

Dr. Sigfrido Ernesto García Correa,¹
Dr. Luis Felipe Alva López,²
Dr. J. Rafael García Ortiz³

Corrección de atenuación en el estudio de la perfusión miocárdica. Resultados preliminares

RESUMEN

Introducción: El proceso de optimización de la técnica de Tomografía de Emisión de Fotón Único (SPECT) conocido como Corrección de Atenuación en los estudios de perfusión miocárdica (Gated-SPECT), sirve para reducir la atenuación por tejidos blandos y proveer imágenes más certeras en el diagnóstico de enfermedad coronaria.

Objetivo: Evaluar la utilidad del sistema de corrección de atenuación para minimizar los artefactos que semejan defectos de perfusión miocárdica, causados por tejidos blandos (tejido mamario, pared torácica, abdomen,

hemidiafragma izquierdo).

Material y método: Se seleccionaron 62 pacientes que fueron referidos para SPECT de perfusión miocárdica con diagnóstico clínico de enfermedad coronaria, a los que se sometió a Coronariografía en un periodo máximo de tres meses posterior al estudio no invasivo. Se compararon las interpretaciones de los estudios de perfusión miocárdica con y sin corrección de atenuación, tomando como referencia la Coronariografía.

Resultados: De los reportes finales se obtuvo un resultado global de sensibilidad del 83% y especificidad del 87% para imágenes no corregidas y sensibilidad del 80% ($p = \text{NS}$) y especifici-

dad del 98% ($p = 0.0004$) para las imágenes corregidas por atenuación, en relación con el estándar de referencia de Coronariografía.

Conclusiones: La aplicación de corrección de atenuación al realizar estudios de perfusión miocárdica a pacientes con enfermedad coronaria sospechada o documentada ayudó a un diagnóstico más eficaz y seguro de esta entidad.

Palabras clave: Perfusión miocárdica, corrección de atenuación, Coronariografía.

continúa en la pág. 350

¹De la División de Imagenología, Servicio de Medicina Nuclear, Centro Médico ABC, Campus Observatorio, México, D.F. Calle Sur 136, No. 116, Col. Las Américas, México, D.F. ²Jefe de la División de Imagenología, Hospital ABC Campus Observatorio, México, D.F. ³Jefe del Departamento de Medicina Nuclear, División de Imagenología Hospital ABC, Campus Observatorio, México, D.F.

Copias (Copies): Dr. Sigfrido Ernesto García Correa: E mail: sigfridoernesto@yahoo.com.mx

Introducción

La incidencia general de la enfermedad coronaria la sitúa como una de las primeras causas de mortalidad en todos los países del mundo. En México se considera a las enfermedades cardíacas como la primera causa de defunción (Sistema Epidemiológico y Estadístico de Defunciones CIE-10, 2001). En EUA, más de 500,000 muertes al año se deben a enfermedad coronaria (una de cada cinco muertes).¹ Ya que la reducción de morbimortalidad va de la mano de un diagnóstico oportuno y al implemento de estrategias terapéuticas y preventivas

adecuadas, la Centellografía de la Perfusión Miocárdica se utiliza como una forma no invasiva de evaluar pacientes con sospecha de enfermedad coronaria, con más de cinco millones de estudios realizados anualmente en los Estados Unidos.²

Los estudios de perfusión miocárdica utilizan trazadores radioactivos administrados por vía intravenosa con el fin de evaluar el flujo sanguíneo regional del miocardio. Las imágenes de perfusión son adquiridas en condiciones de reposo, bajo ejercicio en banda o por estimulación farmacológica con vasodilatadores como el dipiridamol o con inotrópicos como la dobutamina o dobutamina + atropina.

Los grados de captación miocárdica, comparando las imágenes en condiciones basales (reposo) y de estrés, permiten evaluar el miocardio normal, isquémico, fibróti-

ABSTRACT

Introduction: The optimization process of tomography techniques of Single photon emission computerized tomography (SPECT) known as attenuation correcting technique in the studies of myocardial perfusion (Gated-SPECT), is useful for reducing attenuation by soft tissues and provides clearer and more accurate images for coronary diseases diagnosis.

Objective: To evaluate usefulness of the attenuation correcting system in order to minimize

devices that may appear like myocardial perfusion defects, caused by soft tissues (mammary tissue, thoracic walls, abdomen, left hemi diaphragm)

Material and method: 62 patients who were referred for myocardial perfusion SPECT with clinical diagnosis of coronary disease, were selected. Said patients were submitted to coronarygraphy within a maximum period of 3 months after the non-invasive study. Myocardial perfusion studies interpretations with and without attenuation are compared, taking as a guideline the coronarygraphy.

