del intestino, ya que la administración de contraste oral diluido puede mejorar la definición de las asas intestinales sin inducir la aparición de artefactos significativos.

Recepción del paciente:

- Solicitar la indicación del estudio y revisar la aprobación por el médico nuclear del servicio, en la consulta de clasificación previa.
- Notificar al personal de enfermería la llegada del paciente.
- Conducir al paciente a la consulta médica para la entrevista con el médico nuclear.
- Solicitar al paciente el consentimiento informado debidamente firmado.
- Comprobar que coincida el peso y talla del paciente con el registrado en la consulta de clasificación. En caso de ser diferente, remitirse al médico nuclear para la modificación de la actividad a administrar en función del peso del paciente.
- Determinar los niveles de glucosa en sangre si el radiofármaco a utilizar es FDG-18, si los niveles no se corresponden con los valores normales informar al médico nuclear para tomar las medidas pertinentes.
- Llevar al paciente al local de cambio de ropa para que se ponga el pijama. El personal acompañante deberá permanecer en la recepción del servicio.
- Canalizar una vía para la administración del radiofármaco.
- Conducir al paciente a uno de los cuatro cuartos de reposo donde le será administrado el radiofármaco.
- Trasladar la mesa mayo con la cubeta plomada que contiene la jeringuilla con el protector plomado hasta el sillón o la cama donde se encuentra el paciente.
- Administrar el radiofármaco al paciente.
- Medir en el activímetro la actividad remanente en la jeringuilla después de administrado el producto.
- Monitorear al paciente en el monitor por el circuito cerrado de televisión y asistirlo en caso que sea necesario.
- Indicar al paciente que orine en el baño destinado para él en la zona controlada durante el reposo y antes de pasar al local del PET-CT, para la adquisición de las imágenes a los 60 min aproximadamente.
- Conducir el paciente al local de espera ubicado en la zona controlada hasta que se complete la revisión de las imágenes adquiridas.
- Regresar al paciente al local de reposo en caso de requerir una imagen tardía.
- Indicar al paciente que puede proceder al cambio de ropa una vez concluido el estudio y conducirlo hasta la recepción.
- Informar la fecha de recogida del informe si es un paciente de otra institución de salud.
- Cumplir las medidas para garantizar la seguridad en la manipulación y administración del radiofármaco.

Radiofármaco

- ^{18}F -fluoro-2-deoxyglucose (FDG).
- Dosis: 3,7–5,2 MBq/kg (0,10–0,14 mCi/kg) con un mínimo de 26 MBq (0,7 mCi).
- Forma de administración: vía intravenosa.

Protocolo de adquisición

PET: puede variar según la enfermedad que se sospeche, se puede adoptar un protocolo único aplicable a la mayoría de las enfermedades, que incluye desde la base del cráneo hasta el tercio medio de los muslos.

CT: se adquiere en la misma posición del PET, el paciente se acostará con los brazos elevados para evitar artefactos en el CT, a no ser que la enfermedad de base lo impida o el médico nuclear decida cambiar el protocolo. Los márgenes del CT en el marco de los estudios FDG PET/CT típicamente consisten en un topograma y una o múltiples tomografías computarizadas helicoidales. Los parámetros de adquisición de CT (p. ej., corriente del tubo, voltaje, corte espesor, tiempo de rotación y paso) deben elegirse teniendo en cuenta el objetivo del examen de TC (p. ej., atenuación (CTAC), localización anatómica o CT para diagnóstico adicional).

Procesamiento de imágenes

Cualquier aumento de la captación del radiofármaco (hipermetabolismo) por encima del fondo y no fisiológico, es considerado patológico. La captación anormal puede describirse de manera cualitativa (leve, moderada, severa) y semicuantitativa en términos de SUV, para este fin puede ser útil guiarse por el fondo del hígado.

Documentación del estudio

El médico especializado en Medicina Nuclear supervisará la adquisición, revisará la orden del examen y después de adquirido el estudio, realizará las preguntas que estime conveniente al paciente o acompañante, con el objetivo de aclarar cualquier duda que pueda favorecer la interpretación de este. Una vez concluida la adquisición de las imágenes, se procederá a salvar el estudio. Se levantará al paciente y se le indicará la fecha en que puede recibir el resultado del proceder diagnóstico.

Reporte médico:

- Es esencial chequear la calidad de las imágenes y factores que pueden influir en el SUV.
- Estudio normal: es el que muestra distribución fisiológica del ^{18}F -FDG.
- Estudio no útil para diagnóstico: es el que presenta defectos técnicos durante cualquiera de los procedimientos del estudio.
- Estudio positivo: es cuando se aprecia cualquier foco hipermetabólico (captación superior al fondo) que no sea considerado fisiológico. La captación anormal puede ser

descrita cualitativamente en leve moderada o severa, o semicuantitativa mediante el SUV. Cualquier hallazgo debe ser comparado con las imágenes de CT.

- En caso de que se detecte una anomalía en el CT, se debe comparar con las imágenes PET, y si no se observa captación patológica, de igual manera debe ser reportado en el informe final.
- Los pasos realizados con el paciente deberán ser trazables y son controlados en cada etapa (indicación, revisión del especialista en Medicina Nuclear, instrucciones, consentimiento informado, turno, asistencia del paciente, administración de dosis, toma de imágenes o realización de estudio, procesamiento, elaboración del informe, transcripción, verificación del informe y entrega). La redundancia de responsables y la verificación cruzada de diferentes especialistas y profesionales garantiza la disminución de riesgos y la detección de errores.
- El responsable del laboratorio de radiofarmacia verificará el cumplimiento de las disposiciones de preparación, control y administración del RF en cada registro.
- El médico especialista supervisará todo el proceso y quedará plasmada la administración en el registro de administración de dosis, así como la adquisición de imágenes en el registro de pacientes del equipo correspondiente.

Controles

Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes de los servicios de medicina nuclear para que puedan ser verificados.

El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones

Es necesario recoger los antecedentes del paciente, resultados de estudios recientes, y tratamientos utilizados. Además de reflejar en el modelo del paciente, cualquier situación que se presente durante el estudio.

Documentación asociada

- Ficha de proceso de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.

- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOEs.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de equipo PET/CT.
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
- Registro de administración de dosis.
- Registro de estudios realizados en sistema PET/CT.
- Base de datos de estudios realizados en PET/CT.
- Base de datos con los informes médicos de PET/CT.
- Registro de salida de los informes de PET/CT.

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios PET/CT GA68 DOTA (TATE, TOC, NOC)

Objetivo

Establecer el procedimiento de ejecución, interpretación y reporte de la exploración PET/CT con Ga68DOTA (TATE, TOC, NOC) en tumores neuroendocrinos (TNE). El cumplimiento de estas pautas permite garantizar la obtención de estudios de PET/CT de adecuada calidad diagnóstica en la práctica clínica.

Alcance

El presente documento proporciona una herramienta dirigida a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los resultados de estudios PET/CT en pacientes con diagnóstico de TNE con Ga68 DOTA.

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones:

- Las instrucciones dadas en este PNO están dirigidas a la realización de exploraciones PET/CT con Ga68 DOTA (TATE, TOC, NOC) en los TNE, para la obtención de imágenes que usualmente tienen una elevada expresión de receptores de somatostatina.
- Caracterizar el tumor primario y detectar sitios metastásicos (estadiamiento).
- Realizar el seguimiento a pacientes con enfermedad conocida para detectar enfermedad residual, recurrente o progresiva (re-estadiamiento).
- Identificar el tumor primario en aquellos casos que se presentan como tumores metastásicos sin primario conocido.
- Determinar receptores de somatostatina (SST) de forma cualitativa (visual) y semicuantitativa (SUV).
- Seleccionar pacientes con enfermedad metastásica candidatos a terapia con ^{177}Lu o ^{90}Y -DOTA-péptidos.

Contraindicaciones

Absolutas: ninguna.

Relativas: embarazo, lactancia, falta de cooperación o incapacidad para cooperar, con el procedimiento.

Términos y definiciones

PET/CT con ⁶⁸Ga-DOTATATE: es un estudio por imágenes que se realiza para evaluar la expresión de receptores SST en tumores y metástasis, basado en la elevada afinidad de este radiofármaco por estos receptores.

Tumores neuroendocrinos (TNE): son neoplasias originadas en las células del sistema endocrino difuso, principalmente en el sistema gastroentero-pancreático y pulmonar. Se caracterizan por producir diferentes péptidos y aminor biógenas que originan cuadros endocrinológicos específicos, usualmente tienen un crecimiento lento al ser comparadas con otras neoplasias. La mayoría de ellos sobre-expresan receptores para la somatostatina (SST) y los péptidos radiomarcados (análogos de somatostatina con radionúclidos) y han demostrado ser una herramienta invaluable en el diagnóstico y tratamiento de los tumores neuroendocrinos. Se reporta que la exactitud de la tomografía por emisión de positrones (PET) con análogos de somatostatina marcados con galio⁶⁸ (Ga⁶⁸) es del 96 %, lo que evidencia que es significativamente mayor que la de la tomografía computarizada, (75 %), y la del OctreoScan® con indio-111 DOTATOC (58 %).

Tomografía por emisión de positrones (PET): es una técnica no invasiva de diagnóstico e investigación por imagen in vivo, que mide la actividad metabólica del cuerpo humano mediante la detección y análisis de la distribución tridimensional que adopta en el interior del cuerpo, un radiofármaco administrado a través de una inyección intravenosa.

Tomografía por emisión de positrones combinada con tomografía computarizada por rayos X (PET-CT): es la combinación de una imagen de tomografía por emisión de positrones (PET) con una de tomografía computarizada por rayos X (CT). Las dos técnicas aportan distinta información sobre el cuerpo humano. La PET es una prueba que permite obtener imágenes de la función celular para evidenciar las diferencias entre el tejido sano y el enfermo, mientras que la CT aporta imágenes que permiten la localización anatómica precisa de las anomalías observadas en el PET.

Fundamento: El radiofármaco a utilizar es el Ga⁶⁸ (Ga⁶⁸-DOTATATE, TOC, NOC), se obtiene de un generador Ge-68/Ga-68 disponible comercialmente y su vida media es de 68 min. La larga vida media del isótopo padre Ge-68 (270,8 días) hace posible utilizar el generador por un periodo de 9 a 12 meses. La estructura de los Ga⁶⁸ Dota péptidos consta de un isótopo emisor de positrones (⁶⁸Ga), un quelante (DOTA) y un ligando del receptor de somatostatina (TATE, TOC, NOC), los cuales se unen con diferente afinidad a estos receptores. Hasta el momento se han identificado cinco tipos de receptores (SSSR 1, 2, 3, 4, 5). Todos los radiotrazadores pueden ligarse a los SSSR 2 y 5 y únicamente el Ga⁶⁸ DOTANOC tiene afinidad por el SSSR 3. La exactitud diagnóstica es comparable

para todos, su sensibilidad global es del 90-98% y la especificidad del 92-98%. La captación del RF esta correlacionada directamente con la expresión tumoral de receptores de somatostatina.

Responsabilidades

Jefe técnico y jefe de departamento de Medicina Nuclear:

- Verificar el cumplimiento de las acciones descritas en este procedimiento.
- Comprobar que el personal bajo entrenamiento realice los procedimientos bajo supervisión.
- Controlar que se cumplan las medidas de protección radiológica.

Personal médico del departamento:

- Valorar la solicitud de exploración PET/CT.
- Interrogar al paciente para conocer si está bajo tratamiento con análogos de somatostatina fríos de acción corta o prolongada. Para una apropiada interpretación del estudio es esencial contar con una historia clínica lo más completa posible, y considerar los hallazgos proporcionados por otras modalidades diagnósticas.
- Emitir la autorización para la realización de la exploración mediante la firma y cuño en la solicitud de estudio del paciente.
- Dirigir al médico referente una nota explicativa escrita al dorso de la indicación del estudio, en caso que sea rechazada la solicitud.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio y estar atento a las complicaciones médicas que ocurran durante este período.
- Evaluar la necesidad de sedación y el uso de medios de contraste.
- Revisar la calidad de las imágenes PET/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes PET/CT y confeccionar el reporte médico.

Técnico o tecnólogo a cargo de la reserva de los turnos:

- Recibir las solicitudes de estudio y entregarlas al médico del departamento de Medicina Nuclear para valorar su justificación.
- Informar las recomendaciones especiales, necesarias para el paciente. No es aconsejable que el estudio se realice mientras el paciente está en tratamiento con análogos de la somatostatina fríos, siendo recomendable realizarlo los días previos a la siguiente dosis.
- Realizar la reserva del turno para el estudio, previo autorizo mediante firma y cuño de un médico del departamento de Medicina Nuclear.
- Comunicar al paciente o tutor la fecha de la cita.
- Brindar al paciente la información por escrito necesaria para la preparación previa al estudio.
- Entregar al paciente o tutor (en caso de rechazo de la solicitud de estudio) la nota explicativa del médico nuclear al de referencia donde se explican las causas de la no aprobación del estudio.

Técnico o tecnólogo a cargo de la administración del radiofármaco:

- Explicar a los pacientes los detalles del procedimiento y las normas que se deben cumplir para garantizar la seguridad radiológica dentro y fuera de la instalación.
- Entregar y recoger el formulario de consentimiento informado firmado por el paciente o tutor.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el proceso de entrada al salón de espera de los no inyectados, y la administración del radiofármaco hasta la adquisición de las imágenes.
- Registrar las incidencias relacionadas con los pacientes durante todo el período.
- Realizar las pruebas de chequeo de rutina del activímetro y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o al físico médico si se constata desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad del activímetro.
- Determinar la pureza radioquímica del radiofármaco antes de la inyección, según las instrucciones del fabricante.

Técnico o tecnólogo a cargo de la adquisición de imágenes:

- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Realizar las pruebas de rutina del PET/CT y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o a un físico médico, en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad del equipo.

Personal de enfermería:

- Recepcionar al paciente el día del estudio.
- Indagar sobre el cumplimiento de la preparación previa.
- Acomodar al paciente en el local de inyecciones.
- Realizar la canalización de la vía intravenosa del paciente y dejarlo preparado para la administración del radiofármaco.
- Atender cualquier emergencia médica que se presente.

Físico médico:

- Realizar las pruebas de rutina del PET/CT y registrar los resultados.

Jefe del área técnica:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.
- Controlar que se cumplan las medidas de Protección Radiológica.

Condiciones de seguridad

- Realizar el estudio PET/CT, solo si la solicitud fue aprobada por un médico del departamento de Medicina Nuclear mediante firma y cuño de la indicación.

- Vigilar el cumplimiento del uso de los medios de protección del personal que labora, contra la contaminación radiactiva.
- Asegurar que el uso del dosímetro personal TLD corporal y de extremidades estén debidamente colocados.
- Comprobar que el técnico o tecnólogo encargado de la administración del producto radioactivo, realice las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del activímetro instalado en local de administración.
 - Verificar que el técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes realice las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del equipo PET/CT.
 - Comprobar en las mujeres en edad fértil, si la paciente está embarazada o está lactando antes de autorizar la solicitud del estudio. En estos casos el médico nuclear será el responsable de decidir si se realiza o no el proceder, teniendo en cuenta las siguientes precauciones:
 - Mujeres embarazadas: El PET/CT debe ser aplazado; sin embargo, no se considera contraindicación cuando el beneficio esperado del estudio, supera el riesgo de exposición a las radiaciones.
 - Lactancia materna: se recomienda evitar la lactancia 24 h posteriores a la administración del radiofármaco, siempre que sea posible.
- Cumplir las siguientes recomendaciones ante los diferentes tipos de contaminaciones:
 - Contaminación superficial: delimitar de manera inmediata la zona contaminada con papel absorbente, e informar inmediatamente al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear. El paciente se deberá mantener alejado de la zona contaminada hasta tanto se le den las instrucciones pertinentes.
 - Contaminación corporal del trabajador: proceder a lavarse cuidadosamente y con abundante agua, en un local con baño preestablecido para los casos de accidentes radioactivos, la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel, e informar al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
 - Contaminación corporal del paciente: indicar el lavado cuidadoso con abundante agua de la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel, e informar al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.

Recursos humanos

- Cumplir las funciones descritas en el PNO para los tecnólogos y médicos del departamento de Medicina Nuclear, entrenados en la realización de estudios PET/CT y con competencia demostrada.
- Efectuar procedimientos bajo supervisión para el caso del personal en entrenamiento.

Equipamiento, materiales y reactivos y locales

Locales: local de preparación del paciente e inyecciones. Unidad PET/CT.

Equipo: tomógrafo PET/CT.

- Activímetro: con certificado de calibración vigente emitido por el CENTIS en el período de realización de los estudios.
- Protectores de jeringuillas, para radiación gamma.
- Carro de administración, para el traslado de la jeringuilla con la dosis del paciente desde el transfer hasta el local de administración.
- Silla reclinable para acomodar al paciente durante la administración y el reposo post-administración.

Materiales y reactivos:

- Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente
- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.

Procedimientos

Recepción de la indicación y verificación de su justificación. Las instrucciones dadas en este epígrafe serán ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la reserva de los turnos de estudios PET/CT:

- Cumplir las indicaciones dadas en el procedimiento de recepción de la solicitud de estudio y verificación de su justificación.
- Ofrecer al paciente la fecha del examen PET/CT, después de estar debidamente autorizada por un médico del departamento de Medicina Nuclear.
- Explicar al paciente o al tutor las instrucciones de preparación previa al estudio y que deberá disponer de 1 h para la realización del procedimiento.
- Indagar si el paciente es alérgico al yodo u otras sustancias en caso de que esté previsto el uso de contraste yodado, y exigir el resultado de estudios relacionados con la función renal (creatinina).
- Precisar historia de claustrofobia y las posibilidades del paciente de mantener sus manos encima de la cabeza durante el estudio.
- Explicar al paciente o al tutor la importancia de asistir a la cita el día y la hora convenida, así como las instrucciones para re programar el turno en caso que ocurra alguna eventualidad que le impida asistir.
- Plasmar los datos del paciente en el registro de turnos de exploración PET/CT.
- Indicar al paciente que debe entregar al médico referente las indicaciones escritas por el médico nuclear al dorso de la solicitud de estudio, si esta es rechazada

Preparación del paciente. Acciones:

- Asistir a la cita con ropa cómoda, bien abrigado por el aire acondicionado existente en el local, y sin el uso de objetos metálicos, ya que pueden causar artefactos en la imagen de TC o atenuación en la imagen de PET.

- Ingerir un litro de agua, 2 h antes de la inyección del RF.
- Mantener la medicación prescrita con excepción de los análogos de la somatostatina fría.
- Precisar alergia a medicamentos y otras sustancias, específicamente el yodo.

Recomendaciones generales

- Administrar un diurético (furosemida 0,25 mg/kg peso) a los 30 min de la inyección del RF, en el caso de pacientes con tumor o sospecha de localización pélvica.
- Realizar estudio de imagen tardía a todo paciente con patología colon rectal u ovario, 2 o 3 h posinyección, para descartar captaciones fisiológicas.
- Utilizar la sedación si fuera estrictamente necesario o a criterio clínico. No existe razón para la administración rutinaria de sedantes como las benzodiazepinas de acción corta. En el caso de niños, la sedación puede ser necesaria dependiendo de la edad o el tipo de tumor.
- Mantener inmóvil al paciente en el PET o sistema PET-CT durante el examen (20 a 45 min).

Recepción del paciente el día del estudio. Acciones:

- Indicar al paciente que se dirija al salón de espera de los no inyectados después que reciba la indicación de la secretaria del departamento de Medicina Nuclear.
- Informar a los pacientes los detalles del estudio que se realizará y las normas que deben cumplir, para garantizar la seguridad radiológica dentro y fuera de la instalación.
- Verificar la identidad de los pacientes según la instructiva.
- Entregar el formulario de consentimiento informado del paciente o tutor.
- Registrar la información del peso y la talla del paciente.
- Determinar la actividad a administrar a cada caso.
- Anotar en el registro el valor de la actividad calculada.

Radiofármaco

- ⁶⁸Galio (Ga68) de administración intravenosa, con una vida media de 68 minutos y asociado a una molécula de transporte DOTA TATE, NOC, TOC.
- Generador ⁶⁸Ge/⁶⁸Ga: Equipo que proporciona radionucleidos a demanda de forma rutinaria, sin depender de un acelerador de partículas o reactor nuclear para ser utilizados en estudios de PET/CT.
- Vía de Administración: Intravenosa.
- Dosis: 100 - 200 Mbq.

Administración del radiofármaco. Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la administración del radiofármaco:

- Verificar la identidad del paciente según el procedimiento.

- Conducir al paciente al local de administración del departamento de Medicina Nuclear.
- Recoger el formulario de consentimiento informado firmado por el paciente o tutor antes de proceder a la administración del radiofármaco.
- Confeccionar una carpeta de estudios realizados según instructiva, si el paciente llega por primera vez al departamento.
- Recepcionar la información complementaria de uso médico necesaria para la interpretación y reporte del estudio, y colocarla en la carpeta de historia de estudios realizados.
- Indagar en caso de pacientes femeninas en edad fértil sobre posible embarazo o lactancia materna. Si respuesta afirmativa, solicitar la presencia del médico del servicio de Medicina Nuclear para informar la situación.
- Determinar la pureza radioquímica del radiofármaco antes de la inyección, según las instrucciones del fabricante.
- Solicitar la jeringuilla del paciente al técnico o tecnólogo responsable de la preparación de la dosis.
- Medir la actividad de la jeringuilla en el activímetro y comprobar que está en el rango aceptable ($\pm 10\%$ de la actividad solicitada).
- Plasmar la actividad medida y la hora en el registro de actividad administrada.
- En caso de que no se cumpla con el rango de aceptación, solicitar la preparación de una nueva dosis con la actividad prescrita y documentar la actividad medida y la hora de medición en el registro de actividad administrada, cuando reciba la nueva dosis.
- Administrar por vía endovenosa el radiofármaco según la instructiva.
- Orientar al paciente que debe comunicar cualquier malestar que sienta durante el intervalo de espera hasta la realización del estudio.
- Indicar al paciente que se dirija al local de espera de los inyectados y que permanezca en el mismo hasta el inicio del estudio.
- Avisar al paciente que va a iniciar la preparación para el estudio, si procede
- Reconocer cualquier incidencia que ocurra durante el tiempo post-administración y anotarla en el registro de incidencia

Protocolo de adquisición de imágenes

Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes.

- Llamar al paciente y verificar su identidad según el procedimiento.
- Indicar al paciente que se dirija al baño de los inyectados para evacuar el contenido vesical y así evitar que la vejiga llena oculte estructuras, degrade la calidad de imagen y se minimice la dosis de radiación que recibe el sistema urinario.
- Revisar si los objetos metálicos removibles fueron guardados.

- Avisar al paciente que se dirija al local de PET/CT.
- Recordar que la adquisición de las imágenes puede empezar entre los 45 a 90 min después de la inyección del radiofármaco, aunque la experiencia internacional y nacional sugiere la adquisición a los 60 min.

