

Localización y cuantificación del área en riesgo mediante tomografía computarizada por emisión de fotones simples de perfusión miocárdica durante la oclusión arterial coronaria

Osvaldo Perezto-Valdés^a, Jaume Candell-Riera^a, Guillermo Oller-Martínez^a, Santiago Aguadé-Bruix^b, Joan Castell-Conesa^b, Juan Ángel^a y Jordi Soler-Soler^a

^aServicio de Cardiología. Hospital Universitari Vall d'Hebron. Barcelona.

^bServicio de Medicina Nuclear. Hospital Universitari Vall d'Hebron. Barcelona. España.

Introducción y objetivos. Analizar la extensión y distribución del miocardio en riesgo en los mapas polares de la tomografía computarizada por emisión de fotones simples (SPECT) de perfusión miocárdica correspondientes a las arterias descendente anterior (DA), coronaria derecha (CD) y circunfleja (CX), obtenidos mediante la inyección de un radiofármaco tecnecio durante su oclusión en el curso de una angioplastia.

Pacientes y método. Se estudió a 50 pacientes (24 de la DA, 15 de la CD y 11 de la CX) a los que, inmediatamente después del inicio del inflado del globo de angioplastia, se inyectó por vía intravenosa un compuesto tecnecio manteniendo ocluida la arteria durante unos 90 s. Posteriormente, se procedió a captar los mapas polares con la distribución y extensión de la zona isquémica (captación < 50% respecto a la máxima).

Resultados. El porcentaje de extensión media del territorio isquémico con relación a todo el ventrículo izquierdo durante las oclusiones de la DA proximal fue del $49,8 \pm 10,3\%$ (mínimo 35%, máximo 67%); para la DA media, del $39,8 \pm 8,3\%$ (mínimo 20%, máximo 51%); para la CD, del $20,3 \pm 7,6\%$ (mínimo 8,3%, máximo 35%), y para la CX, del $21,3 \pm 10,8\%$ (mínimo 10,2%, máximo 30%).

Conclusiones. Los contornos y la extensión de la isquemia obtenidos en los mapas polares durante la oclusión de las arterias coronarias permiten definir el área en riesgo real de cada arteria con una distribución y extensión diferentes de las de los mapas polares clásicos utilizados habitualmente en la mayoría de los programas de cuantificación del SPECT de perfusión miocárdica.

Palabras clave: Enfermedad coronaria. Gammagrafía. Angioplastia coronaria.

Localization and Quantification of Myocardium at Risk by Myocardial Perfusion SPECT During Coronary Artery Occlusion

Introduction and objectives. The aim of this study was to analyze the distribution and extent of the myocardium at risk using polar maps obtained with myocardial perfusion SPECT. Myocardial perfusion of territories irrigated by the left anterior descending (LAD), right coronary (RCA) and left circumflex artery (CX) was studied with the help of a technetium-radiolabeled tracer during occlusion of the vessels in the course of percutaneous coronary angioplasty.

Patients and method. We studied 50 patients (24 LAD, 15 RCA and 11 CX). The ^{99m}Tc compound was injected immediately after inflation of the balloon, and the artery was occluded for approximately 90 seconds. Tomographic images were acquired, and polar maps showing the extent of the ischemic region (uptake < 50% of maximum) were generated.

Results. Mean percentage extent of the ischemic territory was $49.8 \pm 10.3\%$ (minimum 35%, maximum 67%), for the proximal LAD, $39.8 (8.3\%)$ (minimum 20%, maximum 51%) for the mid LAD, $20.3 (7.6\%)$ (minimum 8.3%, maximum 35%) for the RCA, and $21.3 (10.8\%)$ (minimum 10.2%, maximum 30%) for the CX.

Conclusions. The contours and extent of the jeopardized myocardial territory found during coronary occlusion allowed us to generate polar maps that illustrated actual coronary risk. The distribution and extent of the areas at risk differed from those in polar maps generated by most current applications used with myocardial perfusion SPECT.

Key words: Coronary artery disease. Scintigraphy. Coronary angioplasty.

Full English text available at: www.revespcardiol.org

Correspondencia: Dr. J. Candell-Riera.
Servicio de Cardiología. Hospital Universitari Vall d'Hebron.
Pg. Vall d'Hebron, 119-129. 08035 Barcelona. España.
Correo electrónico: jcandell@vhebron.net

Recibido el 26 de febrero de 2004.
Aceptado para su publicación el 22 de abril de 2004.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de programas de cuantificación de la tomografía computarizada por emisión de fotones

ABREVIATURAS

CD: coronaria derecha.
 CX: circunfleja.
 DA: descendente anterior.
 SPECT: tomografía computarizada por emisión de fotones simples.
 VI: ventrículo izquierdo.

simples]), tanto a partir de los cortes tomográficos como de la representación sobre los mapas polares, es una herramienta importante en el manejo de los pacientes con cardiopatía isquémica¹⁻⁶. Con el objetivo de mejorar la exactitud en la localización y extensión de las regiones isquémicas y necróticas del ventrículo izquierdo (VI), se han aplicado varias metodologías cuantitativas a la SPECT de perfusión miocárdica. En particular, las representaciones de los territorios ventriculares sobre el mapa polar y su posterior atribución a las correspondientes arterias coronarias han sido establecidas por diferentes grupos de trabajo, como los de Emory⁷, Cedars-Sinai^{8,9} y el del Hospital Universitario Vall d'Hebron^{10,11}.