Results: From final reports, an 83% of sensitivity global re-

sult was obtained, and with a specificity of 87% for non corrected images and an 80% ($p = NS$) sensitivity; and a 98% ($p = 0.0004$) specificity for images corrected with attenuation, related to the reference Standard for coronarygraphy.

Conclusion: Attenuation correcting application when performing the studies of myocardial perfusion to patients with suspected or documented coronary disease helps for a more effective and safe diagnosis of this entity.

Key words: Myocardial perfusion, attenuation correcting method and coronarygraphy.

co o necrótico (infarto transmural o no transmural), así como el miocardio viable.

Principales Indicaciones clínicas del SPECT cardiaco:

1. Diagnóstico de enfermedad coronaria.
2. Evaluación del dolor torácico en Urgencias ante sospecha clínica o electrocardiográfica.
3. Evaluación de la repercusión funcional de lesiones coronarias conocidas.
4. Estratificación de riesgo de enfermedad coronaria.
5. Monitoreo de los efectos del tratamiento clínico o de revascularización.
6. Evaluación de la función ventricular por medio de SPECT gatillado (gated-SPECT) al electrocardiograma.
7. Evaluación de viabilidad miocárdica.

La exactitud diagnóstica de la Centellografía de la Perfusión Miocárdica se ve limitada por ciertos factores técnicos, entre los que destacan:

1. Atenuación por tejidos blandos.
2. Dispersión de fotones gamma.
3. Reducción de la resolución espacial dependiente de la profundidad²⁻⁴ (Figura 1).

Los métodos de corrección de atenuación actualmente disponibles en el mercado tienden a solucionar eficazmente estos problemas.^{1,3} El propósito de este trabajo es determinar la frecuencia con que la interpretación de los estudios convencionales de perfusión miocárdica es modificada y/o mejorada luego de observar la correc-

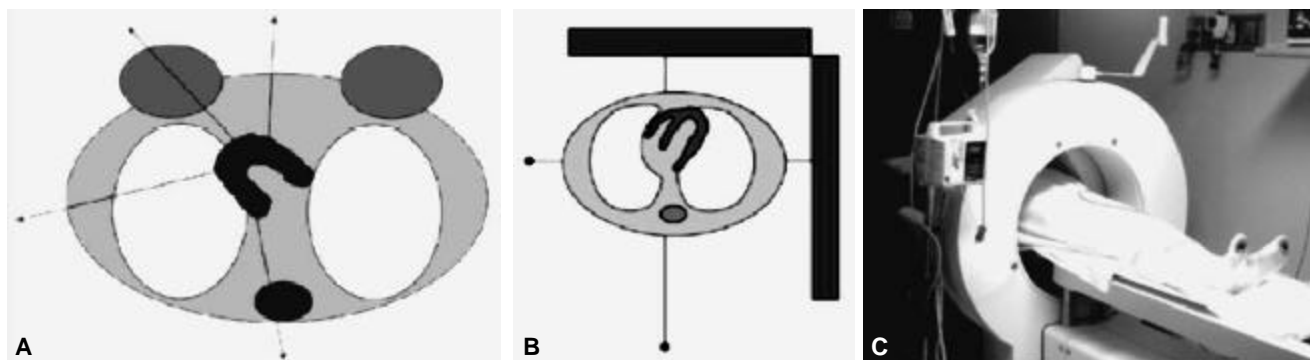


Figura 1. A) Tejidos que producen atenuación y **B)** configuración de las fuentes lineales de Gadolinio 153 para corrección de atenuación en SPECT, utilizada en nuestro servicio **(C)** (Adaptado de Hendel & cols.).²

ción de atenuación, así como determinar las causas de tal eventual modificación.

Material y métodos

Pacientes

Se seleccionaron 62 pacientes que fueron referidos por distintos médicos de Cardiología, Medicina Interna y Urgencias al Departamento de Medicina Nuclear del Centro Médico ABC, con diagnóstico clínico de enfermedad coronaria.

Población objetivo

La población de nuestro estudio incluyó pacientes que cumplieron con los siguientes requisitos:

Criterios de inclusión

- a) Adultos > 18 años, que acudieron a estudio de Centelleografía de la Perfusión Miocárdica del periodo del 1 de enero del 2005 al 4 de julio del 2005.
- b) Se les realizó estudio con MIBI o Tetrofosmina, con protocolo de estudio de reposo-esfuerzo o vasodilatación.
- c) En los días siguientes (máximo tres meses) se les realizó estudio diagnóstico/terapéutico de Coronariografía.

