



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
MEDICINA

**UTILIDAD DE LA TECNOLOGIA IQ SPECT EN
ESTUDIOS DE PERFUSION MIOCARDICA**

**USEFULNESS OF IQ SPECT TECHNOLOGY IN
MYOCARDIAL PERFUSION STUDIES**

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

AUTOR:

Christian Ricardo Llontop Gonzales

ASESORES:

Dr. Paul Rubén Alfaro Fernández.

Dr. Juan Antonio Urquiaga Calderón.

LIMA-PERÚ

2022

ASESORES DE TRABAJO ACADÉMICO:

Dr. Paul Rubén Alfaro Fernández.

Docente Investigador.

ORCID: 0000-0002-8745-8270

Dr. Juan Urquiaga Calderón.

Cardiólogo Nuclear.

ORCID: 0000-0002-4036-1164

DEDICATORIA

- A Dios por brindarme la dicha de la vida, ser el guía espiritual en los buenos y no tan buenos momentos, con tu bendición permites que logre metas profesionales y familiares.
- A mi amada esposa Nelly, eres mi fortaleza en todo momento, juntos construimos el futuro de nuestra familia. Te amo.
- A mis hijos Ricardo y Thiago, ustedes me inspiran a alcanzar el éxito, la ternura y travesuras del día a día son lo más hermosos momentos que la vida me permite compartir con ustedes. Mamá y yo agradecemos a Dios por tan bello regalo.
- A mi madre Nicolasa, siempre alentado y brindándome consejos de vida para ser un profesional con principios humanistas, éticos y académicos. Gracias mamita.
- A mi padre Eugenio, siempre orgulloso de mis logros profesionales y familiares. Guíame desde el cielo.
- A mis hermanos Joel y Jimmy, excelentes profesionales de la salud, siguiendo el camino que forjaron nuestros padres. Gracias por el aliento constante.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Juan Antonio Urquiaga Calderón, experto Cardiólogo, especialista en Cardiología Nuclear, muy profesional, exigente, amigo y siempre a la vanguardia de la tecnología. En busca de la excelencia profesional en beneficio de nuestros pacientes.

Al Dr. Paul Rubén Alfaro Fernández. Gracias por transmitir sus conocimientos y asesorarme en el presente trabajo académico.

Al Dr. Luis Monteverde del Valle, Medico Nuclear, amigo y mentor, gracias por sus consejos personales y profesionales, Su orientación es muy valioso, usted me inculca que en los detalles esta la diferencia, son 14 años de trabajo, aprendizaje y experiencia siempre con humildad y amor a nuestros pacientes. Es un honor laborar con usted.

DECLARACION DE FINANCIAMIENTO

Declaro bajo juramento que el presente trabajo académico es autofinanciado, no existe conflicto de interés (propiedad intelectual).

DECLARACION DEL AUTOR

Declaro bajo juramento que el trabajo académico a presentar es original, que se han seguido los lineamientos respectivos para respetar la ética en investigación y que el mismo será utilizado para obtener el Título de Especialista en Tecnología en Medicina Nuclear Molecular.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO.....	4
Objetivo General	4
Objetivo Específicos	4
CUERPO.....	5
Instrumentación del SPECT	5
Desarrollo Tecnológico en Cardiología Nuclear	5
Componentes de la Tecnología IQ SPECT	6
Ventajas de la Tecnología IQ SPECT	9
Aplicación de Corrección de Atenuación en IQ SPECT	9
Evaluación de la Fracción De Eyección con IQ SPECT	10
Protocolo de Adquisición y Procesamiento IQ SPECT	11
Recomendaciones para Optimizar la Utilidad del IQ SPECT:	13
CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFIA	18
ANEXOS	23
Cuadro 1:.....	23
Cuadro 2:.....	23
Figura 1:	24
Figura 2:	24
Figura 3:	25
Figura 4:	25
Figura 5:	26
Figura 6:	26
Figura 7:	27
Figura 8:	27
Figura 9:	28

RESUMEN

ANTECEDENTES: En el Perú, la enfermedad cardiovascular es una de las primeras causas de morbilidad y mortalidad, el aporte funcional y metabólica cardiaca es otorgado en los estudios de cardiología en medicina nuclear con isotopos radiactivos en la detección y localización de isquemias miocárdicas e infarto al miocardio utilizando SPECT (Tomografía por Emisión de Fotón Único). Aportando alta sensibilidad y especificidad al complementarse con otras técnicas radiológicas como la CT (Tomografía computada) o RM (Resonancia Magnética). Iniciando las imágenes híbridas como SPECT – CT o SPECT – RM.

En el presente trabajo se investiga la utilidad del novedoso desarrollo tecnológico aplicado a la cardiología nuclear (C.N) denominado Tecnología IQ SPECT, es una prestación integrada a la gamma cámara Symbia T6 SPECT CT Siemens.

OBJETIVO: Describir la utilidad de la tecnología IQ SPECT en estudios de Perfusión Miocárdica en Cardiología Nuclear.

METODOLOGÍA: Se realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos publicados en PUBMED, CROSSREF, ELSEVIER, SPRINGER Y SCIELO en un periodo de 21 años desde el 2000 al 2021. Se obtuvieron 30 artículos, todas con experiencia norteamericana y europea, no se ubicó experiencia nacional. Todos los artículos seleccionados aportan en la presente monografía.

Palabras clave: enfermedad cardiovascular, isquemia miocárdica, infarto al miocardio, perfusión miocárdica, IQ SPECT, SPECT CT, colimador Smartzoom

ABSTRACT

BACKGROUND: In Perú, cardiovascular disease is one of the leading causes of morbidity and mortality, the functional and metabolic cardiac contribution is given in cardiology studies in nuclear medicine with radioactive isotopes in the detection and localization of myocardial ischemia and myocardial infarction using SPECT (Single Photon Emission Tomography). Providing high sensitivity and specificity when complemented with other radiological techniques such as CT (Computed Tomography) or MRI (Magnetic Resonance Imaging). Initiating hybrid images such as SPECT - CT or SPECT - MRI.

The present work investigates the usefulness of the new technological development applied to nuclear cardiology (N.C.) called IQ SPECT Technology, a feature integrated to the Symbia T6 SPECT CT Siemens gamma camera.

OBJECTIVE: To describe the usefulness of IQ SPECT technology in myocardial perfusion studies in nuclear cardiology.

METHODOLOGY: A bibliographic review of scientific articles published in PUBMED, CROSSREF, ELSEVIER, SPRINGER and SCIELO in a period of 21 years from 2000 to 2021 was performed. Thirty articles were obtained, all with North American and European experience; no national experience was located. All the selected articles contribute to the present monograph.

Keywords: cardiovascular disease, myocardial ischemia, myocardial infarction, myocardial perfusion, IQ SPECT, SPECT CT, Smartzoom collimator.