Posicionamiento:

- Convencional: brazos sobre la cabeza (si es tolerado por el paciente), de lo contrario los brazos deberán ir a ambos lados, ajustados con cintas para disminuir el movimiento y la fatiga muscular. Colocar un cojín debajo de las rodillas para no lastimar la espalda.
- Cuerpo entero: se recomienda para la búsqueda y evaluación de áreas de captación anormal, según clínica del paciente. Los brazos deben permanecer a los costados, ajustados con cintas para disminuir el movimiento y la fatiga muscular. Se debe colocar un cojín debajo de las rodillas para no lastimar la espalda.

Adquisición:

- Topograma.
- TC sin contraste: 140KV, 80mAs. Esta es de baja dosis, no es diagnóstica. Se utiliza como mapa anatómico y para corregir la atenuación del PET.
- PET: 15 a 18min.
- Imágenes adicionales (tardías): ayudan a mejorar la relación tumor-fondo y permiten apreciar la evolución del SUV, que si aumenta es sugestivo de malignidad.
- Contrastes yodados i.v.: son recomendados después de terminar el protocolo PET/TC habitual, para evitar artefactos en la corrección de la atenuación.
- Contraste oral, Gastrografín, se precisa: por su baja densidad y no produce artefactos en la reconstrucción de la imagen.
- Posteriormente se obtienen las imágenes de fusión de PET con TC sino con CIV.

Procesamiento de imágenes PET/CT:

- Las imágenes se reconstruyen automáticamente y se visualizan mediante la aplicación “Imagen Fusión” que posee varios protocolos de visualización (fig. 4.4).
- Las imágenes se pueden evaluar visualmente en cada uno de los planos ortogonales fusionadas, o independientes y semicuantitativamente mediante la determinación del SUV en la región específica deseada.

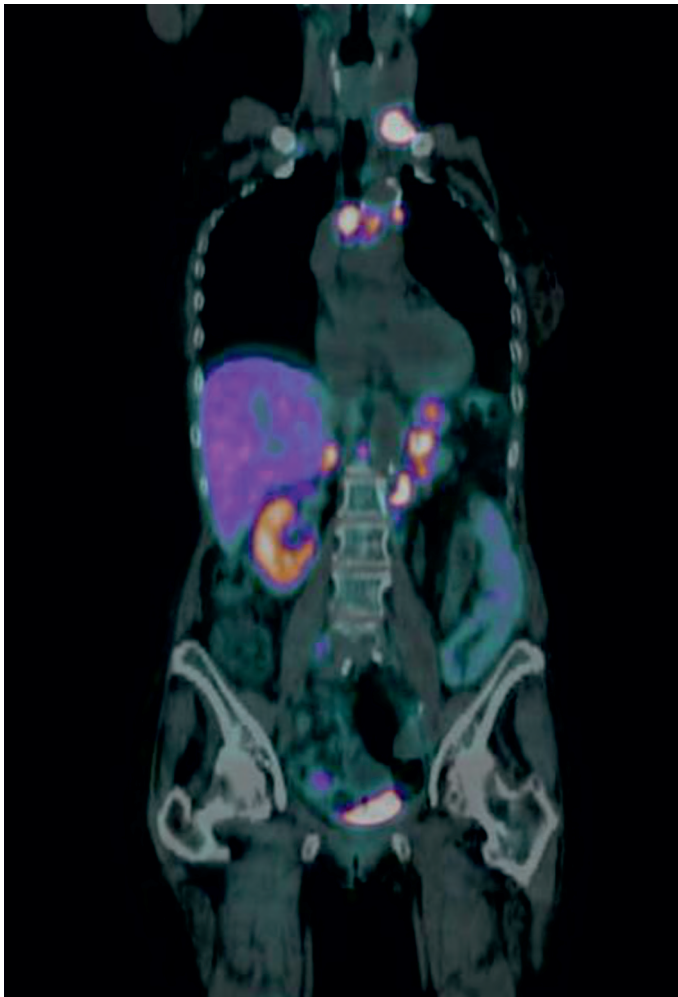


Fig. 4.4. Estudio PET/CT con ^{68}Ga -DOTATATE para diagnóstico de tumor neuroendocrino.

Fuente: Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología.

Documentación del estudio

Registro médico con nombre y apellidos del paciente, número de historia clínica y la fecha del estudio.

Interpretación de las imágenes

- La distribución normal y la acumulación anormal del radiofármaco debe ser visualizada y evaluada.
- Imagen normal: acúmulo importante del RF en hígado, bazo, hipófisis, tiroides, riñones, glándula adrenal, glándulas salivales, paredes gástricas, intestino y proceso ucinado del páncreas, sitios estos con expresión fisiológica de SST.
- Para la interpretación de las imágenes se utiliza el SUV_{máx}, que es un índice semicuantitativo de la actividad en relación directa con el número de SST en el tumor.
- Se debe tener en cuentas varios aspectos, tales como:
 - Describir la localización, extensión e intensidad de las captaciones anormales.
 - Referir los hallazgos morfológicos relevantes en las imágenes de CT relacionados con las captaciones anormales en PET.
 - Identificar cualquier hallazgo incidental detectado en las imágenes de CT relevante para el cuidado del paciente.
 - Identificar los factores que pueden limitar la sensibilidad y especificidad del estudio como los procesos inflamatorios.
- Siempre que sea posible comparar los resultados obtenidos con estudios previos de PET/CT realizados al mismo paciente.
- Cuando el estudio es realizado para monitorear la terapia, la comparación de la extensión y la intensidad de las captaciones, ayuda a señalar si se trata de enfermedad en progresión, enfermedad estable, respuesta parcial o completa (ver anexo IV).

Reporte médico

Indicaciones a cumplir:

- Será confeccionado por un médico nuclear entrenado y certificado de conjunto con un especialista en Imagenología para lograr un reporte único.
- Se incluirá el radiofármaco utilizado, la dosis, la vía de inyección, el período de espera, la historia clínica y las razones por las cuales fue referido el paciente para su estudio. Aclarar siempre si se utilizó sedación o cualquier tipo de contraste.
- Se debe describir un estimado de la intensidad de las captaciones (leve, moderado, o intenso), en relación con el estándar de referencia normal.
- En caso de que existan estudios previos, se deberá incluir un análisis comparativo.
- La conclusión debe responder la interrogante clínica del médico remitente y reflejar el nivel de seguridad de lo consignado en el reporte, el establecimiento de algún diagnóstico diferencial que corresponda y, si fuera necesario, la recomendación de repetir el estudio en un periodo de tiempo determinado.

Fuentes de errores:

- Hallazgos falsos positivos:
 - Captaciones fisiológicas descritas anteriormente.

- Procesos inflamatorios, por sobre expresión de SST en los linfocitos.
- Bazo accesorio.
- Hallazgos falsos negativos: lesiones pequeñas (menor que dos veces la resolución espacial del sistema), tumores moderada o pobremente diferenciados con Ki 67 por encima de 20.

Controles

El jefe de departamento, del área técnica, el médico a cargo del estudio, así como los miembros del grupo de calidad del departamento de Medicina Nuclear del INOR, verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento, y el registro de los pasos realizados para que puedan ser auditados.

Observaciones

- La dosis del radiofármaco se coloca en la jeringuilla que está en el contenedor de traslado.
- La tapa del contenedor de traslado debe portar una etiqueta con la identificación del paciente (iniciales), el valor de la actividad medida después de dispensada y la hora de medición.
- En caso de detectar contaminación en alguna superficie, el especialista a cargo del área debe dejar una indicación visible y proceder a informar de inmediato al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
- Si existiera una contaminación en superficies se debe realizar la descontaminación de inmediato la zona con papel adsorbente e informar al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
- En caso de contaminación de TOE se deberá actuar de inmediato pasando al trabajador a un cuarto con baño prediseñado para este propósito donde se lavará cuidadosamente y con abundante agua las zonas del cuerpo contaminadas, así como retirarse las ropas en caso de ser necesario y notificar al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
- Se debe reflejar en el registro de incidencias cualquier anomalía o irregularidad ocurrida durante el proceso de administración, antes o durante la adquisición de la imagen.
- Si el procedimiento ejecutado se desvía parcial o completamente de las instrucciones dadas en este PNO, deberá reflejarse como incidencia en el registro, con la aclaración explícita del nombre completo y carnet de identidad del paciente, la desviación realizada y la justificación de la misma.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.

- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOEs.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de PET/CT.
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
- Registro de administración de dosis
- Registro de estudios realizados en equipo.
- Base de datos de estudios realizados en equipo.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de salida de los informes de PET/CT.

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios PET/CT-PSMA con ^{68}Ga para cáncer de próstata

Objetivo

Establecer el procedimiento de ejecución, interpretación y reporte de las exploraciones PET/CT empleando ^{68}Ga -PSMA en pacientes oncológicos.

Alcance

Las instrucciones dadas en este PNO están dirigidas a la realización de exploraciones PET/CT con el empleo de ^{68}Ga -PSMA para las siguientes indicaciones médicas:

- Obtención de imágenes de tumores de próstata que usualmente tienen una elevada expresión del antígeno prostático específico de membrana (PSMA).
- Manejo de pacientes con tumores de próstata para:
 - Localización de tumores primarios y detección de sitios metastásicos (estadiamiento).
 - Diagnóstico de recurrencias con valores de PSA bajos (0,2-10 ng/mL).
 - Selección de pacientes con enfermedad metastásica candidatos a terapia con ^{177}Lu -PSMA.
 - Selección de pacientes sin enfermedad metastásica candidatos a radioterapia externa con IMRT.
 - Monitoreo de la respuesta al tratamiento sistémico en el cáncer de próstata resistente a castración metastásica.
 - Monitoreo de la respuesta a tratamiento sistémico con ^{177}Lu -PSMA en el cáncer de próstata resistente a castración metastásica.

Términos y definiciones

La exploración PET/CT con ^{68}Ga -PSMA es un estudio por imágenes que se utiliza para evaluar la expresión del antígeno prostático específico de membrana (PSMA) en el cáncer de próstata. Se basa en la sobreexpresión de este antígeno en los tumores de próstata y sus metástasis, especialmente en los de tipo indiferenciados o resistentes a castración.

Contraindicaciones:

- Absolutas: Ninguna.

Responsabilidades

Jefe técnico y del departamento de Medicina Nuclear:

- Verificar el cumplimiento de las acciones descritas en este procedimiento.
- Controlar que el personal bajo entrenamiento realice los procedimientos bajo supervisión.
- Vigilar que se cumplan las medidas de protección radiológica.

Personal médico:

- Valorar la solicitud de exploración PET/CT con ^{68}Ga -PSMA.
- Interrogar al paciente y emitir la autorización para la exploración PET/CT mediante su firma y cuño plasmado en la solicitud de estudio.
- Dirigir al médico referente una nota explicativa escrita al dorso de la solicitud de estudio, en caso de rechazo de la indicación.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio y atender las complicaciones médicas que ocurran durante este período.
- Revisar la calidad de las imágenes PET/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes PET/CT y confeccionar el reporte médico.

Técnico o tecnólogo a cargo de la reserva de los turnos:

- Recibir las solicitudes de estudio y entregarlas al médico del departamento de Medicina Nuclear para valorar su justificación.
- Reservar los turnos para la exploración PET/CT, solo si el estudio fue autorizado mediante firma y cuño de un médico nuclear del departamento.
- Informar al paciente o tutor la fecha de la cita.
- Dirigir al médico referente una nota explicativa escrita al dorso de la solicitud de estudio, en caso de rechazo de la indicación.

Técnico o tecnólogo a cargo de la administración del radiofármaco:

- Brindar al paciente la información necesaria relacionada con la administración del radiofármaco.

- Atender las solicitudes de los pacientes en la totalidad del proceso que incluye desde la entrada al salón de espera, durante la administración del radiofármaco y el intervalo de espera hasta la adquisición de las imágenes.
- Registrar las incidencias relacionadas con los pacientes durante todo el proceso.
- Realizar las pruebas de chequeo de rutina del activímetro y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o a un físico médico en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados, durante las pruebas de rutina de control de calidad del activímetro.

Técnico o tecnólogo a cargo de la adquisición de las imágenes:

- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Realizar las exploraciones PET/CT de acuerdo al protocolo establecido para cada radiofármaco.

Personal de enfermería:

- Recepcionar al paciente el día del estudio.
- Indagar sobre el cumplimiento de la preparación previa.
- Acomodar al paciente en el local de inyecciones.
- Realizar la canalización de la vía intravenosa del paciente y dejarlo preparado para la administración del radiofármaco.
- Atender cualquier emergencia médica que se presente.

Físico médico:

- Realizar las pruebas de rutina del PET/CT y registrar los resultados.

Condiciones de seguridad

- Reservar el turno del estudio PET/CT, solo si la solicitud fue aprobada por un médico del departamento de Medicina Nuclear mediante firma y cuño de la indicación.
- Vigilar el cumplimiento del uso de los medios de protección del personal que labora, contra la contaminación radiactiva durante la exploración PET/CT.
- Usar el dosímetro personal TLD corporal y de extremidades debidamente colocadas.
- Asegurar que el dosímetro personal TLD corporal y de extremidades esté debidamente colocados.
- Comprobar que el técnico o tecnólogo encargado de la administración del producto radioactivo, realice las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del activímetro instalado en local de administración.
- El físico médico deberá asegurarse que se han realizado las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del PET/CT.
- Verificar que el técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes realice las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del equipo PET/CT.

- Cumplir las siguientes recomendaciones ante los diferentes tipos de contaminación:
 - Contaminación superficial: delimitar de manera inmediata la zona contaminada con papel absorbente, e informar inmediatamente al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear. El paciente se deberá mantener alejado de la zona contaminada hasta tanto se le den las instrucciones pertinentes.
 - Contaminación corporal del trabajador: proceder a lavarse cuidadosamente y con abundante agua, la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel, e informar al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
 - Contaminación corporal del paciente: indicar el lavado cuidadoso con abundante agua de la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel, e informar al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.

Recursos humanos

- Tecnólogos y médicos del departamento de Medicina Nuclear acreditados como TOE y entrenados para la realización de estudios gammagráficos.
- El personal en entrenamiento realizará los procedimientos bajo supervisión de un técnico o tecnólogo con experiencia en la técnica utilizada.

Equipos y accesorios

Tomógrafo PET/CT Gemeni TF64.

Activímetro con certificado vigente de calibración emitido por el CENTIS en el período de realización de los estudios.

Protectores de jeringuillas para radiación gamma.

Carro de administración para el traslado de la jeringuilla con la dosis del paciente desde el transfer hasta el local de administración.

Silla reclinable para acomodar el paciente durante la administración y el reposo posadministración.

Materiales: Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.

Reactivos y soluciones:

- Solución hidro-alcohólica al 76 % para desinfectar la zona de punción intravenosa.
- Soluciones para la descontaminación radiactiva y para la preparación de soluciones descontaminantes.

Procedimiento

- Recepción de la indicación y verificación de su justificación.
- Las instrucciones dadas en este epígrafe serán ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la reserva de los turnos de exploraciones PET/CT.
- Cumplir las indicaciones dadas en el procedimiento de recepción de la solicitud de estudio y verificación de su justificación.
- Ofrecer al paciente la fecha del examen PET/CT, después de estar debidamente autorizada por un médico del departamento de Medicina Nuclear.

- Explicar al paciente o al tutor las instrucciones de preparación previa al estudio y que deberá disponer de 1 h para la realización del procedimiento.
- Explicar al paciente o al tutor la importancia de asistir a la cita el día y la hora convenida, así como las instrucciones para re programar el turno en caso que ocurra alguna eventualidad que le impida asistir.
- Plasmear los datos del paciente en el registro de turnos de exploración PET/CT.
- Entregar al paciente las indicaciones escritas por el médico nuclear del departamento de Medicina Nuclear, donde explica las causas de la no autorización del estudio, para su médico de referencia.

Preparación del paciente: no requiere preparación previa, ni ayuno.

Recepción del paciente el día del estudio. Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el personal de enfermería encargado de la recepción del paciente:

- Indicar al paciente que debe permanecer en el salón de espera del departamento de Imagenología.
- Llamar al paciente por su nombre y verificar su identidad según.
- Trasladar el paciente al local de consulta.
- Pesar y tallar al paciente y plasmar los resultados en el registro.
- Tomar los signos vitales y registrar los resultados en la indicación de estudio PET/CT.
- Trasladar al paciente al local de inyección cuando el médico nuclear termine la revisión.

Recepción del paciente en el local de consulta. Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el médico nuclear encargado de la recepción del paciente en el local de consulta:

- Interrogar al paciente y obtener información sobre:
 - Aspectos relevantes de la historia de su enfermedad.
 - Pruebas de laboratorio (incluyendo PSA).
 - Resultados de las pruebas de otras modalidades de imágenes
 - Información relativa a resultados de la biopsia, tratamientos recibidos con quimioterapia, radioterapia, y otros.
 - Historia de claustrofobia.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente.
- Explicar a los pacientes los detalles del estudio que se realizará y las normas que se deben cumplir para garantizar la seguridad radiológica dentro y fuera de la instalación.

Administración del radiofármaco ^{68}Ga -PSMA

Las instrucciones ejecutadas por el personal de enfermería encargado de acomodar al paciente y canalizar la vía de administración.

- Indicar al paciente cambiarse de ropa en el local de post-adquisición PET/CT.
- Trasladar al paciente al local de administración y acomodarlo en el sillón reclinable.

- Canalizar la vena.
- Administrar 20 mg de furosemida para favorecer la excreción urinaria de radiofármaco.
- Orientar al paciente mantenerse en reposo en el local de administración.
- Salir del local de administración
- Informar al técnico o tecnólogo de Medicina Nuclear que el paciente está listo para la administración del radiofármaco.

Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la administración del radiofármaco:

- Explicar brevemente al paciente el procedimiento de administración.
- Comunicar al paciente que permanecerá una hora aproximadamente en el local de administración, antes de la realización de la exploración PET/CT.
- Proceder a la administración del radiofármaco según la instructiva
- Completar en la hoja de servicio del estudio gammagráfico, las secciones de datos del paciente y de la información pertinente para la realización del estudio.
- Registrar en la hoja de servicio de estudios gammagráficos (en la sección datos de la administración) cualquier incidencia que ocurra durante el tiempo de post-administración.
- Colocar la hoja de servicio de estudios gammagráfico en la carpeta de estudios de Medicina Nuclear del paciente.

Exploración PET/CT con ^{68}Ga -PSMA

Instrucciones ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes:

- Indicar al paciente que debe evacuar su vejiga antes de la exploración PET/CT.
- Colocar al paciente en posición de decúbito supino con los brazos detrás de la cabeza y los pies hacia el gantry del tomógrafo.
- Realizar la exploración PET/CT según el protocolo de Ga-68.
- Orientar al paciente cuando concluya la exploración, que debe pasar al local de post-exploración PET/CT, para que se cambie de ropa y espere hasta que el médico nuclear le indique que puede retirarse de la instalación.

Instrucciones ejecutadas por el médico nuclear encargado de verificar las imágenes adquiridas:

- Realizar revisión visual de las imágenes después de concluida la adquisición y reconstrucción de las mismas, para evaluar la presencia de movimientos del paciente o artefactos que puedan afectar el resultado del estudio PET/CT.
- Orientar la salida del paciente de las instalaciones del PET/CT por la puerta trasera que da acceso a la galería de la sección D, después de verificada la calidad de las imágenes adquiridas.

Interpretación y reporte de estudios de gammagrafía ósea con el radiofármaco ^{99m}Tc -MDP

Procesamiento de las imágenes PET/CT:

- Las imágenes se reconstruyen automáticamente y se visualizan mediante la aplicación “Imagen Fusión” que posee varios protocolos de visualización (fig. 4.5).
- Las imágenes pueden evaluarse visualmente en cada uno de los planos ortogonales fusionados o independientes y semicuantitativamente mediante la determinación del SUV en la región específica deseada.

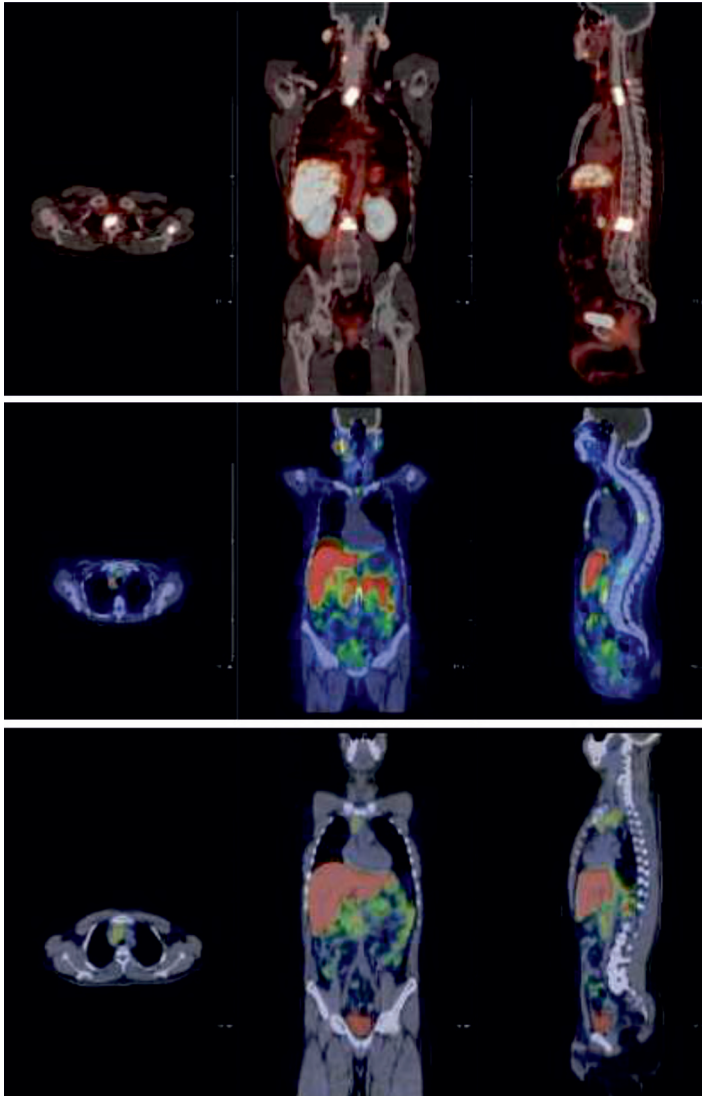


Fig. 4.5. Estudio PET/CT con ^{68}Ga -PSMA para diagnóstico de cáncer de próstata.

Fuente: Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología.

Interpretación de las imágenes y confección del reporte

La distribución normal y la acumulación anormal del radiofármaco se debe visualizar y evaluar. La captación fisiológica del PSMA puede ser observada en diferentes tejidos como las glándulas lagrimales, paratiroides, glándulas submaxilares, hígado, bazo, intestino delgado, colon y riñones. En este último, la vejiga y las glándulas salivares es donde se muestra la mayor captación fisiológica del PSMA. No obstante, también se observa en sitios donde aparecen metástasis del cáncer de próstata como el tejido adiposo retroperitoneal, nódulos linfáticos benignos y tejido duro óseo. Debido a la elevada actividad de fondo en el tejido hepático, las metástasis hepáticas tienden a perder la expresión de PSMA por la desdiferenciación. Por eso en la enfermedad avanzada el CT diagnóstico, es la técnica de elección para la detección de metástasis hepáticas.