Criterios de exclusión

- a) Pacientes con intervenciones coronarias previas (Stent, bypass, etc.).
- b) Pacientes referidos a estudio de viabilidad miocárdica (talio) o dual (talio-MIBI).

Criterios de eliminación

Estudios incompletos

Diseño del estudio

Es un estudio: Prospectivo, descriptivo y comparativo. Transversal. Observacional.

En los 62 pacientes se realizó un estudio de SPECT de perfusión miocárdica con compuestos tecnecios según la metodología descrita a continuación.

SPECT de perfusión miocárdica

Las imágenes correspondientes se adquirieron 40-60 minutos después de la inyección del radiofármaco en el Servicio de Medicina Nuclear. Para ello se utilizó una gammacámara Optima NX (GE), dotada de dos colimadores de alta resolución, con una órbita semicircular de 180°, en modo *step-and-shoot*, comenzando en la oblicua anterior derecha a 30° y con detecciones de 20 s cada 3°. Se realizó la reconstrucción tomográfica (filtro

Butterworth de orden 5 y frecuencia de 0,4) con los programas CEQUAL y Emory Cardiac Toolbox (GE Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin, USA, 1999) se obtuvieron los cortes de eje corto, eje largo horizontal y eje largo vertical, así como los respectivos mapas polares. Se realizaron correcciones por atenuación y dispersión.

Angiografía Coronaria

Las interpretaciones de los estudios se recabaron directamente de los archivos de reportes escritos de hemodinamia disponibles previa requisición interna en el hospital, identificándose los vasos afectados.

Integración de datos y análisis estadístico

Se estableció un diagnóstico por cada territorio coronario (CD, DA, CX) de lesión gammagráficamente leve, moderada o severa, tanto para imágenes no corregidas como ya corregidas por atenuación. Para dicotomizar hacia la presencia o ausencia de enfermedad coronaria, una descripción de un territorio con captación normal o hipocaptación leve se usó para reflejar la ausencia gammagráfica de enfermedad significativa y la hipocaptación moderada o severa se consideró como lesión significativa por centelleografía.⁵

En Coronariografía se consideraron lesiones significativas las descritas como obstrucción mayor al 50% de la luz de la coronaria afectada. Como ejemplo, se observó hipocaptación moderada en CD en imágenes sin corregir y mejoró pasando a considerarse leve tras revisar imágenes corregidas, DA y CX normales; refirió una obstrucción menor al 30% en CD, DA 0%, CX 0%. En este caso la lesión es significativa para imagen sin corregir, no significativa en imagen corregida y tampoco es significativa para el global gammagráfico (dicotomizado), ni para el coronariográfico. Para el análisis estadístico se empleó el programa SPSS 12.0 Windows, con el cual se obtuvieron mediante la prueba χ^2 valores de sensibilidad, especificidad, razón de verosimilitud ("likelihood ratio") y con base en este último, valor de p.

Resultados

El presente estudio comprendido del 1 de enero al 4 de julio del 2005, incluyó 62 pacientes con los criterios descritos, de los cuales fueron 14 del sexo femenino y 48 del sexo masculino, cuyas edades comprendían entre los 26 a 86 años, con un promedio de edad de 64.

Mujeres: Catorce pacientes con promedio de edad 69.4 años, corresponden al 22.6% de la muestra. Promedio de peso corporal de 73.2 kg.

Hombres: Cuarenta y ocho pacientes con edad promedio 61.4 años, corresponden al 77.4 % de la muestra. Promedio de peso corporal de 80.1 kg.

Cuadro I. Sensibilidad y especificidad según territorio coronario.

Territorio coronario		Imágenes sin corregir		Imágenes corregidas	
CD		96 y 70%		88 y 100%	
DA		74 y 95%		84 y 98%	
CX		80 y 98%		70 y 98%	
		CD Cor		Total	
		Sin lesiones significativas	Lesiones significativas		
Cd AC	Normal	21	1	22	
	Leve	16	2	18	
	Moderada		7	7	
	Severa		12	12	
	Ausencia		3	3	
Total		37	25	62	
Chi-square tests	Value	Asymp. Sig. (2-sided)	Prevalence (e.g. 0.10):	0.403	
Likelihood ratio	62.91	p = 0.000	Sensitivity (e.g. 0.80):	0.88	
N of valid cases	62		Specificity (e.g. 0.80):	1.00	

Coronariografía: Veintisiete pacientes (43%) no presentaron lesiones significativas por Coronariografía (> ó = al 50%) en ninguno de los territorios coronarios principales (CD: Coronaria derecha, DA: Descendente anterior, CX: Circunfleja) considerados. En 16 de estos 27 pacientes (25% del total) no se reportó ningún grado de estenosis (*Cuadro I*).