INTRODUCCIÓN

La Perfusión Miocárdica (P.M) es un procedimiento que utiliza isótopos radiactivos como el talio-201 (TI-201) o el tecnecio-99m (Tc-99m), este ultimo de mayor utilidad por su baja energía en radiación gamma de 140,5 Kiloelectron Voltio (KeV). (1), con un periodo de semidesintegración de 6 horas, se administran mediante inyección endovenosa. (2)

El radiofármaco: 2-metoxi isobutil isonitrilo – Tecnecio 99 metaestable (MIBI Tc99m) es un isonitrilo catiónico lipofílico extraído por el miocardio con mayor musculatura (ventrículo izquierdo), el mecanismo de acción para incorporarse en el miocito es mediante las mitocondrias citoplasmáticas con una excelente eficacia en su primer paso por las arterias coronarias (60%) y con prolongada retención miocárdica. (tiempo medio de aclaramiento miocárdico > 6 horas), El Talio-201 se utiliza principalmente para viabilidad miocárdica o cuando el Tc-99m no está disponible. El talio-201 tiene un período de semidesintegración de 3,042 días y emite radiación gamma (135,3 KeV y 167,5 KeV) y rayos X (68,9 KeV; 70,8 KeV; 80,2 KeV; 82,5 KeV). (3) (1) (4)

El estudio está indicado para evaluar la perfusión y función del ventrículo izquierdo, para este procedimiento el paciente debe estar en ayunas al menos 4 h, suspender ciertos medicamentos cardiacos como bloqueadores beta, bloqueadores de los canales de calcio, nitratos, xantinas, medicamentos que contienen dipiridamol (vasodilatador coronario) durante 48 h, Aminofilina durante 24h, así como no consumir bebidas con cafeína ni chocolate. (3) (5)

El estudio de P.M está estructurado de dos fases: Estrés y Reposo Cardiaco, la fase de estrés se debe realizar primero, ya sea física (ejercicio físico en ergómetro, bicicleta) o

farmacológica (Adenosina, Dobutamina, Regadenosón, Dobutamina), esto permite suprimir las imágenes en reposo si la imagen de estrés es completamente normal. En un paciente con un infarto previo conocido, puede ser preferible realizar primero el estudio de reposo. Una revisión de las imágenes de reposo permite que el siguiente componente del estudio se adapte como imagen de estrés o evaluación de viabilidad, según corresponda. (6). Cuando el paciente está en condiciones de reposo o esfuerzo se obtiene la captación del radiofármaco en dependencia al flujo sanguíneo regional del miocárdico (ventrículo Izquierdo). En presencia de estenosis coronaria significativa, se produce una baja (isquemia) y/o ausencia de perfusión sanguínea al miocardio (infarto) cuando se compara el estrés con el reposo. (3)(5)(6)

La SPECT es definido como una adquisición tomográfica de la gammagrafía, obteniendo múltiples proyecciones de la estructura funcional en estudio (corazón, hígado, cerebro, estructura ósea, etc.) esto es representado en imágenes tridimensionales observando la distribución del radiotrazador mediante la detección de fotones individuales.(7) (10) Por el contrario, la CT es una adquisición tomográfica realizada con una fuente de rayos X externa para obtener datos de imágenes estructurales tridimensionales, el propósito principal de la CT en equipos híbridos es obtener un mapa de atenuación y que proporcione imágenes anatómicas con alta resolución espacial, ello implica aumentar la dosimetría a los pacientes que se realizan los estudios de P.M por SPECT CT. (7)(9)

El SPECT tiene alta sensibilidad, pero como situación problemática este procedimiento en la evaluación de P.M ha sufrido limitaciones debido a la adquisición de imágenes

con colimadores de bajas energías propósitos generales (LEGP) son en tiempos mayores a 20 minutos, generando discomfort en el paciente, aumentando la incidencia imágenes con artefactos de movimiento del paciente, baja resolución espacial, especificidad reducida debido a la atenuación de los tejidos blandos, empleando altas dosis del radiofármaco. (3) (10) (12) (13)

La aplicación de la Tecnología IQ SPECT en cardiología nuclear permite reducir los tiempos de adquisición, obtener un estudio de P.M con alta calidad diagnóstica, optimizando las dosis administradas de radiación, priorizando en el paciente la protección radiológica, (12) (15) (18) pilar fundamental en nuestra práctica clínica diaria como Tecnólogos Médicos en Cardiología Nuclear.

La justificación académica es que a través de la búsqueda bibliográfica internacional profundizamos en el conocimiento teórico, resaltando su utilidad y aplicación práctica de la Tecnología IQ SPECT para los estudios P.M en Cardiología Nuclear , actualmente en nuestro país contamos con este avance tecnológico en SPECT CT permitiendo a que sea el inicio de incorporar el conocimiento y capacitación del Tecnólogo Médico en Medicina Nuclear y brindar a la población estudios con alta calidad diagnóstica.

OBJETIVO

Objetivo General

- ✓ Describir la utilidad de la tecnología IQ SPECT aplicados en estudios de Perfusión Miocárdica a través de la revisión bibliográfica de artículos científicos desde el año 2000 al 2021 en las bases de datos científicos a nivel mundial.

Objetivo Específicos

- ✓ Describir la instrumentación del SPECT y el desarrollo tecnológico en cardiología nuclear estableciendo diferencias entre la tecnología SPECT convencional y la tecnología IQ SPECT en imágenes de Perfusión Miocárdica en Cardiología Nuclear
- ✓ Describir los componentes y sus ventajas de la Tecnología IQ SPECT en los estudios de perfusión miocárdica.
- ✓ Especificar las características de imágenes cardiacas procesadas aplicando la Tomografía computada en combinación con la Tecnología IQ SPECT.
- ✓ Determinar si la fracción de eyección del ventrículo izquierdo es sobrevalorada o infravalorada en relación a otros equipos dedicados de cardiología nuclear.
- ✓ Describir el protocolo de adquisición y procesamiento en Tecnología IQ SPECT para la realización de estudio de Perfusión Miocárdica.
- ✓ Establecer recomendaciones al Tecnólogo Médico Especialista de Tecnología en Medicina Nuclear que optimicen la utilidad de la Tecnología IQ SPECT en estudios de Perfusión Miocárdica.

CUERPO

Instrumentación del SPECT

Los sistemas SPECT también llamado Cámara Anger, de uso general lo compone un gantry, una mesa y dos detectores rectangulares con colimadores de orificios paralelos, para estudios de perfusión miocárdica se utiliza el colimador para baja energía propósitos generales (LEGP). (5) (6) Los detectores de la SPECT están constituidos por cristales NaI (TI) (Yoduro de Sodio con impregnaciones de Talio) unidos a tubos fotomultiplicadores. Los sistemas de un solo cabezal ya no se consideran de vanguardia debido a una menor sensibilidad y especificidad, porque brinda un tiempo de adquisición prolongado, por lo tanto, un mayor riesgo de movimiento del paciente. Se recomienda los equipos SPECT con doble cabezal, esta disponibilidad tecnológica es muy común en nuestro país, pero tiene como desventaja que "desperdicia" una gran área del detector físico y la distancia desde el corazón hasta el detector suele ser mayor de lo necesario. Por lo tanto, el desarrollo de sistemas dedicados en cardiología nuclear siempre ha sido un área de interés para la innovación tecnológica de los equipos SPECT. Los beneficios potenciales incluyen mayor comodidad para el paciente, tiempos de adquisición cortos y / o actividad administrada reducida. (5)(10)

Desarrollo Tecnológico en Cardiología Nuclear

Para los estudios en C.N existen en el mercado mundial equipos dedicados que utilizan detectores de estado sólido hechos de Cd.Zn.Te (una aleación de telurio de cadmio y zinc) ofrecen una mejor resolución energética y buena respuesta de tasa de conteo lineal. Estos equipos no están disponibles en nuestro país por que demanda de un alto costo. (10) (24)

Es por ello, en el sistema SPECT se ha desarrollado tecnología mejorada con cristales NaI TI (Ioduro de Sodio con impregnaciones de Talio), la Tecnología IQ SPECT, patentado por Siemens Healthcare, es un sistema integrado entre el colimador cardiocéntrico (14)(15) llamado Smartzoom acompañado con su algoritmo de reconstrucción coincidiendo con el perfil de sensibilidad. Se evidencia reducciones en el tiempo de adquisición sin pérdida en la calidad de imagen. (16); Fig. 1.