Sin embargo, estos métodos no representan una exacta localización de los defectos de perfusión miocárdica con los territorios coronarios reales de cada paciente. Las series estudiadas para obtener estos mapas eran heterogéneas e incluían a pacientes con enfermedad multivasa, con diversos grados de estenosis y con la presencia de distintos grados de circulación colateral. Ello explica que en estos mapas polares pueda observarse a menudo que la isquemia correspondiente a un determinado territorio ventricular no es exactamente atribuible a una arteria coronaria específica, sino que se extiende hacia territorios ventriculares que en teoría son atribuidos a otras arterias coronarias.

El objetivo de este estudio ha sido generar, mediante SPECT miocárdica de perfusión, unos mapas polares del miocardio isquémico correspondientes a la auténtica área en riesgo de las diferentes arterias coronarias obtenidos mediante la inyección de compuestos tecnecios durante la oclusión de estas arterias en el curso de una angioplastia. Ello es posible mediante los radiotrazadores tecnecios, ya que sus características farmacocinéticas y físicas permiten obtener las imágenes gammagráficas hasta 6 h después de su administración, reflejando la perfusión miocárdica en el momento de la inyección.

PACIENTES Y MÉTODO**Pacientes**

Se estudió a 50 pacientes (5 mujeres; edad media, 59,3 ± 10,8 años; intervalo, 33-78 años) sin infarto

previo y con enfermedad coronaria predominante de un vaso sometidos a angioplastia de este vaso y divididos en 3 grupos: grupo descendente anterior (DA): 24 pacientes con enfermedad arterial coronaria de la descendente anterior, dividido a su vez en 2 subgrupos (grupo DAp: 11 DA con estenosis proximales y grupo DAM: 13 DA con estenosis medias) según la angioplastia fuera realizada en la DA proximal, entre su nacimiento y antes de la salida de la primera septal o de la primera diagonal, o en la DA media, hasta antes de la salida de la segunda diagonal; grupo coronaria derecha (CD): 15 pacientes con estenosis de la arteria coronaria derecha, y grupo circunfleja (CX): 11 pacientes con estenosis de la arteria coronaria circunfleja.

En los 50 pacientes se realizó, por indicación clínica, una angioplastia coronaria única de la lesión causante con implantación posterior de un *stent* y un estudio de SPECT de perfusión miocárdica con compuestos tecnecios según la metodología descrita a continuación. El protocolo de estudio fue aprobado por el comité ético del hospital.

Angioplastia coronaria

Los estudios se realizaron en el sistema biplanar, Philips Systems/Optimus M200, seleccionando las 2 proyecciones en las que se visualizara mejor la estenosis sobre el árbol coronario. A los 10-15 s del inicio de la inflación total del globo se procedió a la inyección intravenosa de 25 mCi de ^{99m}Tc-metoxiisobutil-isonitrilo (32 pacientes) o de ^{99m}Tc-tetrofosmina (18 pacientes), manteniendo el globo inflado durante aproximadamente 90 s. Los estudios fueron archivados en discos compactos mediante sistema DICOM.

SPECT de perfusión miocárdica

Las imágenes correspondientes a las oclusiones de cada arteria se adquirieron 60-90 min después de la inyección del radiofármaco en el Servicio de Medicina Nuclear. Para ello se utilizó una gammacámara Elscint SP4, dotada de un colimador 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) y se obtuvieron los cortes de eje corto, eje largo horizontal y eje largo vertical^{12,13}, así como los respectivos mapas polares (fig. 1)¹⁰⁻¹¹. No se realizaron correcciones por atenuación y dispersión.

Se obtuvieron imágenes basales en reposo entre 24 y 48 h después de la angioplastia con la finalidad de comprobar que no había ninguna hipoperfusión en reposo.

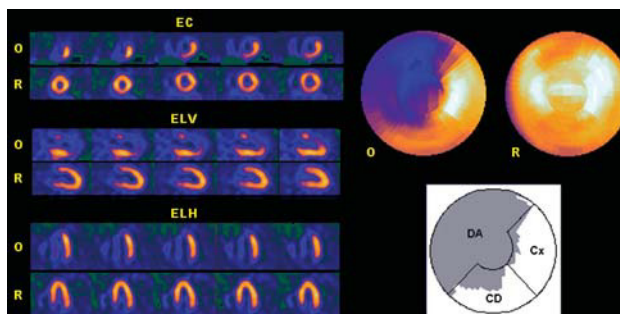


Fig. 1. SPECT de perfusión miocárdica obtenida mediante la administración del radiotrazador tecneciado durante la oclusión proximal de una arteria descendente anterior (DA). A la izquierda se muestran los cortes tomográficos de eje corto (EC), eje largo vertical (ELV) y eje largo horizontal (ELH) correspondientes a la oclusión (O) coronaria y basal en reposo (R). En el mapa polar de ischemia (arriba) se muestra la localización y extensión del área en riesgo (captación < 50% con respecto a la máxima) que corresponde a un 67% de todo el ventrículo izquierdo. En el mapa polar inferior se observa que la extensión de la ischemia corresponde a un 99% del territorio atribuido a la DA en el mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron^{10,11}, pero que también se extiende parcialmente al territorio atribuido a la coronaria derecha (CD) y a la circunfleja (CX).

Análisis de las imágenes

Después de la obtención de los mapas polares, se procedió a la valoración de la extensión del área en riesgo en las imágenes de SPECT correspondientes a la oclusión coronaria y definida como el porcentaje de extensión del territorio ventricular izquierdo con captación < 50% respecto al máximo¹⁴. Se calculó asimismo la extensión del territorio atribuible a la DA, a la CD y a la CX en el mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron^{10,11}. En este mapa, el 56% de todo el ventrículo izquierdo se atribuye a la arteria DA (regiones anterior, septal y apical); el 23%, a la arteria CD (región inferior), y el 21%, a la arteria CX (región lateral). Mediante la superposición de los contornos de la zona isquémica de todas las áreas en riesgo de cada arteria se obtuvo la distribución y extensión del territorio máximo posible atribuible a cada arteria coronaria. Se valoró, además, el porcentaje de territorio hipoperfundido de la arteria analizada que correspondía a regiones atribuidas a las otras arterias en dicho mapa polar (fig. 1).