Reporte gammagráfico: De la CD en imágenes sin corregir se reportaron 35 territorios afectados significativamente y 27 negativos; (sens. 96%, esp. 70% para Gammagrafía sin corregir). En imágenes corregidas de CD se identificaron 22 positivos y 40 negativos (sens. 88%, esp. 100%).

De la DA: Imágenes sin corregir 16 territorios positivos y 46 negativos (sens. 74%, esp. 95% para Gamma-grafía sin corregir). En imágenes corregidas 17 positivos y 45 negativos (sens. 84%, esp. 98%).

De la CX: Imágenes sin corregir 17 territorios positivos y 45 negativos (sens. 80%, esp. 98% para Gamma-grafía sin corregir). En imágenes corregidas 15 positivos, 47 negativos (sens. 70%, esp. 98%).

De los reportes finales se obtuvo un resultado global de sensibilidad del 83% y especificidad del 87% para imágenes no corregidas y sensibilidad del 80% (p = NS) y especificidad del 98% (p = 0.0004) para las imágenes corregidas por atenuación. El reporte escrito incluye la combinación de la interpretación de ambas, con lo que se obtiene sensibilidad del 83% y especifi-

cidad del 98% para detección de enfermedad arterial coronaria.

Ejemplos

Femenino de 63 años, con antecedente de hipertensión, acudió a Urgencias con dolor torácico súbito, palpitaciones. Sin AC y con AC (*Figura 2*).

Reporte final gammagráfico sin isquemia ni necrosis, Coronariografía sin lesiones significativas en ningún territorio. Destaca la corrección de la hipoperfusión inferior (que pudiera sugerir isquemia ficticia) y de la dispersión ("deshilachado) de ambos ventrículos (*Figura 3*).

Paciente masculino de 50 años de edad, con HAS controlada y dolor torácico intermitente. Imágenes sin corregir y corregida por atenuación.

Reporte final gammagráfico sin isquemia ni necrosis, Coronariografía sin lesiones significativas en ningún territorio. Se observó la corrección de los artificios que gene-

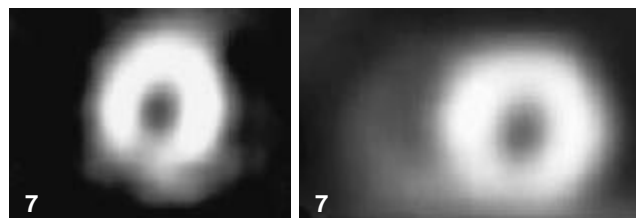


Figura 2.

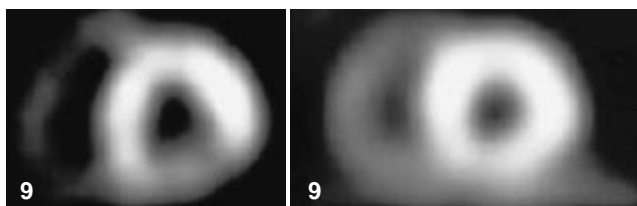


Figura 3.

ran dilatación ventricular bilateral ficticia e hipoperfusión de la pared inferior del ventrículo izquierdo.

Discusión

La Centelleografía de Perfusión Miocárdica es un método eficaz en el diagnóstico de enfermedad coronaria. Cuando se comparó con la Coronariografía, presentó una sensibilidad global (considerando imágenes sin corregir y corregidas) del 83% y una especificidad del 98%. Sólo un paciente del presente estudio se reportó con lesión leve a moderada gammagráficamente y con un resultado coronariográfico de estenosis crítica en dos territorios coronarios (CD y CX).

Es indispensable siempre revisar imágenes corregidas y no corregidas y tener en mente posibles artificios creados por la misma corrección de atenuación.⁶

Las desventajas de la Coronariografía son que requiere un equipo de mayor costo, experiencia, se utilizan agentes invasivos y potencialmente nefrotóxicos y el pronóstico a mediano y largo plazos puede empeorar por la inducción de mayor disfunción endotelial, manifestado por reestenosis ante enfermedad significativa. Los estimados actuales de morbilidad y mortalidad se sitúan alrededor de 0.03 y 0.47%, respectivamente.^{7,8} En la revisión bibliográfica realizada no se reportan análisis costo-efectividad del uso de corrección de atenuación, aunque se realiza una aproximación actualizada: debido a los requerimientos extra de hardware y software, se puede llegar a costos adicionales de 60 mil dólares (20 mil dólares al año, aproximadamente), pero si se disminuye el número de falsos positivos en aproximadamente 10%, se pueden ahorrar más de 25 mil dólares por

cada 100 pacientes examinados, efectivo aún para departamentos con menos de 500 estudios al año.³