Componentes de la Tecnología IQ SPECT

La tendencia en Cardiología Nuclear es realizar los procedimientos de rápida adquisición, evitando movimiento del paciente por posición incómoda, utilizando la menor dosis de radiación conservando una excelente calidad de imagen. Los estudios de perfusión miocárdica han sido extensivamente validados para el diagnóstico y pronóstico de la enfermedad cardíaca y actualmente es ampliamente recomendado en la práctica clínica es por ello la importancia de evaluar las ventajas y utilidades de este sistema, tener conocimiento para aplicarlo en la práctica diaria. (15)(26)

IQ SPECT utiliza una combinación de colimadores convergentes y divergentes (SMARTZOOM), modificada en adquisición cardiocéntrica y métodos especiales de reconstrucción iterativas ultrarrápidas. Imágenes 4 veces más rápido que la adquisición de SPECT convencional, con tiempos de escaneo tan bajos como 4 a 5 minutos por adquisición, manteniendo la dosis estándar de radiación al paciente. De lo contrario puede reducir la dosis manteniendo la adquisición en estándar de 16 a 20 min. (15) (18)

Los componentes del sistema IQ SPECT (Siemens Medical Solution AG) ha sido descrito por Vija et al. (17). Fig. 2. Fig. 3

- ✓ Colimador Smartzoom, especialmente diseñado para magnificar el centro del campo de visión del corazón, evitando el artefacto de truncamiento (artefacto originado por que la estructura en estudio sale del campo de visión). Los colimadores Smartzoom tienen septos en geometría semicircular (48 000 holes o septos) variando continuamente desde un cono en la región central y paralela en los bordes. Esto proporciona una ampliación de la región cardíaca evitando el truncamiento del tejido circundante, magnificando en 4 la cavidad cardiaca. (15) (18) (21)
- ✓ Adquisición cardiocéntrica la geometría del Smartzoom se mantiene en toda la adquisición multifocal, centrado en el “sweet spot” (Es como lo llama el fabricante) El tecnólogo médico tiene que centrar el corazón con la mayor precisión posible dentro del “sweet spot”, una inadecuada colocación nos genera defectos en la imagen reconstruida. Para una ganancia de sensibilidad, el corazón debe permanecer en el “sweet spot” en todas las vistas. IQ SPECT utiliza la flexibilidad del gantry del Symbia SPECT CT para lograr este enfoque a lo largo de las adquisiciones. La adquisición cardiocéntrica calcula y ejecuta una órbita que optimiza la ganancia de cuentas en la imagen. A diferencia de una adquisición convencional donde los detectores se mantienen cerca del paciente, los detectores en la órbita cardio-céntrica están a 28 cm del centro del corazón para mantener su posición “sweet spot” en el colimador. La distancia entre el colimador y el paciente le genera comodidad y reduce los artefactos de movimiento. La adquisición tiene un arco de exploración de 208 grados (104 grados por detector). El ángulo entre los detectores está ajustados

a 76 grados. El movimiento independiente de cada detector también depende del “sweet spot” y su campo de visión. (26) (29) (30) (31) Fig.6

- ✓ En los equipos que tienen incorporado la CT, es importante cuando lo amerite, realizar un mapa de corrección de atenuación, creando un mapa paramétrico dedicado a la corrección de la dispersión. Fig. 5
- ✓ Reconstrucción: Al finalizar la adquisición de datos, el estudio se transfiere a Symbia.net (estación de trabajo en reconstrucción de imagen del usuario). La proyección. Los datos deben revisarse para identificar movimiento en la adquisición y entablar su corrección o volver a adquirir. El método de reconstrucción IQ SPECT se realiza con algoritmos de reconstrucción iterativo de gradiente conjugado, recuperando la resolución isotrópica. (29) (30) Fig.2

Respecto a las características de detección del IQ SPECT ha sido comparado con la colimación paralela y con dos cámaras dedicadas con detectores CZT (cadmio, telurio zinc) en imágenes con fantoma y humana. se analizaron cuatro parámetros con los sistemas en estudio: sensibilidad, resolución, relación contraste / ruido y nitidez de la imagen.

En resumen, las cámaras CZT son mejores que las cámaras Anger. debido a las características de los detectores. Para todos los parámetros, el IQ SPECT no es diferente de la colimación paralela a excepción de su sensibilidad que es de cuatro veces mejor, como se esperaba. (23)

Ventajas de la Tecnología IQ SPECT

La ventaja esperada es el aumento en cuatro veces la sensibilidad, el primer trabajo clínico publicado que comparó IQ SPECT y el colimador paralelo convencional mostró que la duración de la adquisición se puede disminuir con excelente calidad imagen y precisión de diagnóstico. (27). El estudio con fantoma cardiaco también confirmó que la actividad o la duración de la adquisición pueden reducirse. Si bien todos los estudios mencionados anteriormente utilizaron marcadores de ^{99m}Tc , la técnica también se ha utilizado y validado con ^{201}Tl (24). Por lo tanto, en general, las imágenes cardiacas con corrección de atenuación con IQ SPECT proporciona resultados clínicos superiores a los de la colimación en paralelo convencional permitiendo optimizar tiempos de adquisición o dosis del paciente para estudios de P.M. (31)

A pesar del hecho de que la relación contraste / ruido y la nitidez de la imagen no mejoran con IQ SPECT, la calidad de la imagen puede mejorarse en comparación con el colimador paralelo convencional. Una de las formas de mejorar es darle mayor tiempo de adquisición en la imagen. De hecho, dado que la duración de la adquisición aumenta en gran medida, la probabilidad de movimiento aumenta, Por lo tanto, es probable que ocurra un artefacto de movimiento. Se sabe desde hace mucho tiempo que tales artefactos pueden ser muy sutiles, impredecibles y pueden simular verdaderas anomalías.

Aplicación de Corrección de Atenuación en IQ SPECT

Las imágenes sin corrección de atenuación (NAC) obtenidas con IQ • SPECT a menudo demuestra un aumento de captación en el ápex y poco contraste en los segmentos basales debido a su atenuación, Mientras que aplicando y co-registrando con imágenes

de la CT, nos proporcionan las imágenes corregidas (AC), ello suele mostrar una captación homogénea a lo largo de la pared del ventrículo izquierdo. La base del ventrículo es más propensa a los artefactos de atenuación que con la colimación paralela convencional. El adelgazamiento del ápex se observa a menudo en las imágenes con corrección de atenuación debido a la disminución del grosor del músculo cardiaco en el ápex.