La acumulación del radiofármaco en las estructuras que no captan fisiológicamente el mismo, o acumulaciones focales mayores que la actividad de fondo, pueden ser consideradas patológicas.

Además de cáncer de próstata, otras lesiones tumorales como glioblastoma, carcinoma hepatocelular, cáncer de pulmón, carcinoma de células renales y cáncer de tiroides muestran captación aumentada de ^{68}Ga -PSMA.

El reporte se realiza teniendo en cuenta las recomendaciones mencionadas anteriormente, mediante el completamiento del modelo correspondiente a reporte de estudios de gammagrafía ósea.

Fuentes de errores

El ^{68}Ga -PSMA se elimina por los riñones acumulándose en la vejiga por lo que pequeñas recurrencias locales pueden no observarse. Por esta razón es importante evaluar la imagen PET en los tres planos ortogonales, para valorar la captación del PSMA en los tejidos cercanos a la vejiga.

Debido a que el PSMA no es un marcador completamente específico de próstata, se ha reportado captación en lesiones benignas como el adenoma tiroideo, enfermedad de Paget, schwannoma, tuberculosis, adenoma suprarrenal o sarcoidosis esplénica. Es conocido que el ganglio celiaco muestra captación relevante de ^{68}Ga -PSMA.

Se ha reportado aumento de la expresión de PSMA en la neovasculatura de algunos tumores sólidos como colon, mama y renales.

Controles

El jefe de departamento, del área técnica, el médico a cargo del estudio, así como los miembros del grupo de calidad del departamento de Medicina Nuclear del INOR, verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento y realizarán revisiones del completamiento de los registros con periodicidad mensual.

Observaciones

- La dosis del radiofármaco se coloca en la jeringuilla que se ubica en el contenedor de traslado.
- El contenedor se sitúa en la cubeta blindada para su traslado al local de administración.
- La tapa del contenedor de traslado debe portar una etiqueta que contiene el lote, el volumen a inyectar y la hora planificada de inyección.
- En caso de detectar contaminación en alguna superficie, el especialista a cargo del área, debe dejar una indicación visible como se refiere en la instructiva y notificar al jefe técnico.
- Si se produce una contaminación en las superficies proceda a realizar la descontaminación según lo establecido.
- En caso de contaminación de TOE proceda según se establece en el la instructiva.
- Se debe reflejar en el registro de incidencias cualquier anomalía o irregularidad ocurrida durante el proceso de administración, antes o durante la adquisición.
- En caso de que el procedimiento ejecutado se desvíe parcial o completamente de las instrucciones dadas en este PNO, se debe registrar como incidencia en el registro, aclarando explícitamente: el nombre completo y carné de identidad del paciente, la desviación realizada y la justificación de esta.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos.
- Procedimiento para la recepción de la solicitud de estudio, verificación de la justificación y emisión del turno.
- Registro de administración de dosis.
- Registro de estudios realizados en cámara gamma y PET/CT.
- Registro entrega de informes.
- Instructiva para confección de la carpeta de estudios gammagráficos y tratamientos.
- Instructiva para la entrega de informes de estudios gammagráficos y PET/CT.
- Instructiva para la descontaminación de superficies.
- Instructiva para la descontaminación de TOEs.
- Instructiva de utilización de los medios de protección - batas y guantes.
- Instructiva para la utilización del dosímetro TLD de cuerpo completo y extremidades.

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios SPECT/ CT en tumores cerebrales

Objetivo

Establecer el procedimiento de ejecución, interpretación y reporte de la exploración SPECT/CT en tumores cerebrales. El seguimiento de estas pautas permite garantizar la obtención de estudios SPECT/CT de adecuada calidad diagnóstica en la práctica clínica.

Alcance

Este procedimiento permite ayudar a los centros de medicina nuclear con recomendaciones referentes a la indicación, preparación, realización, interpretación y reporte de los resultados de estudios SPECT/TC en pacientes con tumores cerebrales con Talio201 o Tc99m-Sestamibi.

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones:

Realizar el diagnóstico diferencial entre recidiva tumoral post-tratamiento y edema, fibrosis o necrosis.

Otras indicaciones menos frecuentes incluyen evaluar la respuesta tumoral al tratamiento, hacer diagnóstico diferencial de lesiones tumorales intracraneales especialmente con procesos inflamatorios en pacientes inmunosuprimidos, y determinar el sitio para realizar biopsia estereotáxica en procesos tumorales infiltrantes o que contienen zonas necróticas.

Contraindicaciones:

- Absolutas: ninguna.
- Relativas: embarazo, lactancia, falta de cooperación o incapacidad para cooperar, con el procedimiento.

Términos y definiciones

Las investigaciones realizadas y los resultados publicados en la literatura apoyan el uso de Talio201 o Tc99m-Sestamibi, con el propósito de evaluar tumores intracraneales mediante la exploración SPECT/CT.

Responsabilidades

Jefe técnico y de departamento de Medicina Nuclear:

- Verificar el cumplimiento de las acciones descritas en este procedimiento
- Controlar que el personal bajo entrenamiento realice los procedimientos bajo supervisión.
- Vigilar que se cumplan las medidas de protección radiológica.

Personal médico:

- Valorar la indicación de la exploración SPECT/CT, interrogar al paciente y emitir la autorización para la realización del estudio, mediante su firma y cuño en la solicitud de estudio del paciente.
- Disponer de la historia clínica completa, para una apropiada interpretación del estudio y considerar los hallazgos proporcionados por otras modalidades imagenológicas.
- Dirigir al médico referente una nota explicativa escrita al dorso de la solicitud de estudio, en caso de rechazo de la solicitud de estudio.

- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio y atender las complicaciones médicas que ocurran durante este período.
- Evaluar la necesidad de sedación para la realización del estudio.
- Revisar la calidad de las imágenes SPECT/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes SPECT/CT y confeccionar del reporte médico.

Técnico o tecnólogo a cargo de la reserva de los turnos:

- Recibir las solicitudes del estudio y entregarlas al médico del departamento de Medicina Nuclear para su aprobación.
- Conocer que no son necesarias las recomendaciones especiales para el paciente y que no es aconsejable que el estudio se realice en el período post-operatorio inmediato, se debe esperar como mínimo tres semanas.
- Reservar los turnos para estudios gammagráficos solo si ha sido autorizado por un médico del departamento de Medicina Nuclear mediante firma y cuño.
- Comunicar al paciente o tutor la fecha de la cita.
- Brindar al paciente la información necesaria para la preparación previa al estudio.
- Entregar al paciente o tutor una nota explicativa escrita por el médico del departamento de Medicina Nuclear en la indicación del estudio, para entregar a su médico de referencia, en caso de que no sea aprobado la realización de la prueba.

Técnico o tecnólogo a cargo de la administración del radiofármaco:

- Explicar al paciente los detalles del procedimiento a realizar y las normas que deben cumplir para garantizar la seguridad radiológica dentro y fuera de la instalación.
- Entregar y recoger el formulario de consentimiento informado firmado por el paciente o tutor.
- Atender las solicitudes de los pacientes desde la entrada al salón de espera de los no inyectados, durante la administración del radiofármaco y hasta la adquisición de las imágenes.
- Registrar todas las incidencias relacionadas con los pacientes durante todo el proceso.
- Realizar las pruebas de chequeo de rutina del activímetro y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o a un físico médico en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad del activímetro.
- Determinar la pureza radioquímica del producto antes de la inyección, según las instrucciones del fabricante.

Técnico o tecnólogo a cargo de la adquisición de las imágenes:

- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.

- Realizar las pruebas de rutina del SPECT/CT y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o un físico médico en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad de la cámara.

Jefe del área técnica:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.
- Controlar que se cumplan las medidas de protección radiológica.

Condiciones de seguridad

Indicaciones:

- Reservar el turno del estudio SPECT/CT, solo si la solicitud fue aprobada por un médico del departamento de Medicina Nuclear mediante firma y cuño de la indicación.
- Vigilar el cumplimiento del uso de los medios de protección del personal que labora contra la contaminación radiactiva, durante la realización del estudio gammagráfico (ver instrucción MN.SPR.INS.004).
- Asegurar que el dosímetro personal TLD corporal y de extremidades esté debidamente colocado.
- Comprobar que el técnico o tecnólogo encargado de la administración del producto radioactivo, realice las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del activímetro instalado en local de administración.
- Verificar que el técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes realice las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del equipo
- Comprobar en las mujeres con edad fértil, si la paciente está embarazada o está lactando antes de autorizar la solicitud del estudio. En estos casos el medico nuclear será el responsable de decidir si se realiza o no el proceder, teniendo en cuenta las siguientes precauciones:
 - Mujeres embarazadas: El SPECT/CT debe ser aplazado; sin embargo, no se considera contraindicación cuando el beneficio esperado del estudio, supera el riesgo de exposición a las radiaciones.
 - Lactancia materna: se recomienda evitar la lactancia 24 h posteriores a la administración del radiofármaco, siempre que sea posible.
- Cumplir las siguientes recomendaciones ante los diferentes tipos de contaminación:
 - Contaminación superficial: delimitar de manera inmediata la zona contaminada con papel absorbente, e informar inmediatamente al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear. El paciente se deberá mantener alejado de la zona contaminada hasta tanto se le den las instrucciones pertinentes.

- Contaminación corporal del trabajador: proceder a lavarse cuidadosamente y con abundante agua, la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel, e informar al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
- Contaminación corporal del paciente: indicar el lavado cuidadoso con abundante agua de la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel e informar al Departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.

Recursos humanos

Tecnólogos y médicos del departamento de Medicina Nuclear que cumplan con las competencias definidas después de haber recibido entrenamiento en la realización de estudios gammagráficos.

El personal en entrenamiento realizará los procedimientos bajo supervisión de un técnico o tecnólogo con experiencia en la técnica utilizada.

Equipamiento, materiales y reactivos

Locales: local de preparación del paciente e inyecciones; local del Sistema SPECT/CT.

Equipo: sistema SPECT/CT.

Materiales y reactivos

- Antifaz.
- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
- Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.
- Contraste yodado en casos necesarios.

Procedimientos

Recepción de la indicación y verificación de su justificación. Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la reserva de los turnos de estudios gammagráficos:

- Seguir las indicaciones dadas en el procedimiento de recepción de la solicitud de estudio y verificación de su justificación.
- Proporcionar el turno de la cita para la exploración SPECT/CT, después de firmada la solicitud del estudio por un médico del departamento de Medicina Nuclear.–
- Explicar al paciente o al tutor las instrucciones de preparación previa al estudio, e informarle que deberá disponer de una hora para la realización de este.
- Precisar si el paciente es alérgico al yodo u otras sustancias, en caso que esté previsto el uso de contrastes iodados.
- Requerir resultados de creatinina.

- Conocer si el paciente tiene historia de claustrofobia y posibilidades de mantener sus manos encima de la cabeza durante la adquisición.
- Explicar al paciente o al tutor la importancia de asistir a la cita para el turno en la fecha y hora convenida y las instrucciones para re programarla en caso que ocurra alguna eventualidad que le impida asistir.
- Plasmear los datos del paciente en el registro de turnos de exploración SPECT/CT.
- Entregar al paciente la indicación con la nota escrita por el médico nuclear en caso que sea rechazada el estudio, para que la entregue a su médico referente.

Recepción del paciente el día del estudio. Acciones:

- Indicar al paciente que se dirija al salón de espera de los no inyectados, después que reciba la indicación de la secretaria del departamento de Medicina Nuclear.
- Informar a los pacientes sobre los detalles del estudio y las normas que se deben cumplir para garantizar la seguridad radiológica dentro y fuera de la instalación.
- Verificar la identidad de los pacientes.
- Entregar el formulario de consentimiento informado del paciente o tutor.
- Pesar al paciente y anotar en el registro correspondiente.
- Determinar la actividad a administrar en cada paciente, considerando que en los de edad pediátrica, esta se determina según los PNO empleados en los estudios con Cámara Gamma.
- Reflejar el valor de la actividad calculada en el registro requerido.

Radiofármaco

Para imágenes cerebrales con SPECT y SPECT / CT, los radiofármacos utilizados son transportados hacia el tejido cerebral por difusión y subsecuentemente quedan atrapados dentro de la célula en proporción al flujo sanguíneo. Las investigaciones realizadas y los resultados publicados en la literatura apoyan el uso de Talio²⁰¹ o Tc^{99m}-Sestamibi, con el propósito de evaluar tumores intracraneales. También se han empleado otros como:

- Talio²⁰¹
- Tc^{99m}-HMPAO (Ceretek)
- Tc^{99m}-ECD (Neurolite)
- Tc^{99m}-bis-metionina-DTPA (MDM)
- Tc^{99m}- Tetrafosmin (Myoview®)

Dosis (se exponen las dosis de los más usados):

- Tc^{99m}-Sestamibi en una dosis para adultos de 740 a 1110 Mbq (20 a 30 mCi) inyectado por vía intravenosa. La dosis pediátrica es de 7,4 a 11,1 Mbq/kg (0,2 a 0,3 mCi/kg), que se puede ajustar de acuerdo a las recomendaciones mencionadas anteriormente.
- Talio²⁰¹ en dosis de 111-148 Mbq (3-4 mCi) para adultos, inyectado por vía intravenosa. En los niños se usa una dosis de 1,48 a 1,85 MBq/kg (0,04 a 0,05 mCi/kg), con una dosis mínima de 37 Mbq (1 mCi), o bien ajustando la dosis pediátrica de acuerdo a la superficie corporal.

- Se recomienda el uso de Tc^{99m}-Sestamibi en pacientes pediátricos debido a sus características físicas más adecuadas, que permiten inyectar una dosis mayor con menor irradiación y además obtener imágenes de mejor calidad diagnóstica. En la evaluación de lesiones paraventriculares, se prefiere el Talio²⁰¹ debido a los problemas de interpretación que puede generar la captación de Tc^{99m}-Sestamibi en los plexos coroideos y la hipófisis.

Forma de administración del radiofármaco. Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la administración del radiofármaco:

- Verificar la identidad del paciente según el procedimiento.
- Conducir al paciente al local de administración del departamento de Medicina Nuclear.
- Recoger el formulario de consentimiento informado debidamente firmado por el paciente o tutor, antes de proceder a la administración del radiofármaco.
- Confeccionar la carpeta de historia de estudios realizados si el paciente llega por primera vez al departamento.
- Recepcionar la información complementaria de uso médico necesaria para la interpretación y reporte del estudio y ubicarla en la carpeta de historia de estudios realizados.
- Precisar posible embarazo o lactancia en caso de pacientes en edad fértil. Si respuesta afirmativa, solicitar la presencia del médico del servicio de Medicina Nuclear para informar sobre la situación.
- Determinar la pureza radioquímica del radiofármaco antes de la inyección, según las instrucciones del fabricante.
- Solicitar la jeringuilla del paciente al técnico o tecnólogo responsable de la preparación de la dosis de los pacientes.
- Medir la actividad de la jeringuilla en el activímetro y comprobar que está en el rango aceptable ($\pm 10\%$ de la actividad solicitada).
- Anotar la actividad medida y la hora de medición en el registro de actividad administrada.
- Solicitar la preparación de una nueva dosis con la actividad prescrita, en caso que no se cumpla con el rango de aceptación. Repetir el paso cuando reciba la nueva dosis.
- Administrar el radiofármaco por vía endovenosa.
- Comunicar al paciente que avise ante cualquier malestar o irregularidad que sienta durante la espera hasta la realización del estudio.
- Indicar al paciente que se debe dirigir al local de espera de los inyectados y permanecer en el mismo hasta el inicio del estudio.
- Avisar al paciente el inicio de la preparación para el estudio, si procede.
- Anotar cualquier anomalía que ocurra durante el tiempo de posadministración en el registro de incidencia.

Protocolo de adquisición de imágenes

Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes:

- Iniciar la adquisición en cualquier momento después de 15 min de inyectado el radiofármaco. En caso que el estudio tenga como objetivo la identificación de tejido tumoral viable, se requieren imágenes tardías 2 a 4 h después de la inyección del radiofármaco. Los diferentes centros pueden utilizar imágenes precoces con tiempos derivados de su propia experiencia, pero las imágenes tardías son siempre absolutamente esenciales.
- Llamar y verificar la identidad según el procedimiento.
- Indicar al paciente que se dirija al baño de los inyectados para evacuar el contenido vesical y dirigirlo al local de SPECT/CT.
- Exponer el brazo donde se realizó la administración bajo el campo de visión del SPECT y verificar si ocurrió extravasación.
- Realizar el registro correspondiente de la existencia o no de extravasación en el registro de incidencias.
- Posicionar al paciente de manera confortable, recomendándole la evacuación vesical antes de ubicarse en la camilla. Se debe fijar firmemente la cabeza del paciente, aunque en forma cómoda, facilitando la cooperación y minimizando el movimiento durante la adquisición.
- Utilizar el radio de rotación más pequeño posible sin exceder los 15 cm, lo cual se logra empleando el sistema de autocontornos de la cámara. Siempre cuidando la seguridad del paciente.
- Emplear una matriz de 64 x 64 por lo general es suficiente para obtener la resolución requerida. con la utilización del factor zoom de 200 % *bottom*, de manera que el cerebro quede comprendido en una zona del campo de visión de aproximadamente 25 cm de lado, centrado en la porción inferior del mismo.
- Adquirir en órbita de 360° de autocontorno, en modo paso y disparo (puede utilizarse la adquisición continua para acortar el tiempo de adquisición). Como mínimo se deben emplear 60-64 pasos angulares. El tiempo recomendado de adquisición por proyección es de 40 se para el Talio²⁰¹ y al menos de 20 s para el Tc^{99m}-sestamibi.
- Verificar las proyecciones adquiridas en modo cine cuando concluya la adquisición de las imágenes y antes de que el paciente se retire, para evaluar la presencia de movimientos involuntarios que pueden afectar reconstrucción del estudio SPECT.

Adquisición de CT:

- Exposición [mAs]: 40
- Corriente del tubo [mA]: 40
- Voltaje [kV]: 120

- Colimación [mm]: 20
- Espesor de corte [mm]: 2.5
- Pitch: 1
- FOV [mm]: 220
- Garantizar la máxima colaboración del paciente, ya que un leve movimiento puede ser suficiente para inutilizar el estudio. En enfermos escasamente colaboradores por su condición clínica o edad, se puede considerar el uso de la sedación farmacológica y la anestesia. Recordar que los fármacos se deben administrar siempre después de la inyección del radiotrazador, ya que pueden variar la distribución de éste en las estructuras del sistema nervioso central.

Procesamiento de imágenes SPECT/CT

Indicaciones:

- La reconstrucción de las imágenes tomográficas por retroproyección filtrada es uno de los métodos utilizados. El filtrado debe incluir las tres dimensiones (x, y, z), lo cual se puede lograr con un filtro bidimensional previo a la retroproyección, o un filtro en la dirección Z después de esta.
- Generalmente se usa un filtro rampa modificado por una función o “ventana” que admita el paso de bajas frecuencias (*low-pass*), p. ej. Butterworth.
- La reconstrucción por métodos iterativos, están implementados en la mayoría de los nuevos sistemas, presentan ciertas ventajas respecto a la retroproyección filtrada, por lo que se aconseja su aplicación.
- Se debe reconstruir el cerebro completo cuidando de no excluir el cerebelo o el vertex y con un pixel de espesor en los cortes. En caso de realizar la suma de los cortes, se recomienda hacerlo después de la reconstrucción y la reorientación.
- Se sugiere en todos los casos realizar corrección de la atenuación mediante el método de Chang, con coeficiente de atenuación entre 0,10 y 0,11 cm^{-1} . Se debe utilizar un contorno o elipse de corrección que se ajuste a la morfología del cerebro incluyendo el cráneo. Cuando sea posible, la elipse se debe definir individualmente para cada uno de los cortes transversales. Este método requiere una cuidadosa calibración del tamaño de píxel. Los que tengan SPECT/CT hacen la corrección de atenuación empleando el CT.
- Es necesario reorientar el estudio por lo menos tres planos ortogonales a partir del plano transversal y los cortes transversales en relación a un plano anatómico reproducible (p. ej. línea orbitomeatal), siendo los cortes coronales y sagitales perpendiculares al primero.
- Puede aplicarse de manera opcional una ampliación (zoom) luego de la reconstrucción, para facilitar la visualización e interpretación de las imágenes.
- Si dispone de SPECT/CT se recomienda emplear el paquete de fusión de imágenes para la visualización de los cortes reconstruidos.

Documentación del estudio

Registro médico con nombre y apellidos, número del carné de identidad del paciente y número de historia clínica con la fecha del estudio.

Reporte médico. Indicaciones:

- La interpretación de este tipo de estudio se debe realizar teniendo en cuenta la información clínica del paciente y los resultados de otros estudios imagenológicos como TC y RM.
- La confiabilidad del método es mayor para las lesiones sólidas y voluminosas según su presentación en TC y RM, que para lesiones pequeñas y/o necróticas.
- Es preciso describir la calidad del estudio considerando si hubo movimientos del paciente o distribución inusual del radiofármaco.
- Es importante referir lo relativo a la localización, extensión e intensidad de las captaciones anormales del radiofármaco, así como los hallazgos morfológicos en las imágenes de CT relativos a las captaciones anormales en el estudio SPECT.
- La intensidad de las captaciones debe ser descrita como leves, moderadas, o intensas, en relación con el estándar de referencia normal.
- La interpretación de las lesiones pequeñas en la región paraventricular puede ser difícil, especialmente con Tc99m-sestamibi debido a la captación fisiológica en plexos coroideos. Similar situación se crea al interpretar lesiones localizadas cerca de la calota, la porción petrosa del hueso temporal, la lámina cribiforme en la base de la fosa anterior, y en la región de las órbitas.
- Es necesario incluir cualquier hallazgo incidental de importancia para el cuidado del paciente.
- Se debe tener en cuenta al interpretar el estudio que algunas lesiones benignas tales como tuberculosis, histiocitos, sarcoidosis y abscesos cerebrales, pueden ser tan hipercaptantes como los tumores de alto grado. Es preciso considerar, además, que los gliomas de bajo grado pueden no captar el radiofármaco y por consiguiente ser causa de falsos negativos.
- Se debe considerar en los estudios postoperatorios, el tiempo transcurrido entre la cirugía y la realización del examen, ya que existen falsos positivos en el período postoperatorio inmediato. Esto varía de acuerdo al tamaño de la lesión primaria, su localización y la existencia de complicaciones. Las características de la zona de captación anormal y la comparación entre imágenes precoces y tardías pueden ayudar al diagnóstico diferencial.
- En los estudios de seguimiento, las lesiones que después del tratamiento se han mantenido negativas por varios meses y se vuelven captantes (incluso débilmente), particularmente en las imágenes tardías, pueden representar una recurrencia. En caso de duda se sugiere un nuevo estudio de control algunas semanas después, el cual podría mostrar la evolución de la lesión. Un estudio negativo realizado inmediatamente después del tratamiento no indica necesariamente la erradicación del tumor, solo refleja una buena respuesta a la terapia, aunque no excluye la enfermedad residual microscópica.