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SPSS versión 8,0 para Windows 98¹⁵. Las variables cuantitativas se describen mediante la media y la desviación estándar y las cualitativas mediante la distribución de frecuencias de cada una de las categorías. La comparación de las medias en la muestra se realizó mediante la prueba de la t de Student. El nivel de significación estadística aceptado fue del 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Cateterismo cardíaco

En el grupo DA, 18 pacientes presentaban dominancia derecha, 5 dominancia izquierda y en 1 caso (paciente 7) había dominancia equilibrada. En 6 pacientes de este grupo se observaron estenosis de la CD y/o de la CX inferiores al 70% que no fueron revascularizadas. La fracción de eyección del VI por ventriculografía de contraste fue del $70,1 \pm 8,2\%$.

En el grupo CD había dominancia derecha en todos los pacientes. En 4 pacientes de este grupo se observaron estenosis de la DA y/o de la CX inferiores al 70% que no fueron revascularizadas. La fracción de eyección por ventriculografía de contraste fue del $73,1 \pm 11,7\%$.

En el grupo CX había dominancia derecha en 9 pacientes y en 1 (paciente 3) la dominancia era equilibrada. Dos pacientes de este grupo tenían estenosis coronarias inferiores al 70% de la DA y/o de la CD que no fueron revascularizadas. La fracción de eyección por ventriculografía de contraste fue del $72,6 \pm 11,1\%$.

En ningún paciente había un ramo intermedio o bisectriz entre la salida de la DA y de la CX. No se observó circulación colateral homocoronaria o heterocoronaria a ninguna de las arterias en las que se practicó la angioplastia.

SPECT miocárdica de perfusión

Los porcentajes globales de la extensión de los defectos de perfusión correspondientes a las oclusiones proximales y distales de la DA se expresan en la tabla 1^{10,11}. La extensión del territorio isquémico en el grupo DAp ($49,8 \pm 10,3\%$) fue superior a la del grupo DAM ($39,8 \pm 8,3\%$), aunque sin alcanzar significación estadística ($p = 1$). En el grupo DAp había 6 pacientes con un porcentaje de extensión de la hipoperfusión en el mapa polar inferior al máximo (51%) encontrado en el grupo DAM. En este último grupo hubo 10 pacientes con un porcentaje de extensión superior al mínimo (35%) encontrado en el grupo de DA proximales. En la tabla 1 se muestran los porcentajes de territorio hipoperfundidos que se extendían a las regiones de la DA, CD y CX según el mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron^{10,11}. Puede observarse que más de un 20% de territorio isquémico de la DA corresponde a la región de la CD del mapa del Hospital Universitari Vall d'Hebron y alrededor de un 10% a la región de la CX. Las extensiones mínimas y máximas de los defectos de perfusión encontrados sobre el mapa polar de las oclusiones proximales y mediales de la DA se muestran en la figura 2 A y B.

Los porcentajes globales de la extensión de los defectos de perfusión en las oclusiones de la CD se expresan en la tabla 2¹⁰⁻¹¹. La extensión promedio del territorio hipoperfundido en el grupo CD fue de $20 \pm$

TABLA 1. Extensión del área en riesgo con respecto a todo el ventrículo izquierdo en el grupo de oclusiones de la descendente anterior proximal (DAp) y media (DAm) y con respecto a los territorios atribuidos a la DA, a la coronaria derecha (CD) y a la circunfleja (CX) en el mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron^{10,11}

N.º de caso	Extensión del área en riesgo (%)			
	Total	DA	CD	CX
Grupo DAp (n = 11)				
4	39,0	61,0	20,0	1,0
6	37,0	58,0	15,0	1,20
11	63,0	90,0	34,0	19,0
13	67,0	99,0	28,0	23,0
17	54,0	91,0	9,50	v4,60
18	47,0	46,0	5,30	13,0
23	35,0	60,0	10,0	4,30
29	48,4	63,0	24,0	17,0
43	49,0	67,0	44,0	8,30
44	52,0	68,0	21,0	v9,40
50	56,0	61,0	19,0	12,0
Media ± DE	49,8 ± 10,3	70,4 ± 15,3	20,9 ± 11,4	10,3 ± 7,3
Grupo DAm (n = 13)				
1	31,0	48,0	8,5	8,9
7	37,0	55,0	23,0	4,0
8	45,0	75,0	8,9	7,10
9	35,0	50,0	31,0	1,70
10	36,0	61,0	2,0	5,50
12	44,0	61,0	36,0	9,50
16	51,0	74,0	19,0	26,0
19	44,0	64,0	11,0	27,0
24	20,0	34,0	0,6	1,0
27	45,0	58,0	45,0	12,0
28	49,0	72,0	25,0	8,50
46	37,0	55,0	23,0	4,0
48	43,0	42,0	27,0	8,50
Media ± DE	39,8 ± 8,3	57,6 ± 12,3	20,1 ± 13,3	9,5 ± 8,2

TABLA 2. Extensión del área en riesgo con respecto a todo el ventrículo izquierdo en el grupo de oclusiones de la coronaria derecha (CD) y con respecto a los territorios atribuidos a la descendente anterior (DA), a la CD y a la circunfleja (CX) en el mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron^{10,11}