No se pierde la precisión de imágenes con AC si el voltaje de CT se puede reducir a 110 kV (en pacientes de hasta 130 kg) por otro lado, se podría utilizar la misma adquisición de TC para el estrés como para el reposo, teniendo cuidado extremo en el co-registro de forma manual (25) Fig. 8

Evaluación de la Fracción De Eyección con IQ SPECT

Bailliez et al. (23) describe que utilizó cámaras dedicada de cardiología como el CZT y DNM 530 comparando con el IQ SPECT para determinar los volúmenes y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI). (23) Los volúmenes ventriculares izquierdos fueron más altos con el DNM 530c que con D-SPECT y IQ SPECT, lo que llevó a una disminución de la FEVI en sujetos normales. Estas diferencias deben tenerse en cuenta en la práctica clínica e indicar la necesidad de recopilar una base de datos normal específica.

Leva Lucia et al, (31), determinaron que el gatillado con IQ SPECT sobreestima ligeramente los volúmenes LV y valores de FEVI con respecto a LEHR. No es adecuado para evaluación de la FEVI en entornos críticos.

Protocolo de Adquisición y Procesamiento IQ SPECT

Aprovechemos al máximo la mayor sensibilidad de IQ SPECT lo ideal es que siempre se comience con esfuerzo cardiaco y evaluar junto al Cardiólogo Nuclear si la perfusión es normal, validar la prueba y si es necesario realizar la prueba de reposo. Las ideas básicas detrás de tales protocolos son: Fig. 9

1. Es importante colocar el corazón en el centro del “sweet spot”, una variación de 2.5 centímetros que difiera del centro generará falta de perfusión en la cara septal o lateral en la perfusión del ventrículo izquierdo.
2. Ubicar correctamente los cables y los electrodos que no tenga interferencia (impedancia) al momento de gatillar las imágenes cardiacas.
3. La actividad de inyección de estrés se puede reducir considerablemente al tiempo que se mantiene una buena calidad de imagen, se considera en un paciente de 70 kilos en la primera fase administrarle 6.7 mCi, el tiempo de adquisición por imagen es de 30 Seg. por frame, obteniendo un tiempo total de adquisición de aproximadamente 9 minutos. En la segunda fase le triplicamos la dosis a 20.1.5 mCi, el tiempo de adquisición es de 14 segundos. por imagen, obteniendo una adquisición total de aproximadamente 4.7 minutos. De esta manera aplicamos de esta manera la protección radiológica, se puede sustentar comparando el Protocolo Dosimétrico de la Perfusión Miocárdica y su relación con la Dosis Efectiva en el paciente con SPECT Convencional (Tabla 1) con el Protocolo Dosimétrico de la Perfusión Miocárdica y su relación con la dosis efectiva en el paciente con tecnología aplicada a la reducción de dosis (comparar la Tabla 1 y 2)

4. Si las condiciones del paciente ameritan realizar una tomografía de baja dosis, en un paciente promedio de 70 Kg aportamos 0.33 mSv a su dosimetría personal, limitamos la dosis utilizando 13 mAs con 130 Kv de tensión. La adquisición cardiocéntrica calcula y ejecuta una órbita que optimiza la ganancia de cuentas en la imagen. Si el paciente es mas delgado podemos bajar el Kv y si es obeso aumentamos mAs, es necesario aportar menos de 1 mSv, con esta adquisición tomográfica podemos obtener un mapa de atenuación, y valorar visualmente si tiene calcio en las arterias coronarias, reconstruyendo con el grosor de corte más pequeño que te brinde la CT. (22)
5. Los parámetros de adquisición son los siguientes: Matriz de 128 x 128, posición supina (de preferencia prono); zoom de 1; adquirir con la máscara de SC-Tc99m, porque tiene doble ventana de energía permitiendo retirar la radiación dispersa que afecta a la calidad de imagen; adquirir imágenes gatilladas de 8 o 16 frames, no existe variación significativa en la fracción de eyección. El sentido de la adquisición es antihorario, el ángulo inicial del gantry es de 59 grados y los grados de rotación es 104; números de imágenes 17 por cada detector; configuración del detector: IQ SPECT, órbita cardiocéntrica, modo de adquisición avance y toma, tiempo de imagen a conveniencia del usuario entre 9 a 40 Seg. (17)
6. Los parámetros de reconstrucción son iterativos tanto en la imagen con corrección de atenuación como sin ella, reconstruir con la opción en reconstrucción de la maximización de expectativas de subconjuntos ordenados (OSEM FLASH 3D), se usa habitualmente 10 iteraciones y 3 subconjuntos para

imágenes no agregadas sumadas y 12 iteraciones y 1 subconjunto para imágenes cerradas, con un filtro gaussiano de 10 mm y corrección de dispersión para ambos. Los parámetros pueden diferir a criterio del operador. Fig. 3 (17)(22)

Recomendaciones para Optimizar la Utilidad del IQ SPECT:

Las imágenes de IQ SPECT ya es bien entendida por los usuarios experimentados y por los expertos en cardiología nuclear, los siguientes consejos pueden ser útiles para colegas principiantes que desean tener la seguridad del buen uso de la tecnología IQ SPECT:

- ✓ Evaluar las imágenes de los datos sin procesar si registra movimiento del paciente, falta de cuentas por latidos rechazados en el gatillado cardiaco, verificando si por condiciones del paciente (arritmias) o por falta de contacto del electrodo con el cable gatillador.
- ✓ Es importante realizar un control de calidad a la adquisición de imagen adquiridas con IQ SPECT, de la serie de proyecciones, seleccionar la vista 18 siendo la orientación oblicua anterior izquierda en donde se proyecta la cara lateral del ventrículo izquierdo, dibujar un ROI de 200 pixeles, el resultado para pasar el control de calidad es que debe ser la mediana de cuentas en 9. Así se garantiza que tiene suficiente información de estadística de cuentas para realizar un procesamiento optimo aplicando los algoritmos de reconstrucción iterativas.

- ✓ Verifique los datos de adquisición para la calidad de activación, centrado y movimiento de ECG. Dado que la duración de la adquisición es corta, no dude en repetir si es necesario (no es necesario repetir la parte CT).
- ✓ Evalúa las imágenes de los datos no corregidos y corregidos: Los artefactos de atenuación de la pared inferior están menos marcados en las imágenes corregidas, ambas imágenes deben considerarse en la interpretación.
- ✓ Existe menor movimiento involuntario del paciente en la posición prona que en la posición supina
- ✓ Si utiliza la TC, verifique las imágenes en busca de artefactos, en particular la presencia de una muesca en el margen izquierdo del corazón, un hallazgo que no es infrecuente con las tomografías computarizadas de una o dos cortes. Esto puede producir artefactos marcados en imágenes de CA, simulando una verdadera hipoperfusión.
- ✓ Realizar un fino co-registro, ajuste la escala de color de manera que el miocardio izquierdo este alineado en SPECT y TC, mire solo las pantallas del plano coronal y transversal (la imagen sagital puede ser engañosa debido a la superposición variable de los ventrículos derecho e izquierdo), use las teclas de flecha (más precisas que las del mouse), y hacer un uso amplio y frecuente del control deslizante de mezcla para comprobar el registro.
- ✓ Si se ve una anomalía solo en las imágenes de CA mientras que las imágenes de NAC parecen normales, entonces es muy probable que haya un artefacto de CA (por ejemplo, debido a un registro incorrecto de las imágenes de CT y SPECT, ya que la alineación no siempre puede ser perfecta, por movimiento

respiratorio, es por ello que se aconseja en adquirir en apnea la adquisición tomográfica.