La utilidad del SPECT para diferenciar artificios de cicatrices fibrosas en el miocardio ha sido ampliamente estudiada, al igual que su utilidad para identificar zonas de isquemia. En nuestra serie, la mejoría en la interpretación tras usar AC se observó en una proporción algo mayor al 11% de los casos estudiados. Esta variación implica una reducción importante de falsos positivos y por tanto un incremento en la especificidad² (*Cuadro II*).

A través de la investigación reportada se confirma el valor de la Corrección de Atenuación para incrementar la exactitud diagnóstica de las imágenes de perfusión miocárdica. Nuestro resultado final de sensibilidad del 83% y especificidad del 98% en el diagnóstico de CAD, es concordante con los resultados reportados en marzo 2005 por Hendel,³ de 85 y 81% de sensibilidad y especificidad, respectivamente y con la AHA (87 y 75%)⁶, si consideramos la muestra estudiada y el que no se incluyeron pacientes de bajo riesgo de CAD. Por lo tanto, la AC deberá utilizarse como recurso diagnóstico adicional siempre que sea posible ya que incrementa la especificidad del estudio convencional de perfusión miocárdica.

Conclusiones

Después del análisis de datos en el presente estudio, se concluyó que la aplicación de corrección de atenuación al realizar estudios de perfusión miocárdica a pacientes con enfermedad coronaria sospechada o documentada ayudó a un diagnóstico eficaz y seguro de esta entidad, lo cual presentó utilidad demostrada para un diagnóstico y manejo clínico adecuado.

Agradecimientos

Al Dr. J. Rafael García Ortiz por su confianza y por su dirección, apoyo y estímulo en mi actividad como médico nuclear. A todos mis maestros Radiólogos de la División de Imaginología del Centro Médico ABC, que me impulsan diariamente a ser el primer Radiólogo Nuclear y a todo el personal técnico del Centro Médico ABC, por estos años de aprendizaje y apoyo.

Cuadro II. Valor clínico de la corrección de atenuación.²

Confirmado	Potencial
Mejoría en el reconocimiento de artificios	Mejor relación en análisis costo-efectividad
Mayor especificidad	Mejor evaluación de enfermedad multivascular
Mayores rangos de normalización	Incremento del valor pronóstico
Mayor confiabilidad de la Interpretación	Únicamente imagen postesfuerzo
Aplicaciones en estudios de urgencia (dolor torácico agudo)	Cuantificación absoluta de flujo

Referencias

1. Lee TH, Boucher CA. Noninvasive tests in patients with suspected or stable coronary artery disease. *N Engl J Med* 2001; 344: 1840-5.
2. Hendel RC, García EV, Corbett JR, et al. The Value and Practice of Attenuation Correction for Myocardial Perfusion SPECT Imaging: A Joint Position Statement from the American Society of Nuclear Cardiology and the Society of Nuclear Medicine. *J Nuclear Med* 2002; 43: 273-80.
3. Hendel RC. Attenuation Correction: Eternal dilemma or real improvement? *Quarterly J Nuclear Med and Molecular Imaging* 2005; 49: 30-42.
4. Bateman TM, Cullom SJ. Attenuation Correction Single-Photon Emission Computed Tomography Myocardial Perfusion Imaging. *Seminars in Nuclear Medicine* 2005; 35: 37-51.
5. Hendel RC, Berman DS, et al. Multicenter clinical trial to evaluate the efficacy of correction for photon attenuation and scatter in SPECT myocardial perfusion imaging. *Circulation* 1999; 21: 2742-9.
6. Heller GV, Links J, Bateman TM, Ficaro E, Cohen MC, Hendel RC. American Society of Nuclear Cardiology and Society of Nuclear Medicine joint position statement: attenuation correction of myocardial perfusion SPECT scintigraphy. *J Nucl Cardiol* 2004; 11(2): 229-30.
7. Klocke FJ, Baird MG, Bateman TM, Berman DS, Cerqueira MD, et al. ACC/AHA/ASNC guidelines for the clinical use of cardiac radionuclide imaging: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2003; 108: 1404-18.
8. Smith SC, Gibbons RJ, et al. American College of Cardiology/American Heart Association Guidelines for Percutaneous Coronary Intervention. *Circulation* 2001; 103: 3019-41.