N.º de caso	Extensión del área en riesgo (%)			
	Total	DA	CD	CX
Grupo CD (n = 15)				
2	24,0	19,0	59,0	1,0
5	27,0	19,0	70,0	1,0
14	35,0	20,0	61,0	14,0
20	8,3	14,0	25,0	1,0
21	12,0	17,0	33,0	1,0
25	20,2	20,3	38,0	1,0
26	25,3	7,8	51,0	9,0
30	13,0	12,0	27,0	1,0
33	17,0	16,0	33,0	1,0
35	18,0	11,0	52,0	1,0
38	9,5	6,5	25,0	1,0
39	15,0	15,0	26,0	1,0
42	27,5	18,0	38,0	1,0
47	23,0	16,0	60,0	1,0
49	26,0	17,0	72,0	1,0
Media ± DE	20,0 ± 7,6	15,2 ± 4,2	44,7 ± 16,7	2,4 ± 3,8

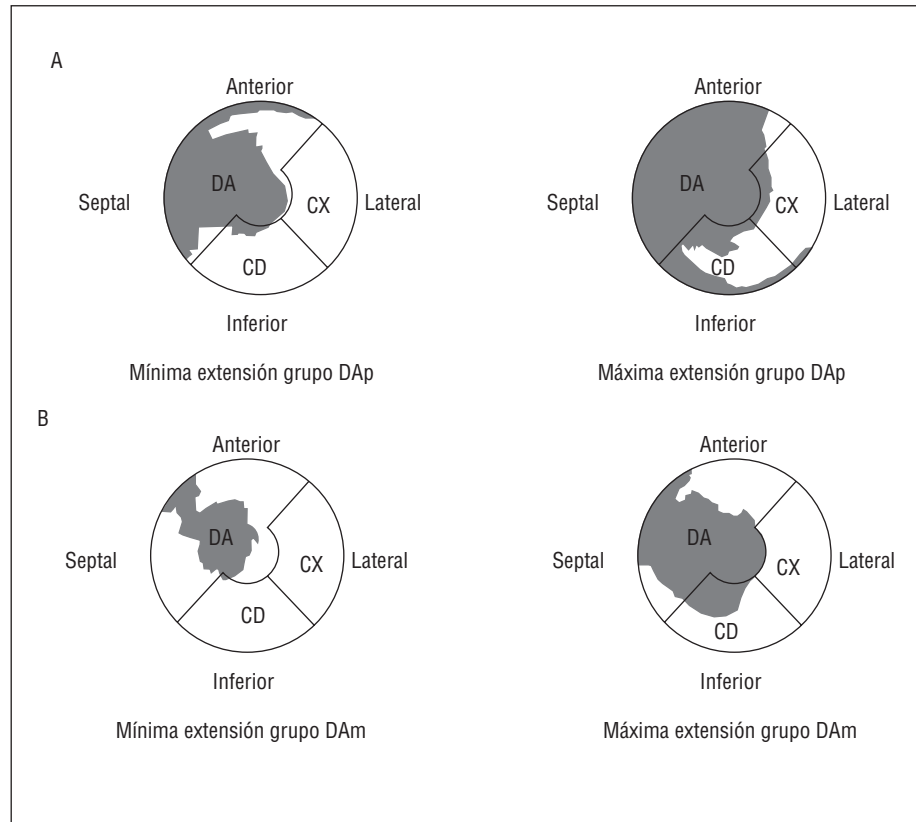


Fig. 2. Localización y extensión del área en riesgo (en gris) mínima y máxima de las oclusiones de las arterias coronarias descendente anterior proximales (DAP) (A) y mediales (DAM) (B) superpuestas a las regiones atribuidas a la DA, coronaria derecha (CD) y circunfleja (CX) del mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron.

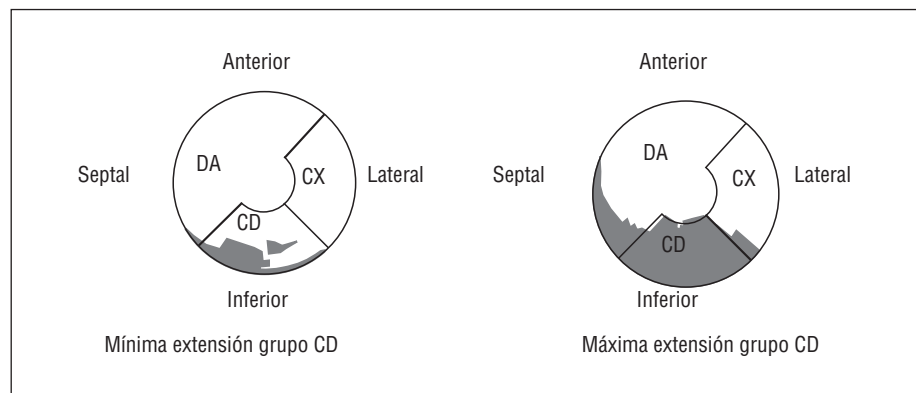


Fig. 3. Localización y extensión del área en riesgo (en gris) mínima y máxima de las oclusiones de la arteria coronaria derecha (CD) superpuesta a las regiones atribuidas a la DA, CD y circunfleja (CX) del mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron.

7,6%. En la tabla 2 se muestran los porcentajes de territorio hipoperfundidos que se extienden a las regiones atribuidas a la DA, CD y CX en el mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron. El porcentaje de territorio isquémico atribuido a la región de la DA según el mapa del Hospital Universitari Vall d'Hebron fue del $15,2 \pm 4,2\%$. Las extensiones mínima y máxima de los defectos de perfusión encontrados sobre el mapa polar de las oclusiones de la CD se muestran en la figura 3.