- ✓ Si se observa un patrón de adelgazamiento apical no reversible (un hallazgo frecuente), observe detenidamente los cortes en gatillado, ya que la evidencia de acinesia, o al menos hipocinesia del ápice puede llevar a conclusión (rara) de que existe una pequeña cicatriz apical no transmural o transmural presente, si el patrón de adelgazamiento apical es parcialmente reversible, es probable que sea un artefacto.
- ✓ Como regla general, si se observan anomalías en las imágenes de CA, siempre coteje las imágenes de CA con las imágenes de NAC. Si las anomalías son reales, al menos debe observarse una tendencia similar. El objetivo de AC es corregir los artefactos debidos a problemas de atenuación, ya sean generales como los diafragmáticos o los específicos de SMARTZOOM.
- ✓ En la evaluación de imágenes gatilladas con bloqueo eléctrico cardiaco, no se corrigen para la atenuación, a veces, y tal vez a menudo, exhiben un vértice caliente y una base débil. Además, este patrón puede estar más o menos marcado según el intervalo de tiempo. Por lo tanto, es más confiable y fácil evaluar visualmente el movimiento de la pared en lugar del engrosamiento de la pared. Usamos la pantalla de tres planos llamada Slice en el gatillado cardiaco, que establece el color en gris y el gamma en un valor alto en el rango de 1.5 a 1.7.

- ✓ Para limitar el problema del cálculo de la fracción de eyección ventricular del ventrículo izquierdo pequeño, evite colocar la máscara muy ajustado al ventrículo señalado.

CONCLUSIONES

- 1.- La utilidad de la Tecnología IQ SPECT se basa en 3 pilares importantes:
 - A) Novedoso diseño del colimador Smartzoom.
 - B) Optimiza los tiempos de adquisición usando baja dosis de radiación para los estudios de perfusión miocárdica.
 - C) Emplea algoritmos de reconstrucción iterativas de imagen para una mejor resolución de imagen cardiaca.
- 2.- Utilizando el sistema IQ SPECT se aplica la protección radiológica en estudios de perfusión miocárdica tanto para el especialista Tecnólogo Médico y en la radioprotección del paciente.
- 3.- El uso del IQ SPECT fusionado con la CT aumenta la sensibilidad y especificidad en la detección y localización de isquemias e infartos miocárdicos en el estudio de Perfusión Miocárdica.
4. Se concluye que al momento de valorar la fracción de eyección es infravalorada en el sistema IQ SPECT en comparación con otros equipos dedicados de cardiología nuclear.
5. Los protocolos de adquisición y procesamiento del sistema IQ SPECT son estandarizados y automatizado, permite establecer la facilidad en su reproducibilidad en la práctica diaria.
6. Las recomendaciones en el uso de la Tecnología IQ SPECT optimizan su utilidad y aplicación práctica en procedimientos de perfusión miocárdica.

BIBLIOGRAFIA

1. Farmacopea. www.anmat.gov.ar. [Online].; 2018 [cited 2018 noviembre 13].
"http://www.anmat.gov.ar/webanmat/fna/flip_pages/Farmacopea_Vol_III/files/assets/basic-html/page662.html"
2. Fred A. Mettler MJG. Essentials of Nuclear Medicine Imaging. sexta ed. Don Scholz LS, editor. Philadelphia: Elsevier; 2012.
3. Verberne HJ. procedural guidelines for radionuclide myocardial perfusion imaging with SPECT and SPECT/CT. procedural guidelines. The Netherlands: EANM, Department of Nuclear Medicine; 2015. Report No.: 1.
4. Chiale, Carlos A. Farmacopea Argentina. Comisión Permanente de la Farmacopea Argentina. 2018; VII(1).
5. HEALTH H. Nuclear Cardiology: Guidance on the Implementation of SPECT Myocardial Perfusion Imaging. Guidance. viena: International Atomic Energy Agency, Human Health; 2016. Report No.: 1
6. Verberne HJ, Acampa W, Anagnostopoulos C, Ballinger J, Bengel F, De Bondt P, et al. EANM procedural guidelines for radionuclide myocardial perfusion imaging with SPECT and SPECT/CT: 2015 revision. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2015;42(12):1929–40. 11.
7. Bohdan Bybel M•RCBM•FPDP. SPECT/CT Imaging: Clinical Utility of an Emerging Technology. *RadioGraphics*. 2008 July-August; 28(4).

8. Prensa cd. <https://www.world-heart-federation.org/>. [Online].; june 2016. "https://www.world-heart-federation.org/wpcontent/uploads/2017/05/spanish-press-release.pdf".
9. O Connor MK KB. Single Photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography: Basic instrumentation and Innovations. Semin Nucl Med. 2006; 36(4).
10. W Kevin Tsai KMHKAW. Imagen De Perfusión Miocárdica Desde la Ecocardiografía, SPECT, PET, CT Y MRI: Avances Y Aplicaciones Recientes. Revista Europea de Cardiología. 2010 febrero; 6(1).
11. OPS/OMS. Sistema de informacion regional de mortalidad 2014. ICD-10: Enfermedad Cardiovascular. OMS; 2014
12. Oliver Gaemperli PAKHA. Cardiac hybrid imaging. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. 2014 march; 41(91 -103).
13. Abdelhamid H. Elgazzar IS. Nuclear Medicine Companion. primera ed. Springer , editor. Kuwait: Springer; 2018.
14. Hasegawa BH WKIka. Dual-modality imaging of cancer with SPECT/CT. In Hasegawa BH WKIka. Technol Cancer Rest Treat.; 2002. p. 449-458.
15. Caobelli F, Ren Kaiser S, Thackeray JT, Bengel FM, Chiericato M, Soffientini A, et al. The importance of a correct positioning of the heart using IQ-SPECT system with multifocal collimators in myocardial perfusion imaging: a phantom study. J Nucl Cardiol. 2015;22(1):57–65.

16. Rajaram R, Bhattacharya M, Ding X et al. Tomographic performance characteristics of the IQSPECT system. IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record, 2011
17. Eric Gremillet DA. How to use cardiac IQ•SPECT routinely? An overview of tips and tricks from practical experience to the literature. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. 2016 april; 43(4).
18. Seo Y, Wong KH, Sun M, Franc BL, Hawkins RA, Hasegawa BH. Correction of photon attenuation and collimator response for a body-contouring SPECT/CT imaging system. J Nucl Med 2005; 46(5):868–
19. Delbeke D, Coleman RE, Guiberteau MJ, et al. Procedure guideline for SPECT/CT imaging 1.0. J Nucl Med 2006;47(7):1227–1234
20. Vija H, Malmin R, Yahil A et al. A method for improving the efficiency of myocardial perfusion imaging using conventional SPECT and SPECT/CT imaging systems. IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference Record, 2010.
21. Imbert L, Poussier S, Franken PR, Songy B, Verger A, Morel O, et al. Compared performance of high-sensitivity cameras dedicated to myocardial perfusion SPECT: a comprehensive analysis of phantom and human images. J Nucl Med. 2012;53:1897–903
22. .Caobelli F, Ren Kaiser S, Thackeray JT, Bengel FM, Chierigato M, Soffientini A, et al. IQ SPECT allows a significant reduction in administered dose and acquisition time for myocardial perfusion imaging: evidence from a phantom study. J Nucl Med. 2014;55: 2064–70.