- Si el estudio se realiza para diferenciar entre linfoma y toxoplasmosis en pacientes inmunosuprimidos, se debe en cuenta que el tratamiento reciente de esta parasitosis puede ser causa de falsos positivos.
- Cuando sea apropiado, se debe referir los factores que pueden afectar la sensibilidad y especificidad del estudio (ej.: lesiones pequeñas).

Informe médico. Indicaciones:

- Debe incluir el radiofármaco utilizado, la dosis, vía de inyección, el período de espera, la historia clínica y las razones por las cuales fue referido el paciente para el estudio. Referir si se utilizó sedación.
- Debe describir un estimado de la intensidad de las captaciones como leve, moderado, o intenso en relación con el estándar de referencia normal.
- En caso de que existan estudios previos, deberá incluirse un análisis comparativo.
- La conclusión del estudio debe dar respuesta al motivo de indicación del médico remitente y reflejar el nivel de seguridad de lo consignado en el reporte, el establecimiento de algún diagnóstico diferencial que corresponda y si fuera necesario, la recomendación de repetir el estudio en un lapso determinado.

Fuentes de errores:

- Errores en la fusión del estudio SPECT/CT.
- Movimiento del paciente en el intervalo entre la realización del SPECT y el CT.
- Movimiento de la cabeza.
- Artefactos de atenuación.
- Materiales particularmente densos como implantes dentales.
- Implantes metálicos.
- Pérdida de los datos de CT.
- Mala alineación por software del SPECT y el CT.
- Error de visualización.
- Inadecuado uso de ventanas en SPECT o CT en las imágenes fusionadas.
- Inadecuado uso de ventanas en SPECT o CT cuando se observan por separado.
- Mala alineación del cursor en las imágenes SPECT y CT.
- Escala de colores seleccionada de forma inapropiada para los datos SPECT.
- No tener en cuenta las variantes normales de captación.

Controles

Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes para que puedan ser verificados.

El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones

- La dosis del radiofármaco se coloca en la jeringuilla que está en el contenedor de traslado.
- En la tapa del contenedor de traslado se coloca una etiqueta con la identificación del paciente (iniciales), el valor de la actividad medida después de dispensada y la hora de medición.
- En caso de detectar contaminación en alguna superficie, el especialista a cargo del área debe dejar una indicación visible como se establece en la instructiva y notificar al jefe técnico.
- En caso de contaminación en superficies se debe realizar la descontaminación de la zona utilizando papel absorbente y notificar de inmediato al departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
- En caso de contaminación de TOE, se debe pasar inmediatamente al cuarto con baño predestinado para los accidentes radiológicos, y proceder a lavarse cuidadosamente y con abundante agua la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel. Si las ropas son salpicadas con radioactividad, proceder a cambiarse el pijama y colocar el dañado en un recipiente blindado para ser descontaminado posteriormente. Notificar de inmediato al departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
- Se debe reflejar en el registro de incidencias cualquier anomalía o irregularidad ocurrida durante el proceso de administración, período antes o durante la adquisición.
- Es preciso evitar que el intervalo desde la preparación de la dosis en el local de elusión y marcaje hasta la administración no exceda los 45 min, para que la pérdida de actividad por la desintegración sea inferior al 10 %.
- En caso de que el procedimiento ejecutado se desvíe parcial o completamente de las instrucciones dadas en este PNO, se debe recoger como incidencia en el registro aclarando explícitamente el nombre completo y carnet de identidad del paciente, la desviación realizada y la justificación de esta.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOEs.

- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de SPECT/CT/PET.
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
- Registro de administración de dosis
- Registro de estudios realizados en equipo.
- Base de datos de estudios realizados en equipo.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de salida de los informes de cerebro realizados con SPECT/CT.

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios SPECT/TC en oncología

Objetivo

Establecer el procedimiento de ejecución, interpretación y reporte de las exploraciones SPECT/CT.

Este documento constituye una guía práctica de recomendaciones y no un rígido manual de procedimientos, ya que es posible alcanzar resultados satisfactorios mediante otras variantes técnicas, imposibles de abarcar en su totalidad. El seguimiento de estas pautas permite garantizar la obtención de estudios de SPECT con adecuada calidad diagnóstica en la práctica clínica.

El SPECT/CT (al igual que el PET/CT), permite adquirir ambos estudios con el paciente en la misma posición. Utiliza un software especializado que registra las imágenes de cada modalidad, ajustando las diferencias en la geometría y el formato de ambos procesos para luego fusionar la imagen anatómica con la funcional. La localización topográfica se ha visto mejorada con la incorporación de equipos de CT de alta velocidad, y tiene la ventaja adicional de corregir la atenuación logrando una superior calidad de las imágenes nucleares.

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones para la preparación, adquisición, procesamiento e informe de los estudios SPECT/TC en pacientes con enfermedades oncológicas que acudan a los servicios de medicina nuclear.

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones:

- Indicaciones clínicas directas en diversas enfermedades oncológicas como:
 - Alta sospecha de actividad tumoral (detectar, localizar y evaluar la extensión de la enfermedad).

- Planificación del tratamiento (médico, quirúrgico o radiante) y evaluación de la respuesta terapéutica.
 - Hallazgos estructurales anormales o de significación dudosa, ya sea al momento del diagnóstico o luego del tratamiento.
 - Ausencia de patología anatómica evidente en presencia de alta sospecha clínica.
 - Metástasis
- Enfermedades oncológicas:
- Cáncer de tiroides.
 - Cáncer de paratiroides.
 - Cáncer primario de hueso y metástasis óseas.
 - Ganglio centinela en cáncer de mama, testículo, melanoma, tumores de ginecológicos y de cabeza y cuello.
 - Tumores cerebrales.
 - Tumores neuroendocrinos.
 - Optimización de la dosimetría.
 - Otras indicaciones menos comunes como cáncer de próstata, estudio del nódulo pulmonar solitario (NPS).

Contraindicaciones:

- Absolutas: Ninguna.
- Relativas: Embarazo, lactancia, falta de cooperación o incapacidad para cooperar, con el procedimiento.

Términos y definiciones

La exploración SPECT/CT es un estudio por imágenes que se utiliza para la evaluación funcional de órganos o sistema de órganos, mediante un equipo híbrido previa administración de un radiofármaco, que permite obtener información funcional y anatómica en un mismo estudio. El CT se emplea para realizar la corrección de atenuación y para establecer la referencia anatómica de los hallazgos SPECT.

Responsabilidades

Jefe técnico y del departamento de Medicina Nuclear:

- Verificar el cumplimiento de las acciones descritas en este procedimiento.
- Controlar que el personal en entrenamiento realice los procedimientos bajo supervisión.
- Vigilar que se cumplan las medidas de Protección Radiológica.

Personal médico:

- Valorar la indicación del SPECT/CT, interrogar al paciente y autorizar mediante su firma y cuño plasmado en la solicitud de estudio del paciente, para la realización de la exploración.

- Dirigir al médico referente una nota explicativa escrita al dorso de la solicitud de estudio, en caso de rechazar la indicación.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Controlar a los pacientes que necesiten medicación durante la realización del estudio y atender las complicaciones médicas que ocurran durante este período.
- Revisar la calidad de las imágenes SPECT/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes SPECT/CT y confeccionar del reporte médico.

Técnico o tecnólogo a cargo de la reserva de los turnos:

- Recibir las solicitudes de estudio y entregarlas al médico del departamento de Medicina Nuclear.
- Entregar al paciente o tutor las instrucciones de preparación previa al estudio.
- Realizar la reserva de los turnos de estudios gammagráficos solo si fue autorizado por un médico del departamento de Medicina Nuclear mediante firma y cuño.
- Informarle al paciente o tutor la fecha de la cita.
- Brindar al paciente la información necesaria para la preparación previa al estudio.
- Entregar al paciente la indicación con una nota explicativa y escrita por el médico nuclear, para que la lleve al médico referente, en caso de rechazo de la solicitud de estudio.

Técnico o tecnólogo a cargo de la administración del radiofármaco:

- Explicar a los pacientes los detalles del estudio que se realizará y las normas que deben cumplir para garantizar la seguridad radiológica dentro y fuera de la instalación.-
- Brindar al paciente la información necesaria relacionada con la administración del radiofármaco.
- Entregar y recoger el formulario de consentimiento informado firmado por el paciente o tutor.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de entrada al salón de espera de los no inyectados, la administración del radiofármaco y el intervalo hasta la adquisición de las imágenes.
- Registrar todas las incidencias relacionadas con los pacientes durante todo el proceso.
- Realizar las pruebas de chequeo de rutina del activímetro y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o a un físico médico en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad del activímetro.

Técnico o tecnólogo a cargo de la adquisición de las imágenes:

- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Realizar las pruebas de rutina del SPECT/CT y registrar los resultados.

- Informar al jefe técnico o un físico médico en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad de la cámara.

Jefe del área técnica:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.
- Controlar que se cumplan las medidas de protección radiológica.

Condiciones de seguridad

Indicaciones:

- Reservar el turno del estudio SPECT/CT, solo si la solicitud fue aprobada por un médico del departamento de Medicina Nuclear mediante firma y cuño de la indicación.
- Vigilar el cumplimiento del uso de los medios de protección del personal que labora, contra la contaminación radiactiva durante la realización del estudio gammagráfico.
- Asegurar que el dosímetro personal TLD corporal y de extremidades esté debidamente colocado.
- Comprobar que el técnico o tecnólogo encargado de la administración del producto radioactivo, realice las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del activímetro instalado en local de administración.
- Verificar que el técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes realice las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del equipo SPECT/CT.
- Comprobar en las mujeres con edad fértil, si la paciente está embarazada o está lactando antes de autorizar la solicitud del estudio. En estos casos el médico nuclear será el responsable de decidir si se realiza o no el proceder, teniendo en cuenta las siguientes precauciones:
 - Mujeres embarazadas: el SPECT/CT debe ser aplazado; sin embargo, no se considera contraindicación cuando el beneficio esperado del estudio, supera el riesgo de exposición a las radiaciones.
 - Lactancia materna: se recomienda evitar la lactancia 24 h posteriores a la administración del radiofármaco, siempre que sea posible.
- Cumplir las recomendaciones ante los diferentes tipos de contaminación:
 - Contaminación superficial: delimitar de manera inmediata la zona contaminada con papel absorbente, e informar inmediatamente al departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear. El paciente se deberá mantener alejado de la zona contaminada hasta tanto se le den las instrucciones pertinentes.
 - Contaminación corporal del trabajador: proceder a lavarse cuidadosamente y con abundante agua, la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel, e informar al departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
 - Contaminación corporal del paciente: indicar el lavado cuidadoso con abundante agua de la zona del cuerpo contaminada sin dañarse la piel e informar al departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.

Recursos humanos

Tecnólogos y médicos del departamento de Medicina Nuclear que cumplan con las competencias definidas después de haber recibido entrenamiento en la realización de estudios gammagráficos.

El personal en entrenamiento realizará los procedimientos bajo supervisión de un técnico o tecnólogo con experiencia en la técnica utilizada.

Equipamiento, materiales y reactivos

Locales: local de preparación del paciente e inyecciones; local del Sistema SPECT/CT.

Equipo: sistema SPECT/CT.

Materiales y reactivos

- Antifaz.
- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
- Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.
- Contraste yodado en caso necesario.

Procedimientos

Indicación y verificación de su justificación. Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la reserva de los turnos de estudios gammagráficos:

- Cumplir las indicaciones dadas en el procedimiento de recepción de la solicitud de estudio y verificación de su justificación.
- Ofrecer al paciente la fecha de la cita para la exploración SPECT/CT, previo autorizo con firma y cuño del médico del departamento de Medicina Nuclear.
- Explicar al paciente o al tutor las instrucciones de preparación previa al estudio e informarle que deberá disponer de una hora para la realización del mismo.
- Explicar al paciente o al tutor la importancia de asistir a la cita para el turno en la fecha y hora convenida y las instrucciones para re programarla en caso que ocurra alguna eventualidad que le impida asistir.
- Plasmear los datos del paciente en el registro de turnos de exploración SPECT/CT.
- Entregar al paciente la indicación con la nota escrita por el medico nuclear en caso que sea rechazada el estudio, para que la entregue a su médico referente.

Preparación del paciente. Acciones:

- Precisar si el paciente es alérgico al yodo u otras sustancias en caso que esté previsto el uso de contrastes iodados.

- Requerir resultados de creatinina.
- Conocer si el paciente tiene historia de claustrofobia y posibilidades de mantener sus manos encima de la cabeza durante la adquisición.

Recepción del paciente el día del estudio. Acciones:

- Indicar al paciente que se dirija al salón de espera de los no inyectados, después que reciba la indicación de la secretaria del departamento de Medicina Nuclear.
- Informar a los pacientes sobre los detalles del estudio y las normas que se deben cumplir para garantizar la seguridad radiológica dentro y fuera de la instalación.
- Verificar la identidad de los pacientes.
- Entregar el formulario de consentimiento informado del paciente o tutor.
- Pesar al paciente y anotar en el registro correspondiente.
- Determinar la actividad a administrar en cada paciente, considerando que en los de edad pediátrica, esta se determina según los PNO empleados en los estudios con cámara Gamma.

Administración del radiofármaco. Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la administración del radiofármaco:

- Verificar la identidad del paciente según el procedimiento.
- Conducir al paciente al local de administración del departamento de Medicina Nuclear.
- Recoger el formulario de consentimiento informado debidamente firmado por el paciente o tutor, antes de proceder a la administración del radiofármaco.
- Confeccionar la carpeta de historia de estudios realizados si el paciente llega por primera vez al departamento.
- Recepcionar la información complementaria de uso médico necesaria para la interpretación y reporte del estudio y ubicarla en la carpeta de historia de estudios realizados.
- Precisar posible embarazo o lactancia en caso de pacientes en edad fértil. Si respuesta afirmativa, solicitar la presencia del médico del servicio de Medicina Nuclear para informarle sobre la situación.
- Solicitar la jeringuilla del paciente al técnico o tecnólogo responsable de la preparación de la dosis de los pacientes.
- Determinar la pureza radioquímica del radiofármaco antes de la inyección, según las instrucciones del fabricante.
- Medir la actividad de la jeringuilla en el activímetro y comprobar que está en el rango aceptable ($\pm 10\%$ de la actividad solicitada).
- Anotar la actividad medida y la hora de medición en el registro de actividad administrada.
- Solicitar la preparación de una nueva dosis con la actividad prescrita, en caso que no se cumpla con el rango de aceptación. Repetir el paso cuando reciba la nueva dosis.
- Administrar el radiofármaco por vía endovenosa.

- Comunicar al paciente que avise ante cualquier malestar o irregularidad que sienta durante la espera hasta la realización del estudio.
- Indicar al paciente que se debe dirigir al local de espera de los inyectados y permanecer en el mismo hasta el inicio del estudio.
- Avisar al paciente el inicio de la preparación para el estudio, si procede.
- Anotar cualquier anomalía que ocurra durante el tiempo de post-administración en el registro de incidencia.

Forma de administración del radiofármaco. Indicaciones:

- Mantener al paciente en la habitación tranquila.
- Colocar una cánula intravenosa de 10 a 15 minutos antes de la inyección.
- Indicar al paciente que adopte una posición cómoda.
- Inyectar el radiofármaco por la vía venosa (antes canalizada) en bolo.

Protocolo de adquisición de imágenes

Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes:

- Llamar y verificar la identidad del paciente según el procedimiento.
- Indicar al paciente que se dirija al baño de los inyectados para evacuar el contenido vesical y dirigirlo al local de SPECT/CT.
- Exponer el brazo donde se realizó la administración bajo el campo de visión del SPECT y verificar si ocurrió extravasación.
- Realizar el registro correspondiente de la existencia o no de extravasación en el registro de incidencias.
- Posicionar al paciente según los PNOs correspondiente al tipo de estudio a realizar con Cámara Gamma.
- Ejecute la adquisición de las imágenes SPECT/CT según protocolo correspondiente a la región del cuerpo a explorar: cerebro, tórax, abdomen o pelvis.
- Verificar las proyecciones adquiridas en modo cine cuando concluya la adquisición de las imágenes y antes de que el paciente se retire, para evaluar la presencia de movimientos involuntarios que pueden afectar la reconstrucción del estudio SPECT.

Adquisición de CT:

- Exposición [mAs]: 40
- Corriente del tubo [mA]: 40
- Voltaje [kV]: 120
- Colimación [mm]: 20
- Espesor de corte [mm]: 2.5
- Pitch: 1
- FOV [mm]: 220

Garantizar la máxima colaboración del paciente, ya que un leve movimiento puede ser suficiente para inutilizar el estudio. En enfermos escasamente colaboradores por su condición clínica o edad, se puede considerar el uso de la sedación farmacológica y la anestesia. Recordar que los fármacos se deben administrar siempre después de la inyección del radiotrazador, ya que pueden variar la distribución de éste en las estructuras del sistema nervioso central.

Procesamiento de imágenes SPECT/CT

Las imágenes se reconstruyen automáticamente y se visualizan mediante la aplicación *Image Fusion* que posee varios protocolos de visualización (fig. 4.6).

Las imágenes pueden evaluarse visualmente en cada uno de los planos ortogonales fusionadas o independientes.



Fig. 4.6. Estudio SPECT/CT con ^{99m}Tc -DMSA para diagnóstico de tumor pararenal.

Fuente: Dirección de Servicios Biomédicos. Centro de Isótopos.

Documentación del estudio

Registro médico con nombre y apellidos, número del carné de identidad y de la historia clínica del paciente, con la fecha del estudio incluida.

Reporte médico. Indicaciones:

- Se debe explicar la calidad del estudio aclarando si el paciente realizó movimientos y si existió una distribución inusual del radiofármaco.
- Es preciso notificar la localización, extensión e intensidad de las captaciones anormales del radiofármaco y describir los hallazgos morfológicos en las imágenes de CT relativos a las captaciones anormales en el estudio SPECT.
- Describir un estimado de la intensidad de las captaciones como leve, moderado o intenso, en relación al estándar de referencia normal.

- Es necesario incluir cualquier hallazgo incidental de importancia para el cuidado del paciente.
- Es importante dado el caso, referir los factores que pueden afectar la sensibilidad y especificidad del estudio (ej.: lesiones pequeñas).
- La conclusión del estudio debe dar respuesta al motivo de indicación del médico remitente y reflejar el nivel de seguridad de lo consignado en el reporte.
- En caso de que existan estudios previos, deberá incluirse un análisis comparativo.

Fuentes de errores. Errores en la fusión del estudio SPECT/CT:

- Movimiento del paciente en el intervalo entre la realización del SPECT y el CT:
 - Movimiento del cuerpo o las extremidades.
 - Movimiento diafragmático con la respiración.
 - Motilidad intestinal.
 - Llenado rápido de la vejiga.
- Artefactos de atenuación
 - Materiales particularmente densos como implantes dentales.
 - Implantes metálicos.
 - Pérdida de los datos de CT.
- Mala alineación por software del SPECT y el CT.
- Error de visualización:
 - Inadecuado uso de ventanas en SPECT o CT en las imágenes fusionadas.
 - Inadecuado uso de ventanas en SPECT o CT cuando se observan separadamente.
 - Mala alineación del cursor en las imágenes SPECT y CT.
 - Escala de colores seleccionada de forma inapropiada para los datos SPECT.
 - No tener en cuenta las variantes normales de captación.

Controles

Los pasos realizados deben reflejarse en los registros correspondientes para que puedan ser verificados.

El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones

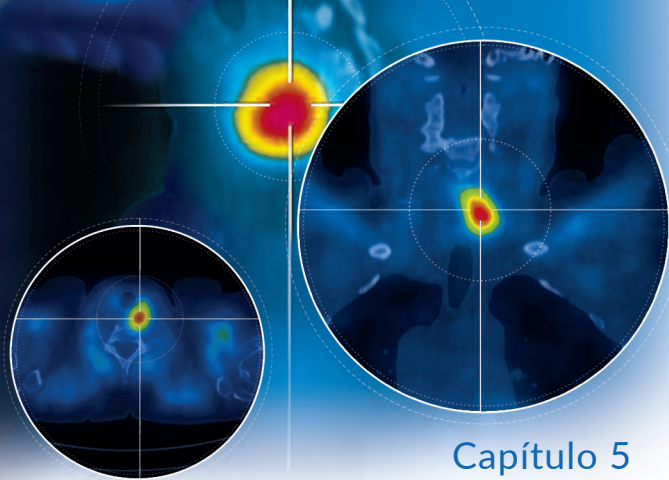
- La dosis del radiofármaco se coloca en la jeringuilla que está en el contenedor de traslado.
- En la tapa del contenedor de traslado se coloca una etiqueta con la identificación del paciente (iniciales), el valor de la actividad medida después de dispensada y la hora de medición.
- En caso de detectar contaminación en alguna superficie, el especialista a cargo del área debe dejar una indicación visible y notificar al jefe técnico.

- En caso de contaminación en superficies se debe realizar la descontaminación, con papel absorbente y notificar el incidente al departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
- En caso de contaminación de TOE proceda a lavarse cuidadosamente y con abundante agua la zona contaminada sin dañarse la piel y notificar el incidente al departamento de Protección Radiológica y al jefe del Servicio de Medicina Nuclear.
- Se debe reflejar en el registro de incidencias cualquier anomalía o irregularidad ocurrida durante el proceso de administración, período antes o durante la adquisición.
- Es preciso evitar que el intervalo desde la preparación de la dosis en el local de elusión y marcaje hasta la administración, no exceda los 45 min, para que la pérdida de actividad por la desintegración sea inferior al 10 %.
- En caso de que el procedimiento ejecutado se desvíe parcial o completamente de las instrucciones dadas en este PNO, se debe recoger como incidencia en el registro aclarando explícitamente el nombre completo y carnet de identidad del paciente, la desviación realizada y la justificación de esta.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOEs.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: Local de SPEC/CT/PET.
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
- Registro de administración de dosis.
- Registro de estudios realizados en equipo.
- Base de datos de estudios realizados en equipo.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de salida de los informes de cerebro realizados con SPECT/CT





Capítulo 5

Protocolos de estudios óseos y neuroendocrino

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios SPECT/TC óseo con ^{99m}Tc -MDP

Objetivo

Establecer la metodología para la realización de los estudios SPECT/TC óseo con ^{99m}Tc -MDP (metil disfosfonato) en pacientes con patologías óseas.

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones para la preparación, adquisición, procesamiento e informe de los estudios SPECT/TC, en pacientes con patologías óseas que requieran atención en los servicios de medicina nuclear.