Los porcentajes globales de la extensión de los defectos de perfusión en las oclusiones sobre la CX se expresan en la tabla 3¹⁰⁻¹¹. La extensión promedio del te-

rritorio hipoperfundido en el grupo CX fue de $23,4 \pm 7,6\%$. En la tabla 3 se muestran los porcentajes de territorio hipoperfundidos que se extienden a las regiones atribuidas a la DA, CD y CX en el mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron. El porcentaje de territorio isquémico dentro de la región atribuida a la CD fue de casi el 50%, superior incluso al de la misma CX ($27,4 \pm 20,9\%$). Las extensiones mínima y máxima de los defectos de perfusión encontrados sobre el mapa polar de las oclusiones de la CX se muestran en la figura 4. Obsérvese en esta figura cómo el territorio isquémico correspondiente al paciente con mínima extensión de miocardio en riesgo por oclusión de la CX se sitúa

TABLA 3. Extensión del área en riesgo con respecto a todo el ventrículo izquierdo en el grupo de oclusiones de la circunfleja (CX) y con respecto a los territorios atribuidos a la descendente anterior (DA), coronaria derecha (CD) y CX en el mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron^{10,11}

N.º de caso	Extensión del área en riesgo (%)			
	Total	DA	CD	CX
Grupo CX (n = 11)				
3	28,0	1,9	81,0	41,0
15	33,0	4,3	80,0	61,0
22	30,0	9,2	68,0	50,0
31	25,0	3,4	50,0	37,0
32	27,0	8,1	61,0	42,0
34	23,1	11,2	23,0	17,0
36	10,2	1,0	12,7	4,7
37	30,0	5,0	72,0	34,0
40	21,0	17,0	51,0	1,0
41	19,0	1,3	39,0	10,2
45	10,7	2,2	8,1	3,1
Media ± DE	23,4 ± 7,6	5,9 ± 5,0	49,6 ± 26,0	27,4 ± 20,9

en su totalidad dentro del territorio atribuido a la CD según el mapa del Hospital Universitari Vall d'Hebron.

En la figura 5 se muestran los territorios superpuestos de las áreas en riesgo de la DA y CD, de la DA y CX, y de la CD y CX en los mapas polares. Obsérvese que hay una notable superposición entre el miocardio en riesgo correspondiente a la DA y a la CD en los territorios inferoseptal e inferoapical, y entre la CD y la CX en el territorio inferior.

DISCUSIÓN

Aunque desde el punto de vista diagnóstico la interpretación de la SPECT miocárdica de perfusión se basa principalmente en la valoración visual de los cortes tomográficos, desde el punto de vista de la estratificación pronóstica y de la toma de decisiones respecto al manejo del paciente con cardiopatía isquémica, cada vez es más necesaria la cuantificación de la severidad

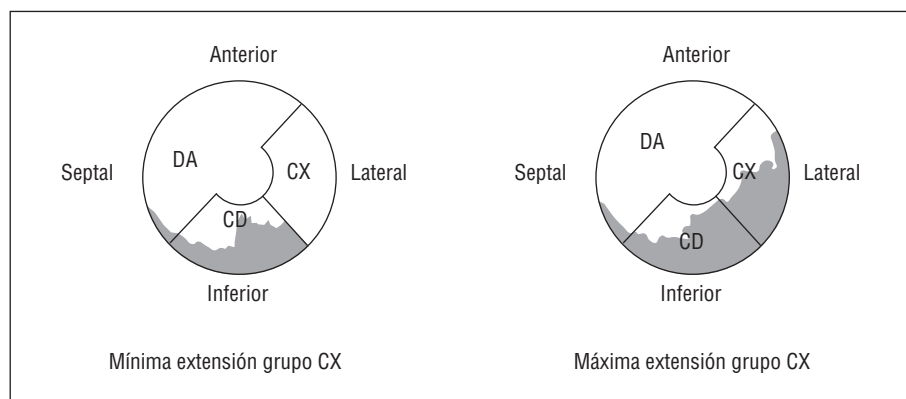


Fig. 4. Localización y extensión del área en riesgo (en gris) mínima y máxima de las oclusiones de las arterias coronaria circunfleja (CX) superpuesta a las regiones atribuidas a la descendente anterior (DA), coronaria derecha (CD) y CX del mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron.

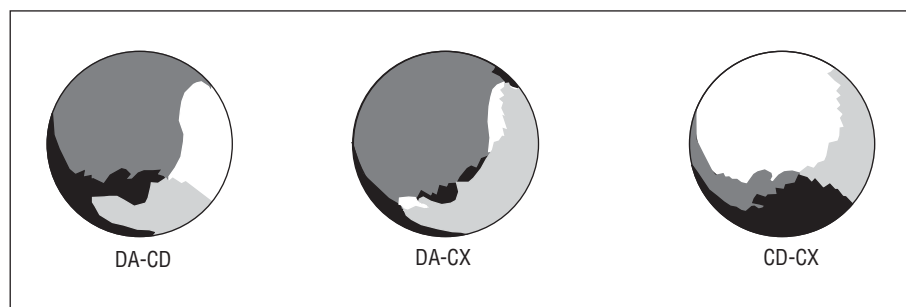


Fig. 5. Superposición (en negro) entre la máxima extensión del área en riesgo de la descendente anterior (DA) y la coronaria derecha (CD), entre la de la DA y la circunfleja (CX) y entre la de la CD y la CX. Obsérvese que la extensión de este territorio es mayor entre la CD y la CX y mínimo entre esta última y la DA.