23. Bailliez A, Lairez O, Merlin C, Piriou N, Legallois D, Blaire T et al. Global and regional left ventricular function assessment using two different semiconductor cadmium zinc telluride (CZT) cameras compared to conventional gamma camera with cardiofocal collimators: dynamic cardiac phantom study and clinical validation. J Nucl Med 2015 (abstract SNM).
24. Horiguchi Y, Ueda T, Shiomori T, Kanna M, Matsuhita H, Kawaminami T, et al. Validation of a short-scan-time imaging protocol for thallium-201 myocardial SPECT with a multifocal collimator. Ann Nucl Med. 2014; 28:707–15
25. Caobelli F, Pizzocaro C, Paghera B, Guerra UP. Evaluation of patients with coronary artery disease: IQ-SPECT protocol in myocardial perfusion imaging – preliminary results. Nuklearmedizin. 2013; 582:178–85
26. Takamura T, Horiguchi Y, Kanna M, Matsushita H, Sudo Y, Kikuchi S, et al. Validation of prone myocardial perfusion SPECT with a variable-focus collimator versus supine myocardial perfusion SPECT with or without computed tomography-derived attenuation correction. Ann Nucl Med. 2015;29(10): 890–6.
27. Pirich C, Keinrath P, Barth G, Rendl G, Rettenbacher L, Rodrigues M. Diagnostic accuracy and functional parameters of myocardial perfusion scintigraphy using accelerated cardiac acquisition with IQ SPECT technique in comparison to conventional imaging. Q J Nucl Med Mol Imaging. 2014 (Epub ahead of print).

28. Matsuo S, Nakajima K, Onoguchi M, Wakabayash H, Okuda K, Kinuya S. Nuclear myocardial perfusion imaging using thallium201 with a novel multifocal collimator SPECT/CT: IQ-SPECT versus conventional protocols in normal subjects. *Ann Nucl Med*. 2015; 29:452–9
29. Kondo C. IQ-SPECT: an overview of technology and myocardial tracer distribution characteristics (abstract in English). *Rinsho Hoshasen (Jpn J Clin Radiol)*. 2015; 60:480–88.
30. Leva Lucia, Matheoud Roberta, Sacchetti Gianmauro, et al. Agreement between left ventricular ejection fraction assessed in patients with gated IQSPECT and conventional imaging:2018 revision *Journal of Nuclear Cardiology*

ANEXOS

Cuadro 1: Protocolo Dosimétrico de la Perfusión Miocárdica y su relación con la Dosis Efectiva en el paciente con SPECT Convencional.

Fuente: EANM procedural guidelines for radionuclide myocardial perfusion imaging with SPECT and SPECT/CT: 2015 revision

Protocol	First injection			Second injection			Total effective dose (mSv)	Total effective dose if stress-only (mSv)
	Given at	Activity (MBq)	Effective dose (mSv)	Given at	Activity (MBq)	Effective dose (mSv)		
Tc-99m protocols								
Tc-99m one day stress first/stress-only	Stress	296-444	2.0-3.0	(Rest)	888-1332	7.0-10.5	9.0-13.5	2.0-3.0
Tc-99m one day rest/stress	Rest	296-444	2.3-3.5	Stress	888-1332	6.1-9.1	8.4-12.6	n.a.*
Tc-99m two day stress/rest	Stress	296-444	2.0-3.0	(Rest)	296-444	2.3-3.5	4.3-6.5	2.0-3.0
Tc-99m two day stress/rest (large patient)	Stress	666-1110	4.5-7.6	(Rest)	666-1110	5.2-8.7	9.8-16.3	4.5-7.6
Tc-99m two day rest/stress	Rest	296-444	2.3-3.5	Stress	296-444	2.0-3.0	4.3-6.5	n.a.*
Tc-99m two day rest/stress (large patient)	Rest	666-1110	5.2-8.7	Stress	666-1110	4.5-7.6	9.8-16.3	n.a.*
Tl-201 protocols								
Tl-201 stress/redistribution rest	Stress	93-130	10.9-15.3	n.a.*	n.a.*	n.a.*	10.9-15.3	10.9-15.3
Tl-201 stress/redistribution rest/reinjection	Stress	93-130	10.9-15.3	Rest	37-74	4.4-8.8	15.3-24.1	n.a.*
Tl-201 rest/redistribution	Rest	93-130	10.9-15.3	n.a.*	n.a.*	n.a.*	10.9-15.3	n.a.*
Dual isotope Tl-201 rest/Tc-99m stress	Rest	93-130	10.9-15.3	Stress	296-444	2.0-3.0	13.0-18.3	n.a.*
Dual isotope Tl-201 rest/Tc-99m stress (large patient)	Rest	111-130	13.1-15.3	Stress	666-1110	4.5-7.6	17.7-22.9	n.a.*

Cuadro 2: Protocolo Dosimétrico de la Perfusión Miocárdica y su relación con la dosis efectiva en el paciente con tecnología aplicada a la reducción de dosis.

Fuente: EANM procedural guidelines for radionuclide myocardial perfusion imaging with SPECT and SPECT/CT: 2015 revision.

Protocol	First injection			Second injection			Total effective dose (mSv)	Total effective dose if stress-only (mSv)
	Given at	Activity (MBq)	Effective dose (mSv)	Given at	Activity (MBq)	Effective dose (mSv)		
Newer technology reduced-dose protocols								
Tc-99m one day stress first/stress only	Stress	148-222	1.0-1.5	(Rest)	444-666	3.5-5.2	4.5-6.7	1.0-1.5
Tc-99m one day rest/stress	Rest	148-222	1.2-1.7	Stress	444-666	3.0-4.5	4.2-6.3	n.a.*
Tc-99m two day stress/rest	Stress	148-222	1.0-1.5	(Rest)	148-222	1.2-1.7	2.2-3.3	1.0-1.5
Tc-99m two day stress/rest (large patient)	Stress	333-555	2.3-3.8	(Rest)	333-555	2.6-4.4	4.9-8.1	2.3-3.8
Tc-99m two day rest/stress	Rest	148-222	1.2-1.7	Stress	148-222	1.0-1.5	2.2-3.3	n.a.*
Tc-99m two day rest/stress (large patient)	Rest	333-555	2.6-4.4	Stress	333-555	2.3-3.8	4.9-8.1	n.a.*

n.a .: no aplicable.

Nota: (Rest) la inyección de reposo es opcional. Los expertos recomiendan que las imágenes de estrés sean revisadas por un médico especialista en cardiología nuclear antes de inyectar la dosis de reposo, y esté clínicamente justificado. Los valores de dosis efectiva de radiación listados aquí son dosis a una persona de referencia (70 Kg).