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones:

- Caracterizar con mejor precisión la presencia, localización o extensión de lesiones óseas.
- Orientar el diagnóstico.
- Valorar depósitos únicos en pacientes con antecedentes oncológicos.
- Detectar lesiones observadas en otros métodos de imagen con resultado normal de gammagrafía ósea.
- Realizar diagnóstico diferencial de lesiones que por su patrón gammagráfico puedan corresponder tanto a enfermedad benigna, como a afecciones metastásicas.

Contraindicaciones:

- Absolutas: ninguna.
- Relativas: embarazo, lactancia, falta de cooperación o incapacidad para cooperar con el procedimiento.

Términos y definiciones

SPECT/TC: Equipo híbrido utilizado para la adquisición de imágenes después de la administración de un radiofármaco en que, a la tomografía computarizada por emisión de fotón simple, se une la tomografía computarizada multicorte. De esta forma se obtiene información funcional y anatómica en un mismo estudio. Posee mayor rapidez de adquisición y mayor resolución y calidad de las imágenes. El CT se emplea para realizar la corrección de atenuación y para establecer la referencia anatómica de los hallazgos SPECT observados en el estudio.

Fundamento: El estudio óseo en medicina nuclear se define como un estudio morfofuncional del esqueleto, basado en la distribución de un radiotrazador en la matriz mineral ósea. Los radiotrazadores más utilizados son los difosfonatos marcados con ^{99m}Tc , cuya distribución depende del flujo sanguíneo regional, de la actividad osteoblástica y de la eficiencia en la extracción por parte del hueso.

El ^{99m}Tc es un radionucleido obtenido mediante generador molibdeno, que posee un semiperiodo de 6,01 h y un pico de energía de 140 keV.

Responsabilidades

Personal médico:

- Realizar consulta de clasificación.
- Solicitar y obtener el consentimiento informado del paciente o tutor.
- Revisar la calidad de las imágenes SPECT/CT antes de que el paciente abandone las instalaciones.
- Realizar la interpretación de las imágenes SPECT/CT y confeccionar del reporte médico.

Personal de enfermería:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones especiales que requiere este procedimiento.
- Administrar el radiofármaco siguiendo las normas establecidas.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período desde la entrada al salón de espera de los no inyectados, durante la administración del radiofármaco y el intervalo hasta la adquisición de las imágenes.
- Registrar todas las incidencias relacionadas con los pacientes durante su estancia en el centro.
- Consultar con el personal médico cualquier síntoma o alteración detectada durante la realización del estudio.

Personal técnico:

- Tener el equipamiento necesario en óptimas condiciones según se refiere en el control del equipamiento.
- Realizar las pruebas de rutina del SPECT/CT y registrar los resultados.
- Informar al jefe técnico o un físico médico en caso de desviación de los límites de tolerancia de los valores registrados durante las pruebas de rutina de control de calidad de la cámara gamma.
- Brindar al paciente la información relacionada con la adquisición de las imágenes.
- Atender las solicitudes de los pacientes durante el período de adquisición de las imágenes.
- Revisar la adecuada preparación del paciente para la realización del estudio.
- Garantizar una correcta adquisición de las imágenes.

Jefe del área técnica:

- Exigir el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.
- Controlar que se cumplan las medidas de protección radiológica.

Condiciones de seguridad

Indicaciones:

- No realizar el estudio SPECT/TC en mujeres embarazadas o lactando, solo que el beneficio del estudio supere el riesgo a las radiaciones. Si está lactando suspender la lactancia 24 h después del estudio.
- Se precisará con el paciente si existen antecedentes de alergias y/o si antes se ha realizado este tipo de estudio.
- Se le preguntará previamente al paciente nombre y apellidos y se comprobará que sea la dosis y producto correspondiente.
- La administración del radiofármaco se debe realizar manteniendo las condiciones de asepsia establecidas en las buenas prácticas clínicas.
- Todas las operaciones con sustancias radiactivas se deben realizar conforme a las instrucciones establecidas en el servicio.
- Se le explicará al paciente la posición que debe mantener y la importancia de no realizar movimientos durante la realización del estudio.
- Es necesario usar los medios de protección contra la contaminación radiactiva y seguridad radiológica.
- El técnico o tecnólogo encargado de la adquisición de las imágenes, debe asegurarse que se han realizado las pruebas rutinarias del programa de control de calidad del SPECT/TC.

Recursos humanos

Este procedimiento solo lo podrán realizar especialistas de los servicios de medicina nuclear que cumplan con las competencias definidas y requiere de la presencia de personal médico, de enfermería y técnico.

Equipamiento, locales, accesorios y materiales reactivos

Locales: local de preparación del paciente e inyecciones. Local del equipo SPECT/CT.

Equipo: sistema SPECT/CT.

Accesorios: soporte o aditamento para posicionamiento e inmovilización de los pacientes.

Materiales y reactivos

- Generador de Molibdeno $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$.
- Fármacos: MDP (metil di fofonato).
- Jeringuillas estériles.
- Algodón.
- Alcohol para uso clínico.
- Guantes.
- Contenedor de plomo y protectores de jeringuilla.
- Kit de descontaminación radiactiva en caso de derrame de la fuente.
- Contraste yodado en casos necesarios.

Procedimientos

Recepción de la indicación y verificación de su justificación del estudio. Indicaciones:

- Remitir al paciente a la consulta médica para su instrucción.
- Definir en la solicitud si el paciente requiere o no de contraste yodado.
- Precisar si no hay posibilidades de alergia o reacción al contraste u otros medicamentos y sustancias.

Preparación del paciente. Acciones:

- Ayunar 2 h previas al examen (no imprescindible).
- Explicar el procedimiento detalladamente.
- Mantener hidratación abundante desde el momento de la inyección (con excepción de los pacientes con insuficiencia renal que tengan restricción de líquidos).
- Indicar al paciente que debe orinar antes de comenzar el estudio.

Recepción del paciente el día del estudio. Acciones:

- Verificar la identidad de los pacientes.
- Comprobar nuevamente con el enfermo y familiares si no hay posibilidades de alergia o reacción a contrastes u otros medicamentos y sustancias.
- Explicar al paciente como se realizará el procedimiento.
- Retirar objetos metálicos de la zona en estudio.

Radiofármacos

Radiofármaco: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP (metil difosfonato).

Dosis: adulto: 25 - 30 mCi (925 - 1110 MBq) para 70 kg. Niño: según normas de pediatría.

Forma de administración: se inyecta por vía intravenosa no requiriendo cuidados especiales.

Contraste yodado: se usa solo si es imprescindible.

Tiempo entre inyección y adquisición del radiofármaco: comenzar 2 h posinyección y en pacientes con insuficiencia renal a las 3 h posteriores.

Administración del radiofármaco. Las instrucciones dadas en este epígrafe son ejecutadas por el técnico o tecnólogo encargado de la administración del radiofármaco:

- Verificar la identidad del paciente.
- Conducir el paciente al local de administración del servicio de Medicina Nuclear.
- Recoger el formulario de consentimiento informado firmado por el paciente o tutor antes de proceder a la administración del radiofármaco.
- Confeccionar el modelo de registro de pacientes según estudios realizados.
- Recopilar la información complementaria de uso médico necesaria para la interpretación y reporte del estudio y colocarla en el modelo de historia de estudios realizados.
- Precisar en caso de pacientes femeninas en edad fértil sobre posibles embarazo o lactancia materna. En caso de respuesta afirmativa, solicitar la presencia del médico del servicio de Medicina Nuclear e informarle sobre la situación.
- Solicitar al técnico o tecnólogo responsable de la preparación de la dosis la jeringuilla del paciente.
- Medir la actividad de la jeringuilla en el activímetro y comprobar que está en el rango aceptable de $\pm 10\%$ de la actividad solicitada.
- Anotar la actividad medida y la hora de medición en el registro de actividad administrada.

Instrumentación y adquisición de imágenes

Colimador: colimador paralelo de baja energía y alta resolución.

Ventana: 20 % en 140 keV.

SPECT: la adquisición del SPECT se debe realizar con una órbita circular de 360°, con 60 o 120 imágenes y una matriz de 64 x 64 x 16 o mayor, entre 10 a 40 s por imagen.

TAC: no es posible definir algunos parámetros específicos para los estudios óseos, ya que la adquisición depende de las características de la TAC que incluya el equipo; no obstante, una adquisición con 140 kV y 2,5 mA es suficiente para la corrección de atenuación y la localización anatómica. Es necesario seguir las guías de la Sociedad Española de Medicina Nuclear (SEMN), así como las instrucciones del fabricante del equipo, para definir los parámetros óptimos requeridos en la adquisición y fusión de la imagen.

En cuanto al grosor de corte, si se trata de una TAC no diagnóstica es suficiente con el mismo grosor que las imágenes de SPECT; en el caso de una TAC diagnóstica, se debe adecuar según la estructura ósea y la enfermedad que se va a estudiar.

Protocolo respiratorio: para la fusión óptima de los estudios SPECT-TAC en tórax y abdomen superior, se puede realizar la adquisición realizando una apnea a la mitad de la inspiración cuando las características del equipo lo permitan. También es posible un buen corregistro de las imágenes, si el paciente respira normal durante la adquisición, advirtiéndole que no realice movimientos respiratorios bruscos.

Reconstrucción y revisión de imágenes

Generalmente, los equipos híbridos cuentan con programas informáticos automatizados que reconstruyen la SPECT y realizan la fusión de imágenes sin que el usuario tenga que intervenir en el proceso.

La elección del filtro y el método de reconstrucción dependen de la zona de estudio, de las características del equipo y del radio de rotación; por eso los fabricantes suelen sugerir los filtros adecuados para cada exploración.

Tras la reconstrucción automatizada del estudio, es conveniente revisar la calidad de la fusión explorando marcas anatómicas reconocibles en ambos estudios. Usualmente, los equipos híbridos obtienen imágenes reconstruidas por retroproyección filtrada, reconstrucción iterativa (con o sin corrección de *scatter*) e imágenes con corrección de atenuación por TAC. La presentación de imágenes en la pantalla, suele mostrar alineadas las imágenes de TAC, de SPECT y de fusión en los tres planos (axial, coronal y sagital), así como una proyección tridimensional de máxima intensidad para revisar la imagen de emisión en modo cine.

Es importante tener en cuenta la presencia de artefactos metálicos en el estudio, ya que, dado el caso podrían alterar las imágenes que utiliza la TAC para corregir la atenuación. En la mayoría de los equipos no es posible corregir la orientación espacial del SPECT-TAC, por lo que es necesaria una adecuada colocación del paciente.

En el caso de los estudios óseos, se debe elegir una adecuada ventana para valorar correctamente las estructuras óseas. A veces resulta difícil precisar una ventana, debido a que estas difieren según las características del equipo, pero generalmente se encuentran predefinidas.

La figura 5.1 se corresponde con un estudio SPECT/CT de cuerpo entero con ^{99m}Tc -MDP, en el que se visualiza la biodistribución normal de este radiofármaco, altamente sensible y con baja especificidad. Muy utilizado en la práctica médica para detectar lesiones hasta seis meses antes que aparezcan por técnicas convencionales de imagen.



Fig. 5.1. Estudio de SPECT/CT de cuerpo entero con ^{99m}Tc -MDP. Fuente: Dirección de Servicios Biomédicos. Centro de Isótopos.

La figura 5.2 referida al estudio SPECT/CT de cuerpo entero usando el mismo radiofármaco, a diferencia de la anterior, muestra la presencia de múltiples metástasis óseas.

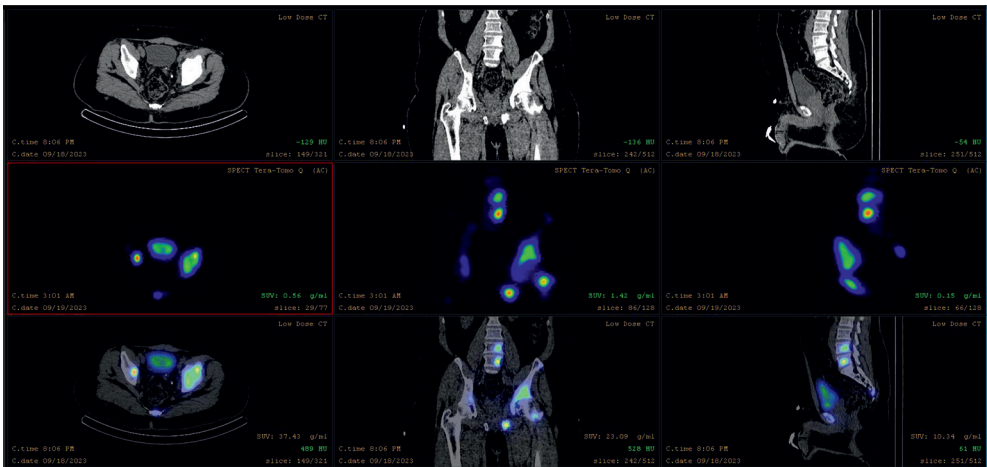


Fig. 5.2. Estudio de SPECT/CT de cuerpo entero con ^{99m}Tc -MDP. Lesiones metastásicas. Fuente: Dirección de Servicios Biomédicos. Centro de Isótopos.

Interpretación de las imágenes:

- Dado el alto número y la complejidad de las imágenes obtenidas es necesario analizar de forma sistematizada el estudio. Se pueden valorar inicialmente las imágenes de SPECT con y sin corrección de atenuación para localizar las zonas de hipercaptación o hipocaptación del radiofármaco. Posteriormente, se utilizan las imágenes de fusión para la correcta localización anatómica de los hallazgos observados en las imágenes de

emisión. Para ello, conviene analizar inicialmente el plano axial (que usualmente ofrece mayor calidad de imagen) y, si es necesario, triangular con los otros 2 planos.

- En la imagen normal se visualiza captación homogénea del trazador, con mayor intensidad de captación en zonas periarticulares. En niños y adolescentes se visualizan los cartílagos de crecimiento hipercaptantes.
- En el caso de que no existan alteraciones evidentes en las imágenes de emisión y exista una lesión localizada por medio de otros métodos, es conveniente realizar una búsqueda minuciosa de la lesión en las imágenes de TAC para valorar la intensidad de captación en la imagen funcional.
- En los equipos que cuenten con una TAC no diagnóstica, la valoración de sus imágenes se debe utilizar para la corrección de atenuación y localización anatómica. Ciertas características de las lesiones observadas en TAC pueden orientar el diagnóstico, pero en cualquier caso el diagnóstico debe apoyarse en las imágenes de emisión.
- Tanto en los equipos que cuenten con una TAC de baja dosis como en los equipos con TAC diagnóstica, se deben revisar las imágenes de TAC, valorando tanto las estructuras óseas como las partes blandas incluidas en el estudio.

Informe

Indicaciones:

- El informe de la imagen planar debe seguir las directrices reflejadas en el protocolo de la SEMN para la gammagrafía ósea.
- Se debe incluir la dosis de la TAC, el motivo de realización de la SPECT-TAC y la zona anatómica incluida en esta.
- Se describirán en primer lugar los hallazgos de la imagen planar. En segundo lugar, se correlacionarán estos con los de la SPECT-TAC, indicando la localización, morfología, intensidad de captación del radiotrazador y sus características radiológicas si existiera lesión anatómica e incorporar, además, los hallazgos patológicos que se encuentren en la TAC.
- Se debe ofrecer de ser posible, un diagnóstico diferencial de las lesiones observadas y una conclusión concisa.
- Solo se incluirán junto con el informe aquellas imágenes que resultaron útiles para el diagnóstico.
- Este procedimiento se reajustará para cada servicio, según equipo y características. Es necesario tener en cuenta que la gran variación de medios técnicos que tienen los servicios, impide una mayor precisión en la descripción técnica del procedimiento.

Controles

Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes de los servicios de medicina nuclear para que puedan ser verificados.

El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio verificarán el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

Observaciones

- El contenedor de plomo contendrá la jeringuilla con el radiofármaco, rotulado con la identificación del paciente (nombre y apellidos), peso y la actividad a administrar.
- En caso de detectar alguna contaminación, el especialista debe dejar una indicación visible al respecto y avisar al responsable de Protección Radiológica.
- Los guantes y jeringuillas utilizados, si están contaminados, se colocarán en el recipiente de plomo destinado para esos fines.
- Se debe reflejar en la libreta de trabajo del área, cualquier anomalía ocurrida en el proceso de inyección o adquisición durante el estudio.
- Se debe velar porque el tiempo entre la entrega de la dosis por el laboratorio y el momento de administración se cumpla de acuerdo a lo establecido.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOE.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo.
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
- Registro de administración de dosis
- Registro de estudios realizados.
- Base de datos de estudios realizados.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de entrega de los informes de SPECT/CT.

Procedimiento para la colección y procesamiento de estudios SPECT/CT con $^{99m}\text{TcO}_4$ y ^{99m}Tc -MIBI para el estudio de las glándulas tiroides y paratiroides

Objetivo

Establecer el procedimiento de ejecución, interpretación y reporte de imagen en las exploraciones SPECT/CT para las glándulas tiroides y paratiroides.

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones para de colección y procesamiento de los estudios SPECT/CT en la evaluación de las glándulas tiroides y paratiroides.

Indicaciones y contraindicaciones

Para estudios de tiroides

Indicaciones:

- Para evaluar la función y localización anatómica de nódulos tiroideos o tumoraciones en el cuello, que pueden ser únicos o múltiples. Es necesario conocer que en algunos pacientes la glándula agrandada se presenta de manera difusa (bocio), y puede o no contener nódulos.
- Para distinguir entre nódulos “calientes” y nódulos fríos, el cáncer tiroideo es más frecuente en el nódulo frío y raro en el nódulo caliente.
- Para evaluar pacientes con problemas respiratorios debido al agrandamiento de la glándula o al hecho de que la misma se extiende por detrás de la horquilla esternal.
- Para localizar tejido tiroideo en lugares inusuales como cerca de la boca (lingual) y en localización intratorácica.
- La imagen de tiroides también puede usarse para determinar la causa del hipertiroidismo.
- Bocio difuso.
- Bocio uninodular.
- Bocio multinodular.
- Bocio mediastinal (Plongeant).
- Quiste tirogloso.
- Tumoración de cuello de origen indeterminado.

Para estudios de paratiroides

Indicaciones:

- Hiperparatiroidismo primario o secundario.
- Dificultad en la exploración, cirugía de cuello previa, glándula ectópica.
- Ausencia de localización con métodos ultrasonográficos.
- Necesidad de reducir al mínimo el tiempo de la cirugía (pacientes de alto riesgo).

Contraindicaciones:

- Relativas: embarazo y lactancia.

Términos y definiciones

Gammagrafía de tiroides: término que se emplea también para nombrar el estudio anatomofuncional de la glándula. Puede determinar la presencia de una tiroides normal, ectópica o la ausencia total de tiroides funcionante. La captación del radionucleido confirma la presencia y situación del tejido tiroideo; evalúa el tamaño, la posición y aspecto de la tiroides.

SPECT/CT: equipo híbrido para la adquisición en un solo estudio de imágenes de tomografía por emisión de fotón único (SPECT), que permite la evaluación funcional de los órganos y tejidos; y de tomografía computarizada multicorte (CT), empleada para la corrección de la atenuación y establecer la referencia anatómica de los hallazgos del SPECT. La SPECT/CT permite localizar anatómicamente los focos anormales de captación y caracterizarlos.

Responsabilidades

Personal médico:

- Valorar la indicación médica, completar datos clínicos insuficientes, examinar al paciente y autorizar la realización del estudio en la consulta de clasificación.
- Examinar y tratar complicaciones post administración del radiofármaco en el momento del estudio.
- Interpretar y elaborar el informe médico del estudio.

Personal de enfermería:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones especiales que requiere este procedimiento.
- Consultar con el personal médico cualquier síntoma o alteración detectada durante la realización del estudio.

Personal técnico:

- Tener todo el equipamiento necesario en óptimas condiciones según se refiere en el control del equipamiento.
- Garantizar una correcta adquisición de la imagen.

Jefe del área técnica:

- Garantizar el cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente documento.

Condiciones de seguridad

Indicaciones:

- Realizar el estudio SPECT/CT solo en caso de que se justifique el procedimiento, previa aprobación por un médico del servicio de Medicina Nuclear.
- No realizar el estudio SPECT/TC a mujeres embarazadas o lactando, excepto en aquellos casos que el beneficio supere el riesgo de la exposición a las radiaciones. Si la paciente está lactando debe suspender la misma hasta transcurridas 24 h después del estudio.
- No se debe administrar contraste yodado a pacientes alérgicos al yodo.
- La administración del radiofármaco se debe realizar cumpliendo las condiciones de asepsia, según la instrucción.

- Se preguntará previamente al paciente el nombre y apellidos y se comprobará que sea la dosis y producto correspondiente.
- Se deben cumplir las disposiciones de seguridad biológica y radiológica establecidas en el procedimiento.
- En caso que se produzca una contaminación superficial, es requerido delimitar el área y avisar al operador de protección radiológica o al jefe de protección radiológica, acorde a lo establecido en las instrucciones.
- Se deben emplear los dosímetros termoluminiscentes personales.

Recursos necesarios

Recursos humanos

Este procedimiento solo lo podrán realizar los especialistas que cumplan con las competencias definidas, médico, técnico, enfermera y radioquímico.

Este procedimiento requiere de la presencia del personal de enfermería y de técnicos en Imagenología.

Recursos materiales

Equipo: SPECT/CT, computadoras de adquisición y procesamiento.

Locales: de administración de dosis, de adquisición y de procesamiento de imágenes.

Material gastable y de uso sanitario

- Torundas estériles de gasa o algodón.
- Jeringuillas estériles de 10 mL.
- Alcohol.

Procedimientos

Preparación del paciente. Suspender la siguiente medicación:

- T4: al menos 15 días.
- T3: al menos 7 días.
- Propiltiouracilo: 7 días.
- Perclorato: 7 días.
- Metidazol: 7 días.
- Cualquier otra medicación que contenga yodo debe ser suspendida: plidex, atlansil, etc.
- El paciente no debe haber recibido contraste yodado intravenoso o intratecal durante al menos tres semanas previas.
- Explicar el procedimiento detalladamente.

Radiofármaco

Radiofármaco: ^{99m}Tc - Pertecneciato de sodio ($^{99m}\text{TcO}_4\text{Na}$).

En el caso de los estudios paratiroideos se empleará además ^{99m}Tc -Metoxiisobutil isonitrilo (^{99m}Tc -MIBI).

Dosis:

- $^{99m}\text{TcO}_4\text{Na}$:
- Adultos: máximo 185 MBq.
- Niños: no más de 37 MBq.
- $^{99m}\text{Tc-MIBI}$:
- Adulto: 925MBq.
- Niños: 5.55 MBq x kg de peso corporal.

Forma de administración: vía intravenosa.

Protocolo de adquisición

Indicaciones:

- Comenzar la adquisición 20 min posteriores a la inyección del radiofármaco.
- Identificar al paciente por su nombre y apellidos, así como el estudio solicitado.
- Explicar al paciente el tiempo establecido para la adquisición de las imágenes.
- Posicionar al paciente en decúbito supino con una almohada debajo de sus hombros, que permita colocar la cabeza hacia atrás y el cuello extendido. Si la camilla no puede alejarse lo suficiente hacia abajo, tendrá que retirar la almohada, extender el cuello del paciente y asegurar la cabeza de modo que no se mueva de un lado a otro. Intentar el decúbito supino en caso de no poder permanecer en esta posición. El estudio se puede realizar de pie.
- Evitar bostezos, inspiraciones profundas y movimientos del cuerpo durante el estudio.