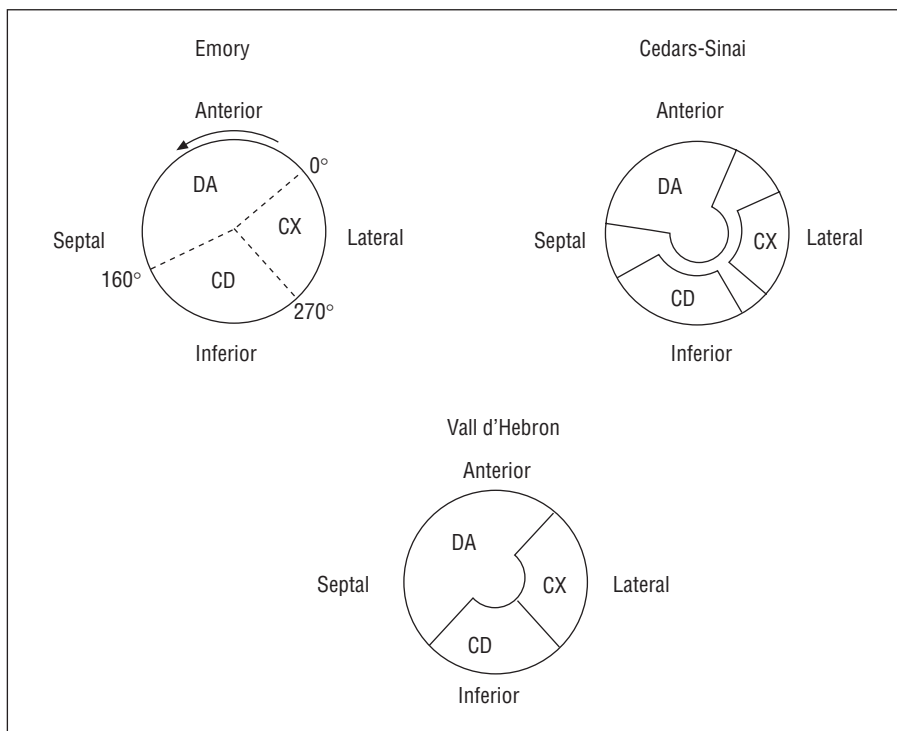


Fig. 6. Porcentaje de los territorios atribuidos a las diferentes arterias coronarias en los mapas polares de Emory, del Cedars-Sinai y del Hospital Universitari Vall d'Hebron. CD: coronaria derecha; CX: circunfleja; DA: descendente anterior.

y extensión del miocardio en riesgo. Por ello, la representación de los defectos de perfusión en los mapas polares es un método que ha adquirido amplia difusión en la práctica clínica, puesto que permite una fácil valoración cuantitativa de la extensión de la isquemia miocárdica.

Para la elaboración de estos mapas polares se han desarrollado diferentes metodologías y se han descrito diferentes delimitaciones de las regiones coronarias. Las más difundidas y utilizadas en la práctica han sido las de Emory⁷ y del Cedars-Sinai^{8,9}. En el primer método el territorio de la DA se extiende desde los 0° hasta los 160° (en sentido de giro contrario al de las manecillas de reloj), el de la arteria coronaria derecha desde los 160° hasta los 270° y el de la arteria circunfleja desde los 270° hasta 0°. En el segundo método, todos los segmentos con una probabilidad $\geq 80\%$ de corresponder a una arteria coronaria fueron agrupados para representar el territorio de dicha arteria sobre el mapa polar. De esta forma, la región correspondiente a la DA incluye las zonas anterior, septal y apical del VI; el territorio de la CD, la zona inferior e inferoseptal y el territorio de la CX, la zona lateral del VI. En este mapa, los bordes de las diferentes regiones coronarias no contactan entre sí, de manera que hay una franja de territorio no atribuido a ninguna arteria coronaria en concreto. Por otra parte, en el mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron^{10,11}, utilizado como referencia en el presente estudio, se desarrolla el modelo para la asignación de los defectos de perfusión a cada una de las arterias coronarias que no excluye ninguna zona

límitrofe entre los diferentes territorios coronarios. Así, la suma de las 3 regiones arteriales corresponden a la totalidad del VI (DA = 56%, CD = 23% y CX = 21%) (fig. 6).

Limitaciones de los mapas polares clásicos

La representación de las diferentes regiones coronarias en los 3 mapas polares descritos es de una gran rigidez, por lo que es lógico comprender que la gran variedad de formas anatómicas en que puede presentarse el árbol coronario es de difícil representación. En el mapa de Emory⁷, cuando hay un defecto de perfusión que produce solapamiento en la frontera de 2 regiones coronarias, dicho defecto se asigna a la arteria con mayor extensión del defecto, y si la extensión angular del defecto es mayor que 45° hacia otro territorio, se considera que hay enfermedad de las 2 arterias coronarias correspondientes a ambas regiones. Además, los defectos sólo localizados en la región apical no son asignados a ninguna arteria en concreto. En el método de Cedars-Sinai^{8,9}, las zonas entre las diferentes regiones coronarias, consideradas de baja especificidad para una arteria coronaria concreta, no son contabilizadas en la valoración global de los defectos de perfusión. Así pues, en este mapa, la suma de las diferentes regiones atribuidas a cada una de las arterias no corresponde a la totalidad del VI, lo que dificulta la valoración global del porcentaje del miocardio ventricular izquierdo amenazado. La representación sobre el mapa polar del Hospital Universitari Vall d'Hebron^{10,11} sol-

venta esta limitación, pero sigue ofreciendo una configuración estereotipada y rígida de las diferentes regiones coronarias.