Figura 1: Estudio de Perfusión Miocárdica con Mibi Tc99m, eje corto del miocardio comparando colimadores paralelos con colimador SMARTZOOM – IQ SPECT

Fuente: Evaluation of patients with coronary artery disease: IQ-SPECT protocol in myocardial perfusion imaging – preliminary results

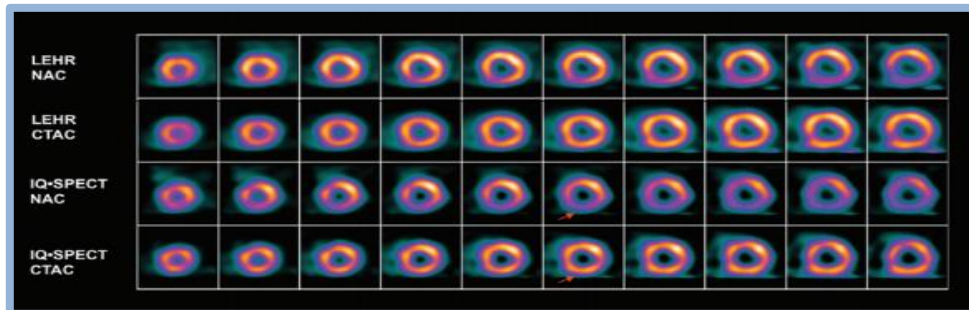


Figura 2: Esquema de la Tecnología IQ SPECT – Siemens Symbia T6

Fuente: Diagnostic accuracy and functional parameters of myocardial perfusion scintigraphy using accelerated cardiac acquisition with IQ SPECT technique in comparison to conventional imaging.

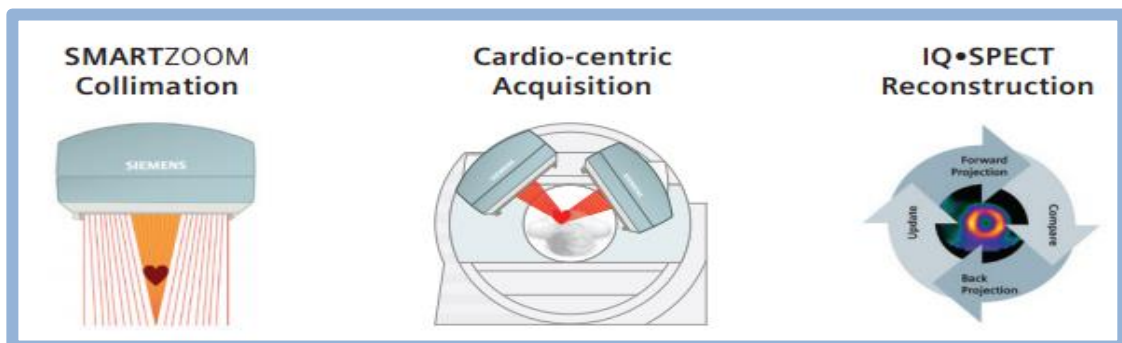


Figura 3: Diferencia entre el colimador SMARZOOM vs. Colimador paralelo
 Fuente: Diagnostic accuracy and functional parameters of myocardial perfusion scintigraphy using accelerated cardiac acquisition with IQ SPECT technique in comparison to conventional imaging.

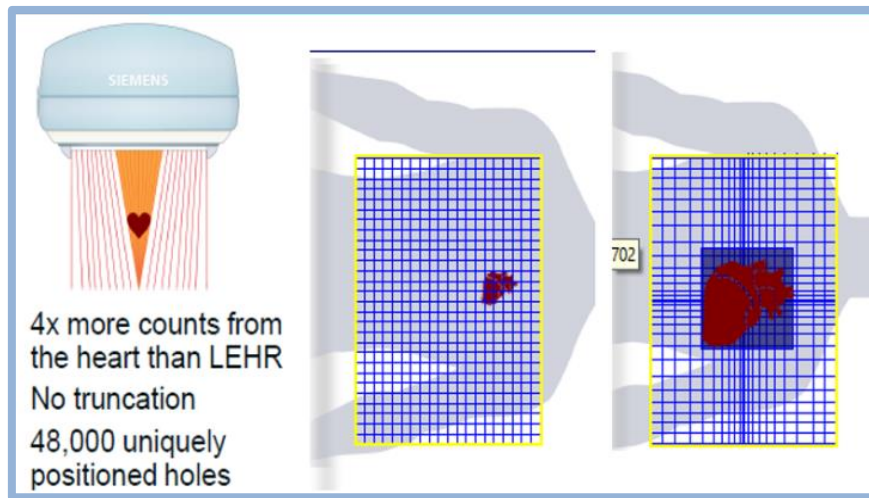


Figura 4: Representación esquemática del protocolo de estrés / reposo el mismo día con agentes de ^{99m}Tc . Fuente: EANM procedural guidelines for radionuclide myocardial perfusion imaging with SPECT and SPECT/CT: 2015 revision.

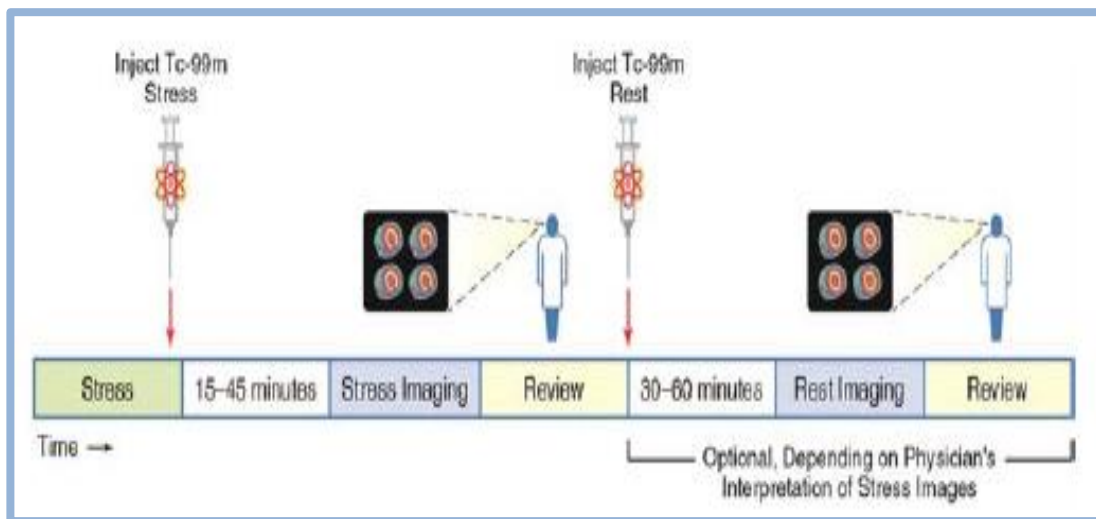


Figura 5:

Factores que degradan la imagen de P.M. Fuente: Elaboración propia

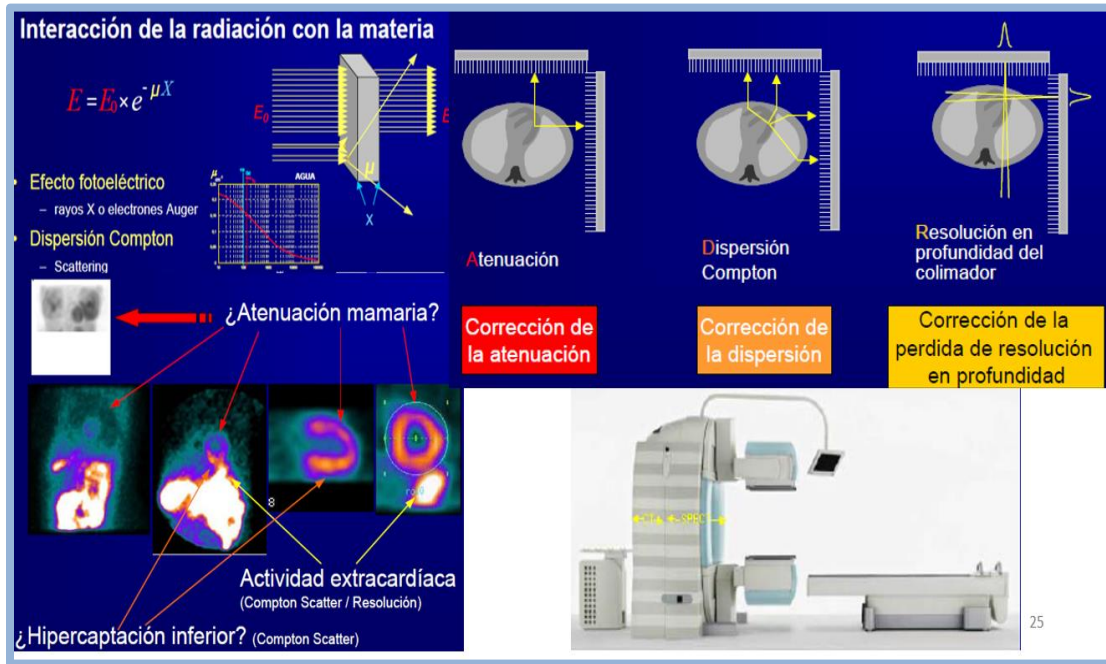


Figura 6: La adquisición cardiocéntrica calcula y ejecuta una órbita que optimiza la ganancia de cuentas en la imagen de P.M

Fuente: Elaboración propia.

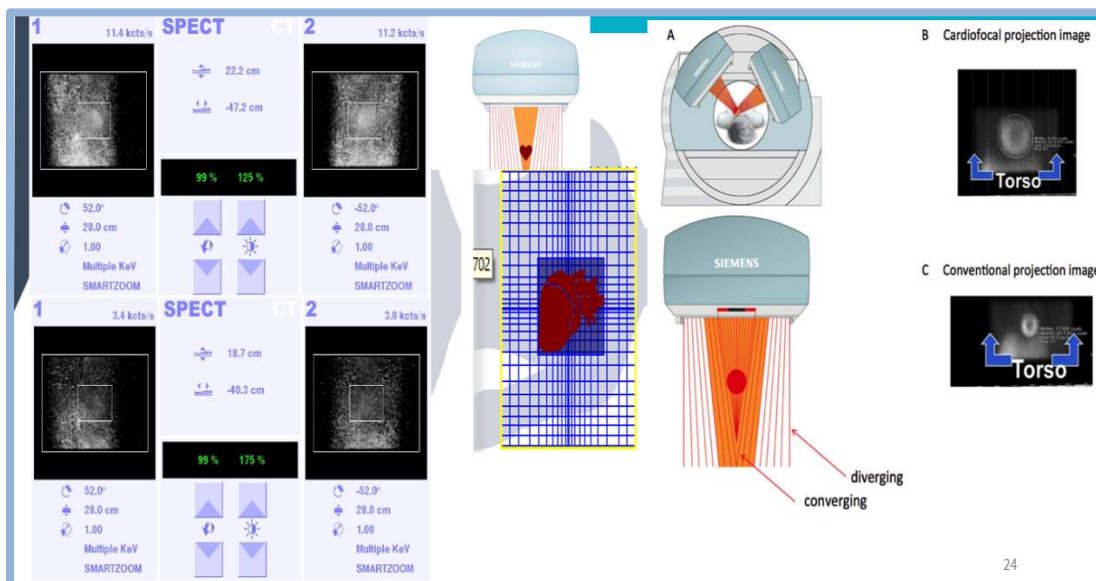


Figura. 7: Corrección de atenuación por CT en la imagen de P.M

Fuente: Elaboración propia

CORRECCIÓN DE LA ATENUACIÓN

- Hipercorrección
- Actividades extracardiacas adyacentes
- Recorte (truncation)
 - Con CT, fuentes móviles y fuentes fijas únicas
- Aumento de la duración de la adquisición
 - Más con Tallo (adquisición secuencial)
- Aumento de los recursos de las estaciones de trabajo
 - Más con la reconstrucción iterativa
- Aumento del tiempo de procesado
 - Doble procesado y doble presentación (con y sin CA)
- Verificación del registro con el CT
- Artefactos del CT
- No es posible aplicarla al gated-SPET
- Cambio del modelo de referencia (normal)

Figura 8: Relación entre la dosis, tiempo y calidad de imagen entre tecnología Convencional y Tecnología IQ SPECT.

Fuente: IQ-SPECT: an overview of technology and myocardial tracer distribution characteristics.

	Conventional ²			IQ•SPECT		
	Dose	Time	Image quality	Dose	Time	Image quality
Standard	Standard	16-minute	Excellent	Standard	4-minute	Excellent
Pediatric	Half	16-minute	Sub-optimal	Half	8-minute	Excellent
Bariatric	Standard	16-minute	Sub-optimal	Standard	8-minute	Excellent

Figura 9: Protocolo de adquisición recomendado para IQ SPECT

Fuente: IQ-SPECT: an overview of technology and myocardial tracer distribution characteristics.

Protocolo de adquisición recomendado para IQ SPECT

- Tamaño de píxel: 4,8 mm
- Tamaño de la matriz: 128 × 128
- Ampliar: 1,00
- Rango de rotación: 208
- Número de proyecciones: 34 (17 vistas/detector)
- Radio de rotación: 28 cm
- Ventana de energía Tc99m: 140 keV ± 7,5 %, dispersión inferior 15 % (condición preestablecida)
- Ventana de energía Tl 201: 70 keV ± 10 %, dispersión inferior 20 %, dispersión superior 20 % (condición preestablecida)
- Tiempo de adquisición: Dosis baja (< 10 mCi para Tc99m o cualquier dosis inyectada de Tl 201)
- Tiempo de permanencia por STEP: 14 s
- Parámetros de reconstrucción: Método minimizador de gradiente conjugado de subconjunto ordenado (OSCGM)
- Subconjunto e iteración: 3 subconjuntos, 10 iteraciones
- Filtro gaussiano (ancho completo a la mitad del máximo) 10 mm
- Correcciones para ^{99m}Tc: tanto CA como SC
- Correcciones para ²⁰¹Tl: ambos CA y SC, o solo AC

Corrección de atenuación de CA , corrección de dispersión SC