Adquisición:

- Modalidad de adquisición: SPECT/CT con las condiciones siguientes: órbita circular o de contorno de 360°, 60 o 128 proyecciones, 15 s por proyección, matriz de 128x128 pixeles, ventana centrada en el fotopico de 140 keV \pm 20 %. Emplear colimador de huecos paralelos, de bajas energías y de alta resolución.
- Una vez concluida la adquisición, verifique las proyecciones de las imágenes en modo cine antes de que el paciente se retire, para evaluar la presencia de movimientos involuntarios que puedan afectar la posterior reconstrucción del estudio SPECT/CT.
- Nota: En caso de que el estudio presente problemas de adquisición, el médico del servicio de Medicina Nuclear decidirá cómo proceder: repetir la adquisición, dar un nuevo turno para repetir el estudio o que el paciente se retire y esperar a procesar las imágenes para dar una conclusión.
- Anotar cualquier incidencia durante la realización del estudio en los registros.
- Salvar las imágenes realizadas, verificando que las mismas se hayan realizado con la calidad requerida.
- Orientar al paciente sobre la recogida del estudio realizado.
- Adquirir las imágenes del $^{99m}\text{Tc-MIBI}$ a los 20 min y 2 h posinyección.
- Lograr la imagen del ^{99m}Tc -pertecneciato de sodio 20 min posinyección.

En las figuras 5.3 y 5.4, se muestran dos estudios SPET/CT con $^{99m}\text{TcO}_4$ y MIBI respectivamente. El primero corresponde a un nódulo tiroideo y el segundo, a un nódulo paratiroideo.

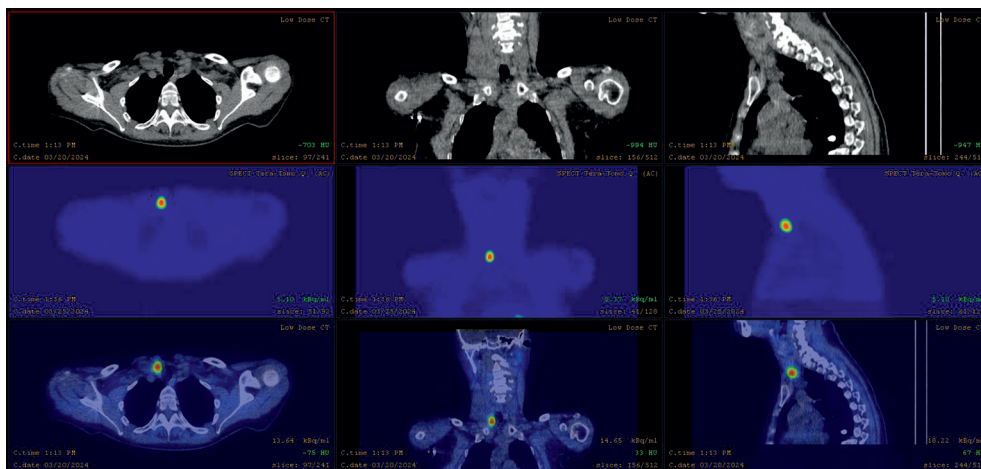


Fig. 5.3. Estudio SPECT/CT con $^{99m}\text{TcO}_4$. Nódulo tiroideo. Fuente: Dirección de Servicios Biomédicos. Centro de Isótopos.

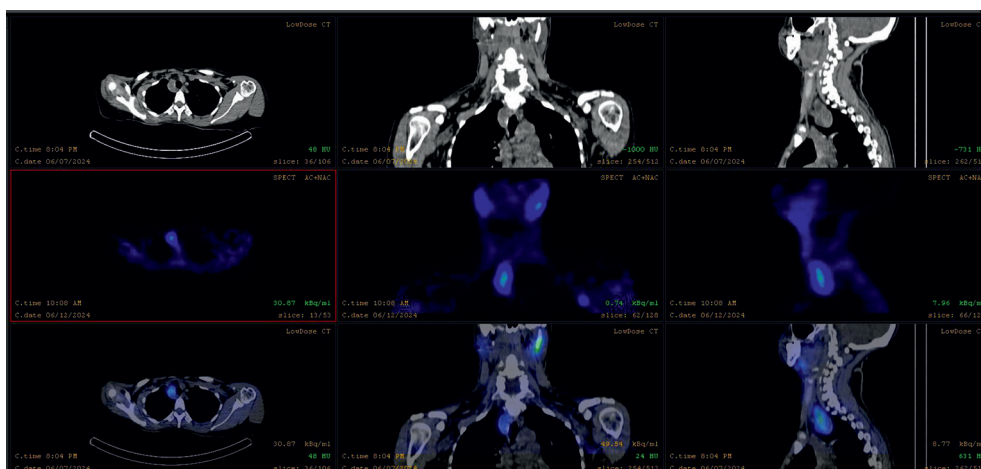


Fig. 5.4. Estudio SPECT/CT con $^{99m}\text{Tc-MIBI}$. Nódulo paratiroideo. Fuente: Dirección de Servicios Biomédicos. Centro de Isótopos.

Procesamiento de las imágenes de SPECT/CT

Acciones:

- Verificar que los datos del paciente y los documentos del estudio coincidan con la imagen médica a procesar.

- Realizar una revisión inicial de las imágenes del estudio sin procesar (proyecciones “crudas”) en modo cine antes de la generación de cortes tomográficos, a fin de verificar si el estudio está completo, evaluar la presencia y grado de movimiento, alteraciones de la biodistribución, relación de actividad órgano /fondo y otras fuentes potenciales de artefactos.
- Hacer la observación de la glándula, incluyendo la posición, tamaño, contornos, homogeneidad, y visualización de las regiones aledañas.
- Reevaluar la imagen a las 2 h en el caso del estudio de paratiroides para localizar la presencia de captación tardía de paratiroides.
- Realizar el maquear en las glándulas submaxilares y el área cardiaca.
- Aplicar el protocolo de reconstrucción automático de las imágenes.
- Nota: Las imágenes de SPECT son reconstruidas siempre mediante algoritmos iterativos, ya que estos permiten incorporar la corrección de atenuación basándose en el mapa de trasmisión creado por la CT, así como la corrección por la radiación dispersa (*scatter*).
- Mostrar las imágenes reconstruidas mediante la aplicación *Image Fusion*, que posee varios protocolos de visualización.
- Notas: las imágenes se pueden evaluar visualmente en cada uno de los planos ortogonales, fusionadas o independientes.
- Realizar la interpretación del estudio directamente desde la pantalla de la computadora.
- No se recomienda sustracción de la actividad de fondo en las imágenes.
- En caso de utilizar la aplicación de umbrales (en las escalas de colores), esta se debe ajustar de acuerdo con la base de datos de estudios normales, disponibles para cada radiofármaco y la instrumentación empleada en la adquisición, ya que la aplicación incorrecta de umbrales puede generar artefactos.
- En caso de que se presenten problemas de adquisición o procesamiento, el médico del servicio de Medicina Nuclear decidirá cómo proceder con el estudio del paciente.

Controles

- Los pasos realizados deben quedar reflejados en los registros correspondientes de los servicios de medicina nuclear para que puedan ser verificados.
- El jefe del área técnica y el médico a cargo del estudio controlará el cumplimiento de las disposiciones de este procedimiento.

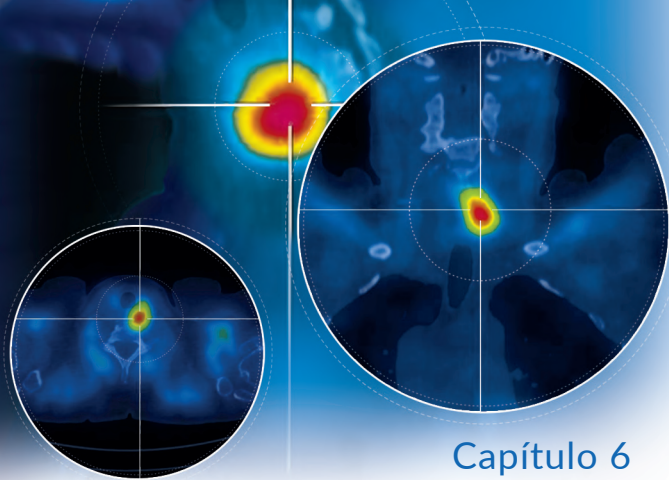
Registros:

- Registro de trazabilidad del paciente en el servicio de Medicina Nuclear.
- Registro de control diario de la administración de radiofármacos a los pacientes.
- Registro de control diario de la adquisición de los estudios de SPECT/CT.
- Registro de control del procesamiento de los estudios.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOE.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo.
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
- Registro de administración de dosis
- Registro de estudios realizados.
- Base de datos de estudios realizados.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de entrega de los informes de SPECT/CT.





Capítulo 6

Protocolos de infección musculoesquelética

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios de - SPECT/CT con ^{99m}Tc -Ciprofloxacino en procesos infecciosos e inflamatorios

Objetivo

Estandarizar la realización, interpretación y reporte de estudios de SPECT/CT en los departamentos de Medicina Nuclear con sistemas híbridos para el estudio de procesos infecciosos.

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones en los departamentos de Medicina Nuclear del Sistema Nacional de Salud, para el desarrollo de los estudios SPECT/CT con radiofármacos tecneciados en el estudio de enfermedades infecciosas.

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones:

- Osteomielitis.
- Artritis infecciosa.
- Pseudoartrosis séptica.
- Espondilodiscitis.
- Rechazo de prótesis articular.
- Pie diabético.
- Endocarditis infecciosa.
- Infección de prótesis vascular.
- Fiebre de origen desconocido (FOD).

Contraindicaciones:

- Absolutas: alergia a alguno de los componentes del radiofármaco (Quinolonas en caso de Ciprofloxacino) u otros.
- Relativas: embarazo.

Términos y definiciones

Kit frío liofilizado: formulación liofilizada que contiene además del fármaco con afinidad por un órgano, tejido o receptor específico, todos los componentes necesarios que permiten marcar a éste con un isótopo radiactivo determinado.

Ciprofloxacino: antibiótico que pertenece al grupo de las quinolonas. Fármaco que forma un complejo con el tecnecio ^{99m}Tc . Se emplea en la realización de estudios para la detección de infecciones por gérmenes sensibles al Ciprofloxacino como *Streptococcus pyogenes*, *Escherichia Coli*, *Staphylococcus aureus*.

SPECT/CT: modalidad de imagen híbrida que fusiona las imágenes obtenidas a través de la cámara gamma mediante una reconstrucción tridimensional (SPECT) y la tomografía computarizada (CT), para obtener mayor precisión en la localización e interpretación de las captaciones patológicas del radiofármaco.

Responsabilidades

Técnico o enfermero:

- Orientar al paciente sobre el examen que se va a realizar;
- Organizar el local con las condiciones técnicas requeridas (se pueden auxiliar de instructivos y materiales informativos).
- Velar por la firma del consentimiento informado.
- Dosificar y administrar el radiofármaco.
- Lograr una correcta adquisición de la imagen.
- Preparar las imágenes para el informe.
- Garantizar la disponibilidad del material gastable, medicamentos y lencería necesarios.
- Participar activamente en la supervisión médica del paciente y su auxilio inmediato en caso necesario.

Radiofarmaceuta:

- Realizar el marcaje y el control de calidad del radiofármaco.

Médico:

- Clasificar la indicación médica y su autorización.
- Confeccionar el informe médico, que incluye la elaboración, corrección, aprobación y firma; aunque la mecanografía es responsabilidad del personal de recepción, la versión final digital es responsabilidad del médico a cargo.

Secretaria:

- Entregar los turnos.
- Ofrecer el informe final con el resultado de la prueba.
- Seguir las orientaciones de los médicos y especialistas principales.

Condiciones de seguridad

Indicaciones:

- Es preciso que todas las operaciones con sustancias radiactivas cumplan las instrucciones y procedimientos según lo establecen las disposiciones de Protección Radiológica y buena práctica clínica.
- El marcaje se realizará cumpliendo las condiciones de asepsia establecidas en las buenas prácticas clínicas.
- El control de calidad del radiofármaco tiene que cumplir lo previsto en el programa de garantía de calidad.
- El funcionamiento del calibrador de dosis y del equipo SPECT/CT tiene que cumplir los estándares del programa de control de calidad previsto.

Recursos humanos

Este procedimiento solo lo podrán realizar los especialistas de los servicios de Medicina Nuclear que cumplan con las competencias y requiere de la presencia del personal médico, de enfermería y técnicos.

Equipamiento, materiales y reactivos

Equipos: activímetro o calibrador de dosis. Equipo híbrido de SPECT-CT de doble o triples detectores.

Materiales

- Jeringuillas estériles.
- Algodón, alcohol para uso clínico, papel absorbente y bolsas recolectoras.
- Contenedor de plomo.

Locales:

- Todas las operaciones de administración del radiofármaco se realizarán en el local de administración de dosis o en el del equipo de adquisición.
- La adquisición y procesamiento de las imágenes se realizará en el local establecido.
- El informe se mecanografía y se imprime en el local designado.

Procedimientos

Preparación del paciente:

- Orientar que puede ingerir alimentos. No es necesario el ayuno.
- Traer ropa libre de elementos metálicos, de ser posible.
- Suspender antibióticos como mínimo siete días antes del realizar el estudio.
- Orinar antes de comenzar el estudio.
- Retirar de los bolsillos objetos metálicos o de otro tipo.

Recepción del paciente el día del estudio:

- Indicar al paciente que se dirija al salón de espera de los no inyectados, después que reciba la indicación de la secretaria del departamento de Medicina Nuclear.

- Informar a los pacientes sobre los detalles del estudio y las normas que se deben cumplir para garantizar la seguridad radiológica dentro y fuera de la instalación.
- Verificar la identidad de los pacientes.
- Entregar el formulario de consentimiento informado del paciente o tutor.
- Pesar al paciente y anotar en el registro correspondiente.
- Determinar la actividad a administrar en cada paciente, considerando que en los de edad pediátrica, esta se determina según los PNO empleados en los estudios con cámara Gamma.

Radiofármaco

Radiofármaco: ^{99m}Tc – Ciprofloxacino.

Dosis:

- Adultos: 370-555 MBq (10-15mCi).
- No se recoge información sobre dosificación en niños.

Forma de administración: vía intravenosa.

Protocolo de adquisición

La realización previa de una gammagrafía ósea de tres fases con ^{99m}Tc -MDP, ayuda a complementar la información sobre la vascularización y afectación ósea.

Estudios estáticos previos al SPECT/CT

Se necesitan imágenes estáticas a las dos, cuatro y 24 h.

Parámetros:

- Proyecciones: anterior colimador: LEHR.
- Fotopico: 140 ± 20 % keV.
- Zoom: 1.
- Matriz: 128 x 128 píxeles.
- Parada: 1000 kc en esqueleto axial y 500 kc en esqueleto apendicular.
- Posición: decúbito supino.
- Tipo de estudio: estático.
- A las 24 h se recomienda realizar SPECT-CT en los casos donde la imagen sea positiva o dudosa.

SPECT

Parámetros:

- Colimador: LEHR.
- Ventana de 20 % centrada en 140 KeV.
- Ángulo de rotación: 360°.
- Matriz: 64x64.
- Proyección: 64/s.
- Parada: 30 s/proyección.
- Zoom: 1.

CT

Parámetros:

- Decúbito supino cráneo-caudal.
- Topograma de la región de interés con límites ya establecidos.
- Espiral basal en inspiración.
- Grosor de corte: 5 mm.
- Movimiento de mesa: 16 mm.
- Reconstrucción: 3 mm.

Procesamiento de imágenes

Las imágenes dinámicas y planares no requieren ningún procesamiento especial.

Imágenes de SPECT:

- Analizar las proyecciones “crudas” en modo cine para verificar integridad de los datos y eventual movimiento del paciente.
- Limitar la reconstrucción a la zona de interés.
- Reconstruir mediante retroproyección filtrada con el uso de filtro rampa con ventana Butterworth. Se pueden utilizar filtros Parzen, Metz y Hanning.
- Reorientar los cortes según los planos transversal, coronal y sagital.
- Fusionar el SPECT con el CT y realizar los cortes sagitales, coronales y axiales.

Documentación del estudio

El médico especializado en Medicina Nuclear supervisará la adquisición, revisará la orden del examen y después de adquirido el estudio, realizará las preguntas necesarias al paciente o acompañante para aclarar cualquier duda que pueda favorecer la interpretación de este.

Una vez concluida la adquisición de las imágenes, se procederá a salvar el estudio, se levantará al paciente y se le indicará la fecha en que puede recibir el resultado del proceder diagnóstico.

Reporte médico:

- Estudio negativo: cuando el resultado no muestra captación del radiofármaco a las 24 h.
- Estudio no útil para diagnóstico: cuando existen defectos técnicos durante cualquiera de los procedimientos del estudio.
- Estudio positivo de infección: cuando se aprecia una captación incrementada del radiofármaco ^{99m}Tc -Ciprofloxacino de forma difusa en las imágenes de 2 y 4 h, y persiste en la de las 24 h.

- Se puede realizar análisis semicuantitativo estableciendo índice I/s al dividir ROIS de la lesión entre ROIS del sitio contralateral sano, para diferenciar el incremento de flujo sanguíneo de una captación específica.
- Un estudio negativo significa la no existencia de infecciones por gérmenes sensibles al ciprofloxacino, lo que sugiere que puede existir un proceso séptico producido por otra causa y no ser diagnosticado por esta prueba.
- El informe de la tomografía incluirá no solo la descripción del área señalada por el SPECT, sino que la evaluará en toda su extensión y notificará en caso de que exista algún hallazgo.

Controles

Los pasos realizados con el paciente durante todo el proceso, serán trazables y controlados en cada etapa (indicación, revisión del especialista en Medicina Nuclear, instrucciones, consentimiento informado, turno, asistencia del paciente, administración de dosis, toma de imágenes o realización de estudio, procesamiento, elaboración del informe, transcripción, verificación del informe y entrega).

La redundancia de responsables y la verificación cruzada de diferentes especialistas y profesionales, garantiza la disminución de riesgos y la detección de errores.

El responsable del laboratorio de Radiofarmacia verificará el cumplimiento de las disposiciones de preparación, control y administración del RF en cada registro.

El médico especialista supervisará todo el proceso y quedará notificada la administración y la adquisición de imágenes en los registros correspondientes.

Observaciones

- Recoger los antecedentes del paciente, los resultados de estudios recientes, y los tratamientos previos utilizados.
- Reflejar en el modelo del paciente cualquier situación que se presente durante el estudio.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.
- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos PET.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.

- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOE.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo.
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
- Registro de administración de dosis
- Registro de estudios realizados.
- Base de datos de estudios realizados.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de entrega de los informes de PET/CT.

Procedimiento de colección y procesamiento de estudios de PET/CT con ^{18}F -FDG en procesos infecciosos e inflamatorios

Objetivo

Estandarizar en los departamentos de Medicina Nuclear con sistemas híbridos la realización, interpretación y reporte de estudios de PET/CT con ^{18}F -FDG en infección e inflamación.

Alcance

Este procedimiento normaliza las operaciones para el desarrollo de los estudios PET/CT con ^{18}F -FDG en los departamentos de Medicina Nuclear del Sistema Nacional de Salud.

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones:

- Osteomielitis.
- Pie diabético.
- Endocarditis infecciosa.
- Infección de los dispositivos electrónicos implantables en el corazón.
- Infección de injerto vascular.
- Fiebre de origen desconocido (FOD).
- Vasculitis de grandes vasos.

- Sarcoidosis.
- Infecciones musculoesqueléticas.
- Infección de prótesis articular.
- Enfermedades inflamatorias reumáticas.
- Enfermedad inflamatoria intestinal.

Contraindicaciones:

- Embarazo.

Términos y definiciones

PET/CT: modalidad de imagen híbrida que fusiona las imágenes obtenidas a través de la tomografía por emisión de positrones y la tomografía computarizada (CT), esta última para realizar la corrección de atenuación y lograr una mayor precisión en la localización e interpretación de las captaciones patológicas del radiofármaco.

Radiofármaco: ^{18}F -FDG es una molécula de glucosa marcada con ^{18}F que por los transportadores GLUT se incorpora al interior de la célula donde queda atrapada. Existirá mayor captación en los tejidos metabólicamente más activos.

Responsabilidades

Técnico:

- Orientar al paciente sobre el estudio que se va a realizar.
- Organizar el local con las condiciones técnicas requeridas para la realización del estudio (se puede auxiliar de instructivos y materiales informativos).
- Velar por la firma del consentimiento informado.
- Dosificar y administrar el radiofármaco.
- Lograr la correcta adquisición de la imagen.
- Preparar las imágenes para el informe.

Enfermero:

- Garantizar la disponibilidad del material gastable, medicamentos y lencería que se necesiten durante el estudio.
- Participar activamente en la supervisión médica del paciente y su auxilio inmediato si fuera necesario.

Radiofarmaceuta:

- Garantizar el manejo correcto del radiofármaco.

Médico:

- Clasificar la indicación médica y su autorización.
- Confeccionar el informe médico, que incluye la elaboración, corrección, aprobación y

firma; aunque la mecanografía es responsabilidad del personal de recepción, la versión final digital es responsabilidad del médico a cargo.

Secretaria:

- Entregar los turnos.
- Ofrecer el informe final con el resultado de la prueba.
- Seguir las orientaciones de los médicos y especialistas principales.

Condiciones de seguridad

- Es preciso que todas las operaciones con sustancias radiactivas cumplan las instrucciones y procedimientos según lo establecen las disposiciones de Protección Radiológica y buena práctica clínica.
- El marcaje se realizará cumpliendo las condiciones de asepsia establecidas en las buenas prácticas clínicas.
- El funcionamiento del calibrador de dosis y del equipo SPECT/CT tiene que cumplir los estándares del programa de control de calidad previsto.

Recursos humanos, equipamiento, materiales y reactivos

Recursos humanos: médicos, enfermeras y técnicos.

Equipos: activímetro o calibrador de dosis, equipo híbrido de PET-CT.

Materiales:

- Jeringuillas estériles.
- Algodón, alcohol para uso clínico, papel absorbente y jabas de nylon.
- Contenedor de plomo.

Locales:

- Todas las operaciones de administración del radiofármaco se realizarán en el local de administración de dosis.
- La adquisición y procesamiento de las imágenes se realizará en el local establecido.
- El informe se mecanografía y se imprime en el local designado.

Procedimientos

Preparación del paciente:

- Cumplir dieta con alto contenido en proteínas y escasos carbohidratos durante las 24 h previas al estudio.
- Prohibir ejercicios extenuantes durante las 24 h previas al estudio (incluyendo masajes profundos).
- Recomendar la administración de un sedante el día previo antes de dormir.
- Asegurar consumir una merienda antes de dormir con alto contenido en proteínas la

noche anterior si la cita es en la mañana, y si es en la tarde, recomendar desayuno con alto contenido proteico como huevo, queso, embutidos, atún, sardinas, leche o yogurt sin azúcar, entre otros).