Mapas polares obtenidos durante la oclusión de las arterias coronarias

La finalidad de este estudio ha sido lograr un mapa polar que represente la extensión real del territorio miocárdico amenazado por la oclusión de las diferentes arterias coronarias. Esto ha podido lograrse gracias a la inyección de un compuesto tecnecio durante su oclusión en el curso de una angioplastia. De esta forma se ha podido delimitar los diferentes contornos del área correspondiente al territorio isquémico durante la oclusión o, lo que es lo mismo, al territorio amenazado ante una posible oclusión de la arteria en el punto donde se realiza la angioplastia.

Mediante esta metodología, que previamente ya había sido utilizada a nivel experimental¹⁶ y clínico¹⁷⁻²¹, hemos podido observar que la máxima extensión de las áreas en riesgo de la DA (67%), CD (35%) y CX (33%) es superior a los atribuidos a estas arterias en los mapas polares previamente descritos. Esto es debido a que hay una superposición de territorios, como ocurre principalmente entre la arteria coronaria DA y la CD, y entre ésta y la CX (fig. 5). Así, la región inferior puede corresponder en muchas ocasiones a la circunfleja y la inferoapical e inferoseptal a la DA. Esta superposición de territorios justifica que la eficacia diagnóstica de la SPECT pueda tener ciertas limitaciones en la detección de la lesión causante²² y en el diagnóstico de la enfermedad multivascular²³⁻²⁷.

También se ha observado que la extensión sobre el mapa polar del miocardio amenazado por algunas oclusiones de la DA media puede ser superior a la de algunas oclusiones proximales de esta misma arteria. Esto significa que sólo con la catalogación angiográfica no llega a precisarse en muchas ocasiones la extensión real del miocardio en riesgo. Así, la extensión del área en riesgo correspondiente a una oclusión de la DA proximal puede ir desde un 35 hasta un 67% de todo el VI, la de una DA medial desde un 20 hasta un 51%, la de la CD desde un 8 hasta un 35%, y la de la CX desde un 10 hasta un 33%.

El hecho de que las imágenes de perfusión fueran adquiridas sin ningún tipo de corrección de atenuación podría favorecer una sobrevaloración de la extensión de los defectos inferiores atribuible a la interposición diafragmática. No obstante, en las imágenes basales de reposo de estos pacientes no se observó hipocaptación inferior, lo cual hace improbable esta posibilidad. Por otra parte, la distribución de los radiotrazadores en regiones extracardíacas también puede producir distorsiones cuando esta captación está localizada cerca del VI. Sin embargo, en nuestra serie, al haber obtenido tardíamente (> 1 h) las imágenes correspondientes a la

oclusión coronaria, la captación infradiafragmática era muy escasa, tanto con el MIBI como con la tetrofosmina.

Desde el punto de vista clínico, probablemente lo ideal sería disponer de un mapa polar coronariográfico personalizado que permitiera contrastarlo con el mapa del área isquémica obtenido mediante SPECT de perfusión miocárdica. En el futuro es posible que algunos programas de fusión entre la coronariografía por contraste, por tomografía computarizada o por resonancia magnética, y la SPECT de perfusión nos permitan esta posibilidad²⁸. De la misma forma que se han desarrollado los mapas polares de la SPECT miocárdica de perfusión, también pueden desarrollarse métodos para la representación de la coronariografía sobre el mapa polar. Svane et al²⁹ describieron un método destinado a ello y otros equipos³⁰ están trabajando en la superposición tridimensional de la coronariografía y de la gammagrafía miocárdica de perfusión. El desarrollo de nuevos programas informáticos permitirá en el futuro una rápida creación de mapas polares «individualizados» en los que el cardiólogo pueda disponer de los mapas polares coronariográficos donde superponer el mapa polar de perfusión miocárdica, y viceversa, según cuál sea la exploración practicada en primer lugar.

CONCLUSIONES

La obtención de mapas polares de perfusión miocárdica generados con la inyección del trazador durante la oclusión de las arterias coronarias en el curso de una angioplastia permite delimitar unos contornos del área en riesgo más acordes con la distribución coronaria de cada paciente y cuantificar el territorio amenazado. La distribución y extensión del área isquémica correspondiente a cada arteria coronaria difiere de la establecida en los mapas polares clásicos que se utilizan habitualmente en la práctica clínica.

BIBLIOGRAFÍA

1. García EV, Van Train K, Maddahi J, Prigent F, Friedman J, Aree-da J, et al. Quantification of rotational thallium-201 myocardial tomography. *J Nucl Med* 1985;26:17-26.
2. Prigent F, Maddahi J, García EV, Van Train K, Friedman J, Berman D. Noninvasive quantification of the extent of jeopardized myocardium in patients with single-vessel coronary disease by stress thallium-201 single photon emission computerized rotational tomography. *Am Heart J* 1986;111:578-86.
3. Borges-Neto S, Mahmarian J, Jain A, Roberts R, Verani MS. Quantitative thallium-201 single photon emission computed tomography after oral dipyridamole for assessing the presence, anatomic location and severity of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1988;11:962-9.