- Tomar los medicamentos indicados en la mañana del estudio con agua que no contenga glucosa.
- Indicar la no ingestión de alimentos, ni bebidas azucaradas (goma de mascar, caramelos, ni nada que contenga azúcar) durante las 6 h previas al estudio. Beber solo agua común no saborizada, no té ni café, ya que cualquier otro líquido podría alterar los resultados del examen.
- Realizar un examen de glucemia en el dedo, que debe ser inferior a 11,1 mmol/L para poder realizar el estudio.

Acciones para recibir al paciente:

- Solicitar en la consulta de clasificación previa la indicación del estudio y revisar la aprobación por el Médico Nuclear del servicio.
- Notificar al personal de enfermería la llegada del paciente.
- Conducir al paciente a la consulta médica para la entrevista con el Médico Nuclear.
- Solicitar al paciente el consentimiento informado debidamente firmado.
- Comprobar que coincida el peso y la talla del paciente con el registrado en la consulta de clasificación. En caso de ser diferente, es necesario remitir al Médico Nuclear para la modificación de la actividad a administrar, en función del nuevo peso.
- Determinar los niveles de glucosa en sangre si el radiofármaco a utilizar es FDG-18, si estos no se corresponden con los valores normales, es preciso informar al médico nuclear para adoptar las medidas pertinentes.
- Llevar al paciente al local de cambio de ropa para que se ponga el pijama. El personal acompañante deberá permanecer en la Recepción del servicio.
- Canalizar una vía para la administración del radiofármaco.
- Conducir al paciente a uno de los cuatro cuartos de reposo donde se le administrará el radiofármaco.
- Trasladar la mesa mayo con la cubeta plomada que contiene la jeringuilla con el protector plomado hasta el sillón o la cama donde se encuentra el paciente.

Administración del radiofármaco

Indicaciones:

- Medir en el activímetro la actividad remanente en la jeringuilla después de administrado el producto.
- Monitorear al paciente por el circuito cerrado de televisión y asistirlo en caso de que sea necesario.
- Indicar al paciente que orine en el baño destinado en la zona controlada durante el

reposo y antes de pasar al local del PET-CT, para la adquisición de las imágenes a los 60 minutos aproximadamente.

- Conducir al paciente al local de espera ubicado en la zona controlada hasta que se complete la revisión de las imágenes adquiridas.
- Regresar al paciente al local de reposo en caso de requerirse una imagen tardía.
- Indicar al paciente que puede cambiar de ropa una vez concluido el estudio y conducirlo hasta la recepción.
- Informar la fecha de recogida del informe si es un paciente de otra institución de salud.
- Cumplir las medidas para garantizar la seguridad en la manipulación y administración del radiofármaco.

Radiofármaco

Radiofármaco: 18F-fluoro-2-deoxyglucose (FDG).

Dosis: 3.7–5.2 MBq/kg (0,10–0,14 mCi/kg) con un mínimo de 26 MBq (0,7mCi).

Forma de administración: vía intravenosa.

Protocolo de adquisición

PET: varía acorde a la afección sospechada. Se puede adoptar un protocolo único aplicable a la mayoría de las enfermedades, que incluya desde la base del cráneo, hasta el tercio medio de los muslos.

CT: se adquiere en la misma posición del PET, el paciente se acostará con los brazos elevados para evitar artefactos en el CT, a no ser que la enfermedad de base lo impida o el médico nuclear decida cambiar el protocolo.

Los márgenes del CT en el marco de los estudios FDG PET/CT consisten en un topograma y una o múltiples tomografías computarizadas helicoidales. Los parámetros de adquisición del CT: corriente del tubo, voltaje, corte espesor, tiempo de rotación y paso, se deben elegir teniendo en cuenta el objetivo del examen de TC (atenuación (CTAC), para localización anatómica y CT para diagnóstico adicional).

Procesamiento de imágenes

Cualquier aumento de la captación del radiofármaco (hipermetabolismo) por encima del fondo, no es fisiológico y es considerado patológico. La captación anormal se puede describir de manera cualitativa en leve, moderada o severa y semicuantitativa en términos de SUV; para este fin resulta útil guiarse por el fondo del hígado.

Las figuras 6.1 y 6.2, representan los estudios PET/CT con ¹⁸F-FDG que más se realizan en la práctica médica asociados a las infecciones musculoesqueléticas, entre ellas, las de rodilla y las de columna vertebral.

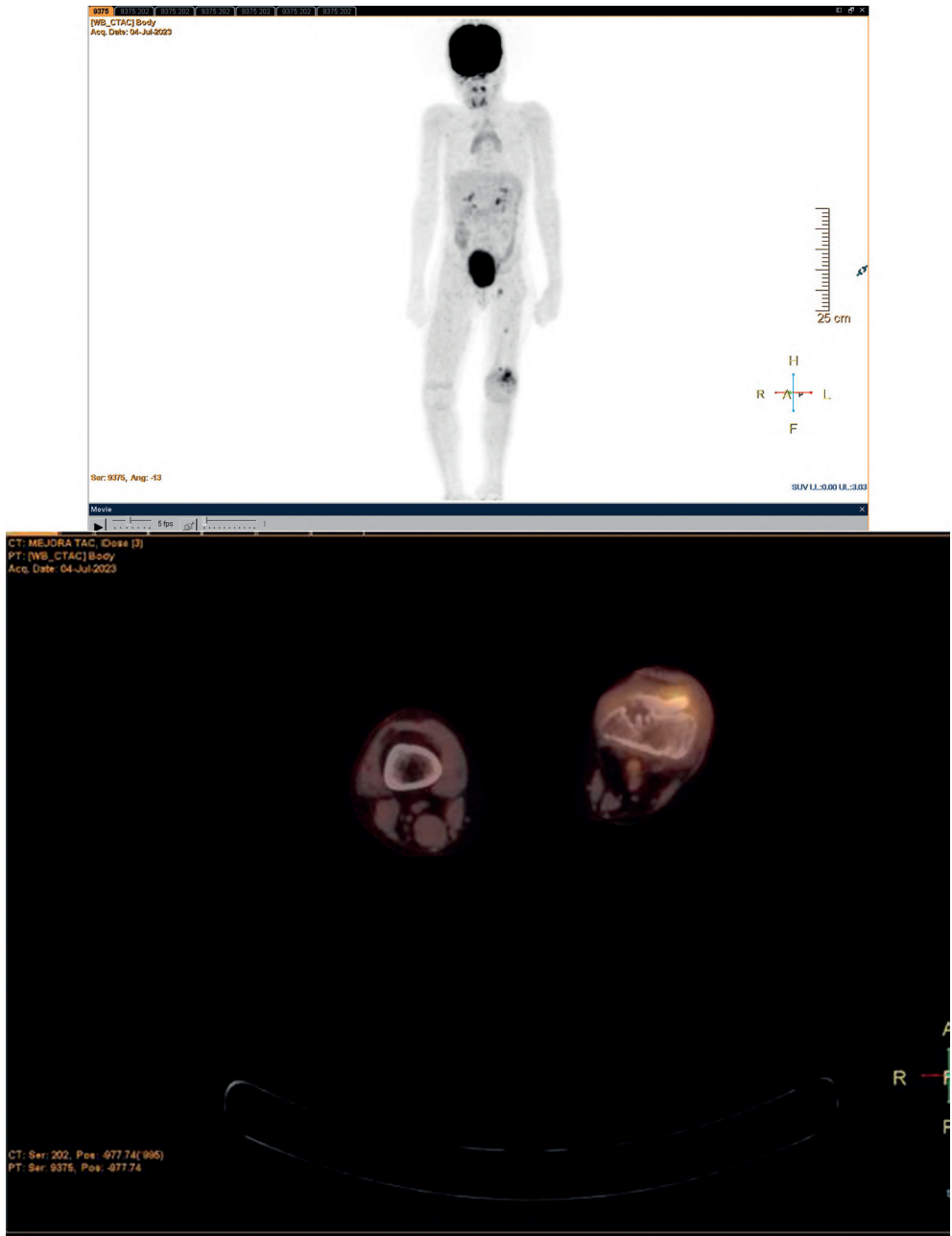


Fig. 6.1. Estudio PET/CT con ^{18}F -FDG. Atritis séptica de rodilla. Fuente: Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas.

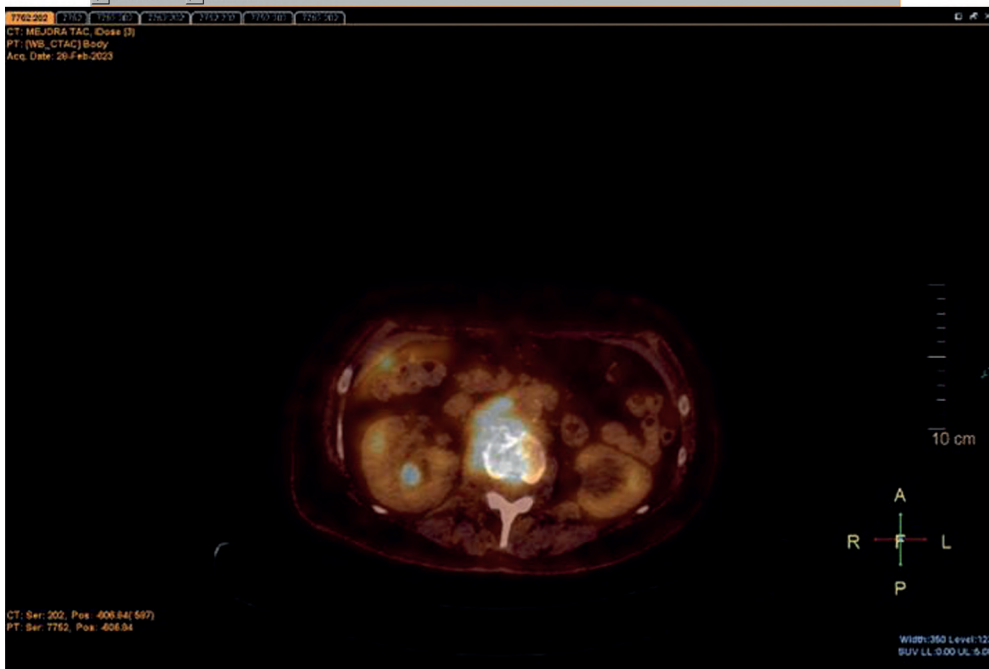
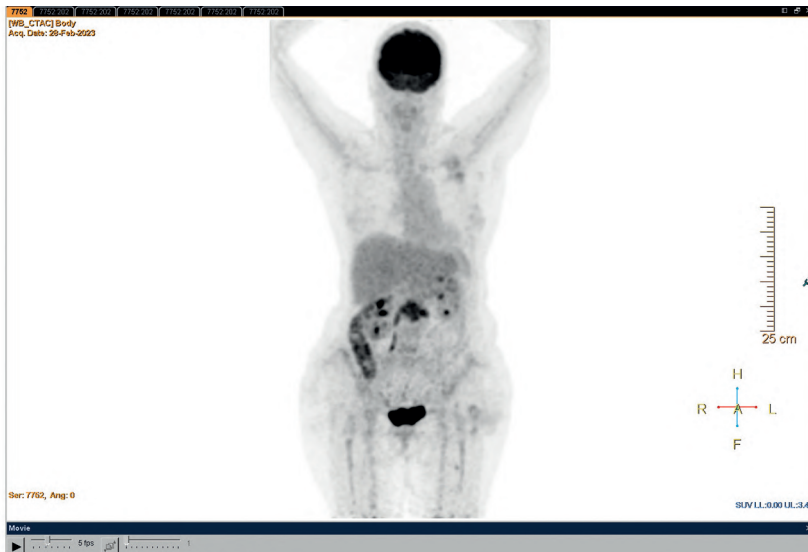


Fig. 6.2. Estudio PET/CT con ^{18}F -FDG. Osteomielitis vertebral. *Fuente:* Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas.

Documentación del estudio

El médico especializado en Medicina Nuclear es el encargado de supervisar la adquisición, revisar la orden del examen y después de adquirido el estudio, realizar las preguntas

al paciente o acompañante que considere necesarias, para aclarar cualquier duda que pueda favorecer la interpretación del resultado.

Una vez concluida la adquisición de las imágenes se guardan, se le indica al paciente que ya se puede levantar y se le notifica la fecha en que puede recibir el resultado del proceder diagnóstico.

Reporte médico:

- Es esencial chequear la calidad de las imágenes y factores que pueden influir en el SUV.
- Estudio normal: es cuando se observa distribución fisiológica del ^{18}F -FDG.
- Estudio no útil para diagnóstico: es el que muestra defectos técnicos durante cualquiera de los procedimientos realizados.
- Estudio positivo: es cuando se observa cualquier foco hipermetabólico (captación superior al fondo) que no se considere fisiológico. La captación anormal puede ser descrita cualitativamente en leve, moderada o severa, o semicuantitativa mediante el SUV. Cualquier hallazgo encontrado se debe comparar con las imágenes de CT.
- En caso de detectar anomalías en CT, se recomienda comparar con las imágenes PET, y de no observar captación patológica, de igual manera se debe reportar en el informe final.

Controles

Los pasos realizados con el paciente en todo el proceso deberán ser trazables y controlados en cada etapa (indicación, revisión del especialista en Medicina Nuclear, instrucciones, consentimiento informado, turno, asistencia del paciente, administración de dosis, toma de imágenes o realización de estudio, procesamiento, elaboración del informe, transcripción, verificación del informe, entrega).

La redundancia de responsables y la verificación cruzada de diferentes especialistas y profesionales, garantiza la disminución de riesgos y la detección de errores.

El responsable del laboratorio de radiofarmacia verificará el cumplimiento de las disposiciones de preparación, control y administración del RF en cada registro.

El médico especialista supervisará todo el proceso y quedará notificada la administración y la adquisición de imágenes en los registros correspondientes.

Observaciones

Recoger los antecedentes del paciente, los resultados de estudios recientes, y los tratamientos utilizados.

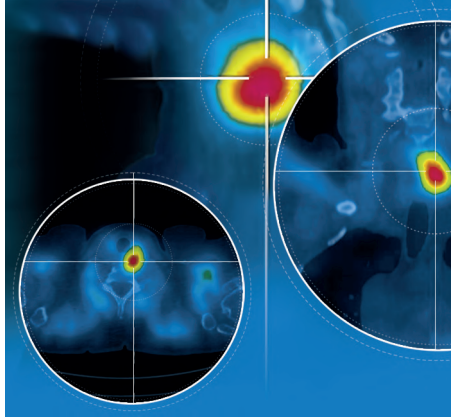
Reflejar en el modelo del paciente cualquier situación que se presente durante el estudio.

Documentación asociada

- Ficha de procesos de servicios clínicos generales.
- Instrucción para la consulta de clasificación y entrega de turnos.

- Instrucción para la recepción de los pacientes y entrega de informes médicos.
- Instrucción para la administración de radiofármacos.
- Instrucción para la confección de informes médicos.
- Instrucción para manejar incidentes de extravasación.
- Instrucción para manejar eventos adversos post-administración de radiofármacos.
- Instrucción para el desarrollo de la charla educativa.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de superficies.
- Instrucción de protección radiológica: descontaminación de TOEs.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: administración de radiofármacos mediante inyectables.
- Instrucciones de protección radiológica para puestos de trabajo: local de PET/CT.
- Instrucción para el cálculo de la dosis a administrar a pacientes pediátricos.
- Registro de administración de dosis.
- Registro de estudios realizados en equipo.
- Base de datos de estudios realizados en equipo.
- Registro de estudios procesados.
- Base de datos con los informes médicos.
- Registro de salida de los informes de PET/CT.





Bibliografía

- Abbara S, Blanke P, Maroules CD, Cheezum M, Choi AD, Han BK, et al. SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography: A report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee endorsed by the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2016;10(6):435-49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2016.10.002>
- Abraham A, Kass M, Ruddy TD, deKemp RA, Lee AK, Ling MC, et al. Right and left ventricular uptake with Rb-82 PET myocardial perfusion imaging: Markers of left main or 3 vessel disease. *J Nucl Cardiol.* 2010;17(1):52-60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12350-009-9153-2>
- American Society of Nuclear Cardiology. ASNC Practice Points: Positron Emission Tomography Myocardial Perfusion Imaging. 2018. Disponible en: <https://acortar.link/jagY38>
- Bateman TM, Heller GV, Beanlands R, Calnon DA, Case J, deKemp R, et al. Practical guide for interpreting and reporting cardiac PET measurements of myocardial blood flow: an Information Statement from the American Society of Nuclear Cardiology, and the Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. *J Nucl Cardiol.* 2021;28(2):768-87. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12350-021-02552-7>
- Beanlands RS, Muzik O, Hutchins GD, Wolfe ERJr, Schwaiger M. Heterogeneity of regional nitrogen 13-labeled ammonia tracer distribution in the normal human heart: Comparison with rubidium 82 and copper 62-labeled PTSM. *J Nucl Cardiol.* 1994;1(3):225-35. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02940336>
- Ben-Haim S, Gacinovic S, Israel O. Cardiovascular infection and inflammation. *Semin Nucl Med.* 2009;39(2):103-14. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2008.10.004>
- Blankstein R, Osborne M, Naya M, Waller A, Kim CK, Murthy VL, et al. Cardiac positron emission tomography enhances prognostic assessments of patients with suspected cardiac sarcoidosis. *J Am Coll Cardiol.* 2014; 63(4):329-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.09.022>
- Blankstein R, Shaw L, Chandrashekhar Y. Amyloidosis imaging. Prime time biomarker yet still a moving target. *J Am Coll Cardiol Img.* 2020;13(6):1392-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.05.002>

- Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2015;42(2):328–354. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00259-014-2961-x>
- Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2015;42(2):328–54. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00259-014-2961-x>
- Bokhari S, Castano A, Pozniakoff T, Deslisle S, Latif F, Maurer MS. (99m)Tc- pyrophosphate scintigraphy for differentiating light-chain cardiac amyloidosis from the transthyretin-related familial and senile cardiac amyloidoses. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2013;6(2):195–201. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.112.000132>
- Bombardieri E, Aktolun C, Baum RP, Bishof-Delaloye A, Buscombe J, Chatal JF, et al. Bone scintigraphy: Procedure guidelines for tumour imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2003;30(12):BP99–106. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00259-003-1347-2>
- Bosch-Bayard RI, Llibre-Rodríguez JJ, Fernández-Seco A, Borrego-Calzadilla C, Carrasco-García MR, Zayas-Llerena T, Moreno-Carbonell CR, Reymond-Vasconcelos AG. Cuba's Strategy for Alzheimer Disease and Dementia Syndromes. *MEDICC Rev*. 2016;18(4):9–13. Disponible en: <https://www.scielosp.org/article/medicc/2016.v18n4/9-13/>
- Castro Toro A, Buriticá O F. Enfermedad de Parkinson: criterios diagnósticos, factores de riesgo y de progresión, y escalas de valoración del estadio clínico. *Acta Neurol Colomb*. 2014;30(4):300–6. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-87482014000400010
- Chareonthaitawee P, Beanlands RS, Chen W, Dorbala S, Miller EJ, Murthy VL, et al. Joint SNMMI–ASNC expert consensus document on the role of 18F-FDG PET/CT in cardiac sarcoid detection and therapy monitoring. *J Nucl Cardiol*. 2017;24:1741–58. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12350-017-0978-9.pdf>
- Chen W, Kim J, Molchanova-Cook OP, Dilsizian V. The potential of FDG PET/CT for early diagnosis of cardiac device and prosthetic valve infection before morphologic damages ensue. *Curr Cardiol Rep*. 2014;16(3):45. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24482013/>
- Christian S, Kraas J, Conway WF. Musculoskeletal infections. *Semin Roentgenol*. 2007;42(2):92–101. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.ro.2006.08.011>
- Chu VH, Crosslin DR, Friedman JY, Reed SD, Cabell CH, Griffiths RI, et al. Staphylococcus aureus bacteremia in patients with prosthetic devices: Costs and outcomes. *Am J Med*. 2005;118(12):1416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2005.06.011>
- Clinical Applications of SPECT/CT: New Hybrid Nuclear Medicine Imaging System. IAEA TecDoc 1597. 2008. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE_1597_Web.pdf
- Delbeke D, Coleman RE, Guiberteau MJ, Brown ML, Royal HD, Siegel BA, et al. Procedure guideline for tumor imaging with SPECT/CT 1.0. *J Nucl Med*. 2006;47(7):1227–1234. Disponible en: <https://jnm.snmjournals.org/content/47/7/1227.long>

- Delbeke D, Coleman RE, Guiberteau MJ, Brown ML, Royal HD, Siegel BA, et al. Procedure Guideline for SPECT/CT Imaging 1.0. *J Nucl Med*. 2006;47(7):1227-34. Disponible en: <https://jnm.snmjournals.org/content/47/7/1227.long>
- Delgado Bolton RC, Mucientes Rasilla J, Pérez Castejón M^aJ, Carreras Delgado JL. La tomografía por emisión de positrones (PET) y PET-TAC en riñón, vías urinarias y próstata: Actualización. *Actas Urol Esp*. 2009;33(1):11-23. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-48062009000100005
- Dilsizian V, Achenbach S, Narula J. On adding versus selecting imaging modalities for incremental diagnosis: A case-study of 18F-fluorodeoxyglucose PET/CT in prosthetic valve endocarditis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013;6(9):1020-1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2013.07.005>
- Dilsizian V, Bacharach SL, Beanlands RS, Bergmann SR, Delbeke D, Dorbala Sh, et al. ASNC imaging guidelines/SNMMI procedure standard for positron emission tomography (PET) nuclear cardiology procedures. *J Nucl Cardiol*. 2016;23(5):1187-226. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12350-016-0522-3.pdf>
- Dilsizian V, Bacharach SL, Beanlands RS, et al. ASNC imaging guidelines/SNMMI procedure standard for positron emission tomography (PET) nuclear cardiology procedures. *J Nucl Cardiol*. 2016;23(5):1187-226. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12350-016-0522-3.pdf>
- Dorbala S, Ando Y, Bokhari S, Dispenzieri A, Falk RH, Ferrari VA, et al. ASNC/AHA/ASE/EANM/HFSA/ISA/SCMR/SNMMI Expert Consensus Recommendations for multimodality imaging in cardiac amiloidosis: Part 1 of 2 – Evidence base and standardized methods of imaging. *J Nucl Cardiol* 2019;26:2065–123. DOI: <https://doi.org/10.1161/HCI.0000000000000029>
- Dorbala S, Ando Y, Bokhari S, Dispenzieri A, Falk RH, Ferrari VA, et al. ASNC/AHA/ASE/EANM/HFSA/ISA/SCMR/SNMMI Expert Consensus Recommendations for multimodality imaging in cardiac amiloidosis: Part 2 of 2 – Diagnostic criteria and appropriate utilization. *J Nucl Cardiol*. 2020; 27(2):659–73. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01761-5>
- Dorbala S, Bokhari S, Miller E, Bullock-Palmer R, Soman P, Thompson R. ASNC practice points: 99mTechnetium-pyrophosphate imaging for transthyretin cardiac amyloidosis. Released February 27, 2019. Disponible en: <https://www.asnc.org/wp-content/uploads/2024/05/ASNC-Practice-Point-99mTechnetium-Pyrophosphate.2016.pdf>
- Dorbala S, Cuddy S, Falk RH. How to image cardiac amyloidosis. A practical approach. *J Am Coll Cardiol Img*. 2020;13(6):1368–83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.07.015>
- Dorbala S, Di Carli MF, Delbeke D, Abbara S, DePuey EG, Dilsizian V, et al. SNMMI/ASNC/SCCT Guideline for Cardiac SPECT/CT and PET/CT 1.0*. *J Nucl Med*. 2013;54(8):1485-1507. Disponible en: <https://jnm.snmjournals.org/content/jnumed/54/8/1485.full.pdf>
- Dorbala S, Foley Kijewski M, Park MA. Quantitative bone-avid tracer SPECT/CT for cardiac amyloidosis: a crucial step forward. *J Am Coll Cardiol Img* 2020;13(6):1364-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.05.005>