4. Iskandrian S, Heo J, Kong B, Lyons E. Effect of exercise level on the ability of thallium-201 tomographic imaging in detecting coronary artery disease: analysis of 461 patients. *J Am Coll Cardiol* 1989;14:1477-86.
5. Nakata T, Noto T, Uno T, Wada A, Hikita N, Tanaka S, et al. Quantification of area and percentage of infarcted myocardium by single photon emission computed tomography with thallium-201: a comparison with serial serum CK-MB measurements. *Ann Nucl Med* 1989;3:1-8.
6. Stone DL, Snyder SH, Jaffe S, Weiss AT, Gotsman MS, Atlan H. The multislice cylinder: a new approach to quantification of cardiac single photon emission tomography. *Nucl Med Commun* 1989;10:409-13.
7. DePasquale E, Nody AC, DePuey EG, García EV, Pilcher G, Bredlau C, et al. Quantitative rotational thallium-201 tomography for identifying and localizing coronary artery disease. *Circulation* 1988;77:316-27.
8. Maddahi J, Van Train K, Prigent F, Garcia EV, Friedman J, Ostrzega E, et al. Quantitative single photon emission computed tomography for detection and localization of coronary artery disease: optimization and prospective validation of a new technique. *J Am Coll Cardiol* 1989;14:1689-99.
9. Maddahi J, Kiat H, Van Train KF, Prigent F, Friedman J, García EV, et al. Myocardial perfusion imaging with technetium-99m sestamibi SPECT in the evaluation of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1990;66:E55-62.
10. Candell-Riera J, Santana-Boado C, Castell-Conesa J, Aguade-Bruix S, Olona M, Palet J, et al. Simultaneous dipyridamole/maximal subjective exercise with 99mTc-MIBI SPECT: improved diagnostic yield in coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1997;29:531-6.
11. Aguadé Bruix S, Castell Conesa J. Methods of quantification. En: Candell-Riera J, Castell Conesa J, Aguadé Bruix S, editors. *Myocardium at risk and viable myocardium. Evaluation by SPET*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2001; p. 45-68.
12. Candell-Riera J, Castell J, Jurado JA, López de Sá E, Nuño de la Rosa JA, Ortigosa FJ, et al. *Cardiología nuclear: bases técnicas y aplicaciones clínicas*. *Rev Esp Cardiol* 1999;52:957-89.
13. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. *Circulation* 2002;105:539-42.
14. Matsunari I, Yoneyama T, Kanayama S, Matsudaira M, Nakajima K, Taki J, et al. Phantom studies for estimation of defect size on cardiac ¹⁸F SPECT and PET: implications for myocardial viability assessment. *J Nucl Med* 2001;42:1579-85.
15. SPSS Base 7.5 for Windows. User's Guide. Chicago: SPSS Inc., 1998.
16. Sinusas AJ, Trautman KA, Bergin JD, Watson DD, Ruiz M, Smith WH, et al. Quantification of area at risk during coronary occlusion and degree of myocardial salvage after reperfusion with technetium-99m methoxy isobutyl isonitrile. *Circulation* 1990;82:1424-37.
17. Wiske PS, Palacios I, Block PC, O'gara P, Strauss HW, Okada RD, et al. Assessment of regional myocardial perfusion with thallium imaging during transient left anterior coronary arterial occlusion during angioplasty. *Am J Cardiol* 1986;57:1083-7.
18. Borges-Neto S, Puma J, Jones RH, Sketch RH, Stack R, Hanson MW, et al. Myocardial perfusion and ventricular function measurements during total coronary artery occlusion in humans. A comparison with rest and exercise radionuclide studies. *Circulation* 1994;89:278-84.
19. Borges-Neto S, Watson JE, Miller MJ. Tc-99m sestamibi cardiac SPECT imaging during coronary artery occlusion in humans: comparison with dipyridamole stress studies. *Radiology* 1996;198:751-4.
20. Gallik DM, Obermueller SD, Swarna US, Guidry GW, Mahmarijan JJ, Verani MS. Simultaneous assessment of myocardial perfusion and left ventricular function during transient coronary occlusion. *J Am Coll Cardiol* 1995;25:1529-38.
21. Sand NPR, Rehling M, Bagger JP, Thuesen L, Flo C, Nielsen TT. Functional significance of recruitable collaterals during temporary coronary occlusion evaluated by ^{99m}Tc-sestamibi single-photon emission computerized tomography. *J Am Coll Cardiol* 2000;35:624-32.
22. Candell-Riera J, Santana-Boado C, Castell-Conesa J, Aguadé-Bruix S, Olona-Cabases M, Domingo E, et al. Culprit lesion and jeopardized myocardium: Correlation between coronary angiography and single photon emission computed tomography. *Clin Cardiol* 1997;20:345-50.
23. Castell-Conesa J, Santana-Boado C, Candell-Riera J, Aguadé-Bruix S, Olona M, Canela T, et al. La tomografía miocárdica de esfuerzo en el diagnóstico de la enfermedad coronaria multivascular. *Rev Esp Cardiol* 1997;50:635-42.
24. Bruschke AVG, Proudfit WL, Sones FM. Progress study of 590 consecutive nonsurgical cases of coronary disease followed 5-9 years. I. Arteriographic correlations. *Circulation* 1973;47:1147-53.
25. Humphries JO, Kuller L, Ross RS, Friesinger GC, Page EE. Natural history of ischemic heart disease in relation to arteriographic findings. A twelve year study of 224 patients. *Circulation* 1974;49:489-97.
26. Burggraf GW, Parker JO. Prognosis in coronary artery disease. Angiographic, hemodynamic, and clinical factors. *Circulation* 1975;51:146-56.
27. Plotnick GD. Coronary artery bypass surgery to prolong life? Less anatomy/more physiology. *Am J Cardiol* 1986;8:749-51.
28. Segall GM, Atwood E, Botvinick EH, Dae MW, Lucas JR. Variability of normal coronary anatomy: Implications for the interpretation of thallium-SPECT myocardial perfusion images in single-vessel disease. *J Nucl Med* 1995;36:944-51.
29. Svane B, Bone D, Holmgren A, Landou C. Polar presentation of coronary angiography and thallium-201 single photon emission computed tomography. *Acta Radiol* 1989;30:561-74.
30. Aguadé S, Candell-Riera J, Faber TL, Angel J, Santana C, Klein JL, et al. Superposición en tres dimensiones de las imágenes de perfusión miocárdica y de la coronariografía. *Rev Esp Cardiol* 2002;55:258-65.