- Dorbala S, Park MA, Cuddy S, Singh V, Sullivan K, Kim S, et al. Absolute quantitation of cardiac ^{99m}Tc -Pyrophosphate using Cadmium-Zinc-Telluride-Based SPECT/CT. *J Nucl Med.* 2021;62(5):716–22. DOI: <https://doi.org/10.2967/jnumed.120.247312>
- EANM, Principles and practice of PET/CT; Parte II. A Technologist's Guide. Produce with the kind support of SIEMENS. Principles and Practice of PET/CT.
- Erba PA, Israel O. SPECT/CT in infection and inflammation. *Clin Transl Imaging.* 2014; 2:519–535. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40336-014-0092-9>
- European Association of Nuclear Medicine (EANM). TechGuide-Brain Imaging. 2016. DOI: <https://doi.org/10.52717/DVQJ2460>
- European Medicines Agency. Note for Guidance for Good Clinical Practice. ICH E6 (R1) Step 5. EMEA/CPMP/ICH/135/95. 2002. Disponible en: https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/ich-e6-r1-guideline-good-clinical-practice-revision-1_en.pdf
- Fanti S, Farsad M, Mansi L. Atlas de SPECT-CT. Bone imaging with SPECT-CT. Springer; 2011. p. 105-120.
- García Garzón JR, Rodríguez A, Cabrera A. Tomografía por emisión de positrones de cuerpo completo (PET/TAC) con ^{18}F -fluorodesoxiglucosa. *Rev Esp Med Nucl.* 2009;28(2):85-9. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0212-6982\(09\)70706-2](https://doi.org/10.1016/s0212-6982(09)70706-2)
- García-Talavera P, Díaz-González LG, Martín-Gómez E, Peñaherrera-Cepeda AC, López-Puche S, Tamayo-Alonso P. Medicina nuclear. Diagnóstico de la patología de tiroides y paratiroides. *Rev ORL* 2020; 11(3): 283-295. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2444-79862020000300006
- Gertz MA, Brown ML, Hauser MF, Kyle RA. Utility of technetium Tc 99m pyrophosphate bone scanning in cardiac amyloidosis. *Arch Intern Med* 1987;147(6):1039-44. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3036031/>
- Gillmore JD, Maurer MS, Falk RH, Merlini G, Damy T, Dispenzieri A, et al. Nonbiopsy diagnosis of cardiac transthyretin amyloidosis. *Circulation* 2016;133(24):2404–12. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.021612>
- Givens RC, Russo C, Green P, Maurer MS. Comparison of cardiac amyloidosis due to wild-type and V122I transthyretin in older adults referred to an academic medical center. *Aging Health* 2013;9(2):229-35. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3780445/>
- González-López E, Gallego-Delgado M, Guzzo-Merello G, de Haro-Del Moral FJ, Cobo-Marcos M, Robles C, et al. Wild-type transthyretin amyloidosis as a cause of heart failure with preserved ejection fraction. *Eur Heart J* 2015;36(38):2585–94. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv338>
- Gould KL, Johnson N, Bateman T, Beanlands RS, Bengel FM, Bober R, et al. Anatomic versus physiologic assessment of coronary artery disease: Guiding management decisions using positron-emission tomography (PET) as a physiologic tool. *J Am Coll Cardiol.* 2013;62(18):1639–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.07.076>

- Greulich S, Deluigi CC, Gloekler S, Wahl A, Zurn C, Kramer U, et al. CMR imaging predicts death and other adverse events in suspected cardiac sarcoidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013; 6(4):501–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2012.10.021>
- Hou G, Zhao D, Jiang Y, Zhu Z, Huo L, Li F, et al. Clinical utility of FDG PET/CT for primary and recurrent papillary renal cell carcinoma. *Cancer Imaging*. 2021;21(1):25. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40644-021-00393-8>
- Hutt DF, Quigley AM, Page J, Hall ML, Burniston M, Gopaul D, et al. Utility and limitations of 3,3-diphosphono-1,2-propanodicarboxylic acid scintigraphy in systemic amyloidosis. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014;15(11):1289-98. DOI: <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeu107>
- IAEA Clinical Applications of SPECT/CT: New Hybrid Nuclear Medicine Imaging System. IAEA Tec Doc 1597. Vienna; 2008.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). Standard operating procedures for PET/CT: a practical approach for use in adult oncology. IAEA Human Health Series No. 26. 2016. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1616_web.pdf
- International Atomic Energy Agency (IAEA). Standard operating procedures for PET/CT: a practical approach for use in adult oncology. IAEA Human Health Series No. 26. 2016. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1616_web.pdf
- International Atomic Energy Agency, Vienna. "Nuclear Medicine Resources Manual". 2006.
- International Atomic Energy Agency. Clinical Applications of SPECT–CT, IAEA Human Health Series No. 41. Viena:IAEA;2023. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1971_web.pdf
- International Atomic Energy Agency. SPECT/CT Atlas of Quality Control and Image Artefacts, IAEA Human Health Series No. 36. 2019. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1860_web.pdf
- Jacobson DR, Gorevic PD, Buxbaum JN. A homozygous transthyretin variant associated with senile systemic amyloidosis: evidence for a late-onset disease of genetic etiology. *Am J Hum Genet*. 1990;47:127-36. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1683748/pdf/ajhg00091-0131.pdf>
- James OG, Christensen JD, Wong TZ, Borges-Neto S, Koweek LM. Utility of FDG PET/CT in inflammatory cardiovascular disease. *Radiographics*. 2011; 31(5):1271–86. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21918044/>
- Juni JE, Waxman AD, Devous MD, Tikofsky RS, Ichise M, Van Heertum RL, et al. Procedure guideline for brain perfusion SPECT using (99m)Tc radiopharmaceuticals 3.0. *J Nucl Med Technol*. 2009;37(3):191-5. Disponible en: <https://tech.snmjournals.org/content/jnmt/37/3/191.full.pdf>
- Keidar Z, Israel O, Krausz Y. SPECT/CT in tumor imaging: Technical aspects and clinical applications. *Semin Nucl Med*. 2003;33(3):205–18. DOI: <https://doi.org/10.1053/snuc.2003.127310>

- Kemp RA, Yoshinaga K, Beanlands RSB. Will 3-dimensional PET-CT enable the routine quantification of myocardial blood flow?. *J Nucl Cardiol*. 2007; 14(3):380–9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nuclcard.2007.04.006>
- Kim D, Lee N, Lee SH, Kim HJ, Hong HS, Park JS, et al. Metabolic tumour volume on 18F-FDG PET/CT predicts extended pathological T stages in patients with renal cell carcinoma at staging. *Sci Rep*. 2021;11(1):23486. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03023-2>
- Klaus Tatsch. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2015;42(2):328–354. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00259-014-2961-x>
- Koiwa H, Tsujino I, Ohira H, Yoshinaga K, Otsuka N, Nishimura M. Images in cardiovascular medicine: Imaging of cardiac sarcoid lesions using fasting cardiac 18F- fluorodeoxyglucose positron emission tomography: An autopsy case. *Circulation*. 2010; 122(5):535–6. Disponible en: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.952184>
- Ladrón de Guevara D. PET/CT en Urología Oncológica: Puesta al día, Revista Médica Clínica Las Condes. 2018;29(2): 142-154. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-pet-ct-urologia-oncologica-puesta-al-S0716864018300312>
- Lövblad K-O, Bouchez L, Altrichter S, et al. PET-CT in neuroradiology. *Clinical and Translational Neuroscience*, 2019;3(2):1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/2514183X19868147>
- Love C, Palestro CJ. Radionuclide imaging of infection. *J Nucl Med Technol*. 2004;32(2):47–57. Disponible en: <https://tech.snmjournals.org/content/jnmt/32/2/47.full.pdf>
- Love C, Tomas MB, Tronco GG, Palestro CJ. FDG PET of infection and inflammation. *Radiographics*. 2005;25(5):1357-68. Disponible en: <https://doi.org/10.1148/rg.255045122>
- Maddahi J, Lazewatsky J, Udelson JE, Berman DS, Beanlands RSB, Heller GV, et al. Phase-III clinical trial of Fluorine-18 Flurpiridaz Positron Emission Tomography for evaluation of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol*. 2020;76(4):391-401. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.05.063>
- Manual de uso y mantenimiento celda de manipulación mod. Nmcprj xx. Edición 3 del 12/15 Rev. 0.0.
- MarreroRiverón, LO. Medina Nuclear. Aplicación en el sistema osteomioarticular. Editorial Ciencias Médicas.2012.
- Mediso (Medical Imaging Systems), AnyScanR TRIO triple-detector with Multi-PinHole Collimation. The first of its kind Triple-Detector SPECT/CT system. 2019.
- Mediso (Medical Imaging Systems), AnyScanR TRIO triple-detector with Multi-PinHole Collimation. The first of its kind Triple-Detector SPECT/CT system. 2019.
- Medline, Parithivel K, Bhargava KK, Pugliese PV, Palestro CJ. Splenic 18F-FDG uptake in patients with infection (abstr). *Clin Nucl Med*. 2005;30(5): 375.
- Ministerio de Salud Pública. Regulación sobre Buenas Prácticas Clínicas en La Habana: CECMED; 2000. Disponible en: <https://acortar.link/n8XG35>

- Ministerio de Salud Pública. Anuario Estadístico de Salud de Cuba. 2019. Disponible en: <https://acortar.link/01hz1b>
- Mittal BR, Sood A, Shukla J, Vatsa R, Bhusari P, Shree R, et al. 99mTc-TRODAT-1 SPECT/CT imaging as a complementary biomarker in the diagnosis of parkinsonian syndromes. *Nucl Med Commun.* 2018;39(4):312-318. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29381583/>
- Mochizuki T, Tsukamoto E, Kuge Y, et al. FDG uptake and glucose transporter subtype expressions in experimental tumor and inflammation models. *J Nucl Med.* 2001;42(10):1551-1555. Disponible en: <https://jnm.snmjournals.org/content/42/10/1551.long>
- Morris ED, Endres CJ, Schmidt KC, Christian BT, Muzic RF Jr, Fisher RE. Kinetic modeling in positron emission tomography. In: Wernick MN, Aarsvold JN, editors. *Emission tomography.* San Diego, CA: Academic Press; 2004. p. 499-540.
- Mucientes Rasilla J, Cardona Arbonies J, Lapeña Gutiérrez L. Procedimientos en Medicina Nuclear. SPECT-TAC oseo con difosfonatos marcados con 99mTc. *Rev Esp Med Nucl.* 2009;28(6):307-308. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-espanola-36-pdf-download-X2253654X09453886>
- Murthy VL, Bateman TM, Beanlands RS, Berman DS, Borges-Neto S, Chareonthaitawee P, et al. Clinical quantification of myocardial blood flow using PET: Joint Position Paper of the SNMMI Cardiovascular Council and the ASNC. *J Nucl Cardiol.* 2018;25(1):269-97. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12350-017-1110-x>
- Nadel HR. Bone scan update. *Semin Nucl Med.* 2007;37(5):332-9. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2007.06.001>
- Naqvi SAR, Roohi S, Iqbal A, Sherazi TA, Zahoor AF, Imran M. Ciprofloxacin: from infection therapy to molecular imaging. *Mol Biol Rep.* 2018;45(5):1457-1468. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29974398/>
- Normalización Española. Laboratorios Clínicos-Requisitos particulares para la calidad y la competencia (UNE-EN ISO 15189:2003, IDT). 2003. Disponible en: https://www.une.org/_layouts/15/r.aspx?c=N0029913
- OIEA-ARCAL. Protocolos clínicos para estudios SPECT/CT. ARCAL XXXII-RLA/6/036. 2002. (Version actualizada y revisada 2008). Disponible en: https://alabimn.net/guias/SPECT_protocols%20_Spanish-updated_.pdf
- Okumura W, Iwasaki T, Toyama T, Iso T, Arai M, Oriuchi N, et al. Usefulness of fasting 18F-FDG PET in identification of cardiac sarcoidosis. *J Nucl Med.* 2004;45(12):1989-98. Disponible en: <https://jnm.snmjournals.org/content/45/12/1989.long>
- ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Clinical PET/CT Atlas: A Casebook of Imaging in Oncology*, IAEA Human Health Series No. 32, IAEA, Viena (2015),
- Organismo Internacional de Energía Atómica. *Clinical applications of SPECT-CT.* IAEA Human Health Series No. 41. Vienna: IAEA; 2023. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1971_web.pdf

- Organismo Internacional de Energía Atómica. Clinical applications of SPECT-CT. IAEA Human Health Series No. 41. Vienna: IAEA; 2023. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1971_web.pdf
- Organismo Internacional de Energía Atómica. SPECT/CT atlas of quality control and image artefacts. IAEA Human Health Series No. 36. Vienna: IAEA; 2019. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1860_web.pdf
- Organismo Internacional de Energía Atómica. SPECT/CT atlas of quality control and image artefacts. IAEA Human Health Series No. 36. Vienna: IAEA; 2019.
- Palestro CJ, Love C, Miller TT. Imaging of musculoskeletal infections. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2006;20(6):1197-1218. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.berh.2006.08.009>
- Perera Pintado A, Torres Aroche LA, Vergara Gil A, Batista Cuéllar JF, Prats Capote A. SPECT/CT: principales aplicaciones en la medicina nuclear. *Nucleus.* (62):2-9. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/enfermeria/resource/pt/biblio-895140>
- Perugini E, Guidalotti PL, Salvi F, Cooke RM, Pettinato C, Riva L et al. Noninvasive etiologic diagnosis of cardiac amyloidosis using 99mTc-3,3-diphosphono-1,2-propanodicarboxylic acid scintigraphy. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46(6):1076-84. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.05.073>
- Petsalud. PET-CT DE CUERPO CON 18F-FDG. Disponible en: <https://petsalud.es/pet-ct-de-cuerpo-con-18f-fdg>
- Poellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2015;42(2):328-54. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00259-014-2961-x>
- Saby L, Laas O, Habib G, Camilleri S, Mancini J, Tessonnier L, et al. Positron emission tomography/computed tomography for diagnosis of prosthetic valve endocarditis: Increased valvular 18F-fluorodeoxyglucose uptake as a novel major criterion. *J Am Coll Cardiol.* 2013;61(23):2374-82. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.01.092>
- Sarrazin JF, Philippon F, Tessier M, Guimond J, Molin F, Champagne J, et al. Usefulness of fluorine-18 positron emission tomography/computed tomography for identification of cardiovascular implantable electronic device infections. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59(18):1616-25. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.11.059>
- Schouten LR, Verberne HJ, Bouma BJ, van Eck-Smit BL, Mulder BJ. Surgical glue for repair of the aortic root as a possible explanation for increased F-18 FDG uptake. *J Nucl Cardiol.* 2008;15(1):146-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nuclcard.2007.11.009>
- Scully PR, Treibel TA, Fontana M, Lloyd G, Mullen M, Pugliese F, et al. Prevalence of cardiac amyloidosis in patients referred for transcatheter aortic valve replacement. *J Am Coll Cardiol.* 2018;71(4):463-4. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.11.037>
- Sethi I, Baum YS, Grady EE. Status of Molecular Imaging of Infection: A Primer. *AJR Am J Roentgenol.* 2019;213(2):300-308. Disponible en: <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21094>

- Shah NR, Dorbala S, Dilsizian V. ASNC practice points: positron emission tomography assessment of myocardial viability. Released 2018. Disponible en: <https://acortar.link/prHoeB>
- Sipe JD, Benson MD, Buxbaum JN, Ikeda S, Merlini G, Saraiva MJM, et al. Nomenclature 2014: amyloid fibril proteins and clinical classification of the amyloidosis. *Amyloid*. 2014;21(4):221-4. Disponible en: <https://doi.org/10.3109/13506129.2014.964858>
- Sood A, Shukla J, Shree R, Vatsa R, Modi M, Mittal BR. Comparative Performance of 99mTc-TRO-DAT-1 SPECT/CT and 18F-FDOPA PET/CT Imaging in Patients With Parkinson's Disease, Parkinson-Plus Syndrome, and Essential Tremor. *Clin Nucl Med*. 2021;46(2):95-102. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33234920/>
- Soricelli A. International Atomic Energy Agency: Nuclear medicine resources manual. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2007;34(5):794-795. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00259-006-0282-4#citeas>
- Taqueti V, DiCarli M. Clinical significance of noninvasive coronary flow reserve assessment in patients with ischemic heart disease. *Curr Opin Cardiol*. 2016;31(6):662-669. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27652814/>
- Thomassen A, Petersen H, Johansen A, Braad PE, Diederichsen ACP, et al. Quantitative myocardial perfusion by O-15-water PET: individualized vs. standardized vascular territories. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(9):970-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev111>
- Tilkemeier PL, Bourque J, Doukky R, Sanghani R, Weinberg RL. ASNC imaging guidelines for nuclear cardiology procedures. Standardized reporting of nuclear cardiology procedures. *J Nucl Cardiol*. 2017;24(6):2064-128. Disponible en: <https://www.asnc.org/wp-content/uploads/2024/06/s12350-017-1057-y.pdf>
- Treglia G. Diagnostic Performance of 18F-FDG PET/CT in Infectious and Inflammatory Diseases according to Published Meta-Analyses. *Contrast Media Mol Imaging*. 2019;2019:3018349. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31427907/>
- Tripatía M, Bal CS. Aplicaciones de PET-CT en trastornos neurológicos: una visión general. En: Das B, editor. *Tomografía por emisión de positrones*. Nueva Delhi: Springer; 2015.
- Vaidyanathan S, Patel CN, Scarsbrook AF, Chowdhury FU. FDG PET/CT in infection and inflammation--current and emerging clinical applications. *Clin Radiol*. 2015;70(7):787-800. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25917543/>
- Vali R, Alessio A, Balza R, Borgwardt L, Bar-Sever Z, Czachowski M, et al. SNMMI, EANM. Procedure standard/EANM practice guideline on pediatric 18F-FDG PET/CT for oncology 1.0. *J Nucl Med*. 2021;62(1):99-110. Disponible en: <https://doi.org/10.2967/jnu-med.120.254110>
- Varrone A, Asenbaum S, Vander Borght T, Booij J, Nobili F, Någren K, Disponible en: European Association of Nuclear Medicine Neuroimaging Committee. EANM procedure guidelines for PET brain imaging using [18F]FDG, version 2. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2009;36(12):2103-10. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19838705/>

- Varrone A, Asenbaum S, Vander Borgh T, Booij J, Nobili F, Någren K, et al. EANM procedure guidelines for PET brain imaging using [18F]FDG, version 2. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2009;36(12):2103-10. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19838705/>
- Virgolini I, Ambrosini V, Bomanji JB, Baum RP, Fanti S, Gabriel M, et al. Procedure guidelines for PET/CT tumour imaging with 68Ga-DOTA-conjugated peptides: 68Ga-DOTA-TOC, 68Ga-DOTA-NOC, 68Ga-DOTA-TATE. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2010;37(10):2004-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00259-010-1512-3>
- Waller AH, Blankstein R. Quantifying myocardial inflammation using F18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in cardiac sarcoidosis. *J Nucl Cardiol*. 2014;21(5):940-3. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12350-014-9921-5>
- Yoshida K, Mullani N, Gould KL. Coronary flow and flow reserve by PET simplified for clinical applications using rubidium-82 or nitrogen-13-ammonia. *J Nucl Med*. 1996;37(10):1701-12. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8862316/>
- ZhuangH, Alavi A. 18-fluorodeoxyglucose positron emission tomographic imaging in the detection and monitoring of infection and inflammation. *Semin Nucl Med*. 2002;32(1): 7-59. Disponible en: <https://doi.org/10.1053/snuc.2002.29278>
- Zukotynski K, Lewis A, O'Regan K, Jacene H, Sakellis C, Krajewski K, et al. PET/CT and renal pathology: a blind spot for radiologists? Part 1, primary pathology. *Am J Roentgenol*. 2012;199(2):W163-W167. Disponible en: <https://doi.org/10.2214/AJR.11.7790>





Procedimientos clínicos para imágenes híbridas en Medicina Nuclear

Protocolo Nacional

La Medicina Nuclear es una rama fundamental de la atención médica moderna que utiliza sustancias radiactivas con fines diagnósticos y terapéuticos. El avance en el campo de las imágenes médicas se observa en el desarrollo de equipos con tecnología híbrida, en los que se acoplan en un mismo equipo componentes de medicina nuclear y radiología, que permiten combinar la información de carácter funcional con la anatómica estructural.

La definición de procedimientos clínicos para la obtención de imágenes híbridas, tienen una importancia vital para la detección temprana de enfermedades y la planificación de tratamientos efectivos, ya que permiten a los médicos observar el funcionamiento de órganos y tejidos en tiempo real, y facilitar el diagnóstico de patologías en etapas tempranas, cuando las posibilidades de curación y/o control en muchos casos, pueden ser elevadas.

Estos procedimientos constituyen una prioridad para el Programa Integral para el Control del Cáncer vigente, por lo que formará parte de su colección seriada, teniendo en cuenta que la Medicina Nuclear representa una de las armas terapéuticas fundamentales para el diagnóstico y tratamiento del cáncer, en función de lograr el control prolongado de la enfermedad con mayor supervivencia y calidad de vida. De igual forma contribuye a la detección temprana de otras enfermedades como las neurológicas, cardiovasculares, endocrinas, osteoarticulares, infecciosas, inflamatorias, entre otras.

Se espera que la presente publicación se convierta en una herramienta de consulta necesaria para la preparación de los profesionales y técnicos que laboran en los servicios de medicina nuclear, y sirva como guía para el perfeccionamiento del proceso de atención, a partir del uso de las tecnologías que ya se utilizan en el país, y otras que se introducirán de forma paulatina.



ecimed
EDITORIAL CIENCIAS MÉDICAS

www.ecimed.sld.cu