

# Caracterización hemodinámica del paciente diabético con calcificaciones arteriales

M. E. Vega Gómez\* - J. Ley Pozo\*\* - A. Aldama Figueroa\*\* - B. Lima Santana\*\*\* - J. Montalvo Diago\*\*\*  
C. Bustillo\* - A. Fernández Boloña\*\* - O. Gutiérrez Jiménez\*\* - O. Ramírez Muñoz\*\*\* - R. Martínez Hernández\*\*\*

Instituto Nacional de Angiología y Cirugía Vascular,  
Hospital Docente «Dr. Salvador Allende»  
La Habana, Cuba

## RESUMEN

Para describir la presencia de calcificaciones según la situación clínica del diabético y las características hemodinámicas de las arterias calcificadas se estudiaron 197 extremidades inferiores de pacientes con diabetes tipo 1, 2 e intolerantes a los hidratos de carbono. A todos se les midió el índice de presiones pierna/brazo y se les registró la velocidad de flujo arterial mediante ultrasonido Doppler en las arterias pedia y tibial posterior. Las calcificaciones arteriales se detectaron mediante radiografía del pie, las que fueron más frecuentes en el tipo 1 y en el pie diabético neuroinfectoso. Desde el punto de vista hemodinámico, se observó una tendencia al aumento de curvas de velocidad de flujo arterial patológicas en presencia de calcificaciones (fundamentalmente de la íntima) y que la incompresibilidad arterial siempre estuvo acompañada de esta alteración.

## SUMMARY

This study was designed to describe the presence of calcifications according to the clinical features of the diabetic patient and the hemodynamics of the calcified arteries. With this purpose, 197 lower limbs from diabetic patients (type I and II) and carbone-hidrate intolerant patients, were studied. In all of the patients, the pressure ratio leg/arm was measured. On the same way, the arterial flow velocity was recorded using the Doppler-Ultrasonography on the pedia and postero-tibial arteries. The arterial calcifications, evidents on the radiography of the foot, were more frequent between the type I patients and the neuro-infections diabetic foot. According to the hemodynamics point of view, we found a trend of association of more pathologic arterial flow velocity curves with the presence of calcifications (specially on the intima layer). It was also remarkable that an arterial incompressibility was always associated with arterial calcifications.

## Introducción

Las calcificaciones arteriales pueden ser de dos tipos: de la túnica media (esclerosis calcificada o de Monckeberg) y de la íntima. Aunque la primera puede coexistir con atherosclerosis en el mismo enfermo, las dos enfermedades difieren por completo tanto en su localización anatómica como en sus manifestaciones clínicas y su etiología (1, 2). La lesión básica en la calcificación de la íntima es el ateroma, el cual dificulta el riego sanguíneo y debilita las arterias afectadas. Por otra parte, las lesiones de la túnica media no disminuyen la luz del vaso y su importancia principal radica en que parece predisponer a la atherosclerosis (1-3).

La esclerosis de la media fue descrita en los diabéticos en 1924 (4). Desde entonces se han realizado muchas investigaciones en este campo y se ha encontrado, en general, que está fuertemente asociada con la edad del individuo, con la duración de la diabetes y con la presencia de neuropatía (3, 5-10). El concepto de macroangiopatía diabética está muy vinculado con la presencia de calcificaciones arteriales demostradas radiológicamente (1, 11-13).

Teniendo en cuenta las ventajas ampliamente reconocidas de los métodos no invasivos de diagnóstico y al hecho señalado por otros investigadores (14, 15) de que el comportamiento de los pacientes diabéticos con trastornos vasculares difiere del de los restantes ateroscleróticos, de-

\* Investigadora auxiliar, Departamento de Hemodinámica.

\*\* Médico especialista en Fisiología Normal y Patológica, Departamento de Hemodinámica.

\*\*\* Médico especialista en Angiología y Cirugía Vascular, Servicio de Angiopatía Diabética.

† Médico especialista en Endocrinología, Hospital Docente «Dr. Salvador Allende», La Habana, Cuba.

++ Técnico en Hemodinámica Vascular, Departamento de Hemodinámica.

\*\*\* Técnico en Radiología, Departamento de Radiología.

cidimos describir la presencia de calcificaciones según la situación clínica del enfermo y las características hemodinámicas de las arterias calcificadas.

## Material y método

Se estudiaron 197 extremidades inferiores de pacientes diabéticos provenientes de la consulta de Endocrinología del Hospital Dr. Salvador Allende, del Policlínico Abel Santamaría y del Servicio de Angiopatía Diabética del Instituto Nacional de Angiología y Cirugía Vascular. La edad promedio fue de  $53 \pm 13$  años. De las 197 extremidades estudiadas, 64 correspondieron a pacientes masculinos (32,49%) y 133 a femeninos (67,51%).

Según el tipo de diabetes (16) se distribuyeron en:

- Intolerantes: 42 extremidades (21,32%).
- Tipo 1: 18 extremidades (9,14%).
- Tipo 2: 137 extremidades (69,54%).

Atendiendo a la situación clínica, se identificaron los siguientes grupos:

— «Diabéticos sin lesión»: pacientes diabéticos tipo 2 sin lesiones en los miembros inferiores, en total, 94 extremidades (47,72%).

— «Intolerantes»: individuos clasificados como intolerantes a los hidratos de carbono según criterio de la OMS (16) y que no tenían ningún tipo de lesión en los miembros inferiores, en total 42 extremidades (21,32%).

— Neuroinfecciosos: según clasificación de **Mc Cook** y colaboradores (17), en total 35 extremidades (17,77%).

— Isquémicos: según clasificación de **Mc Cook** y colaboradores (17) en total 26 extremidades (13,2%).

## Estudios hemodinámicos

A todos los pacientes se les realizaron las siguientes pruebas hemodinámicas:

- Índice de presiones pierna/braco, por el método Doppler y em-

pleando un equipo Vasoscan VL de la Sonicaid.

— Registro de las curvas de velocidad de flujo arterial con el mismo equipo anteriormente señalado.

En ambos casos se estudiaron las arterias: pedia y tibial posterior de ambos miembros inferiores para los casos de los grupos de «diabéticos sin lesión» e «intolerantes» y del miembro con lesión en los pacientes pertenecientes a los grupos de neuroinfecciosos e isquémicos.

Los valores de los índices de presiones se distribuyeron en 4 niveles:

- Bajo: índice menor de 1.
- Normal: índice entre 1 y 1,3.
- Alto: índice mayor de 1,3.
- Incompresible: cuando al realizar una compresión de 300 mm Hg, no desaparecía el sonido arterial.

Según la forma de las curvas obtenidas se identificaron 3 tipos:

- Normal: curva trifásica o bifásica.
- Dudosa: curva monofásica asimétrica con o sin flujo diastólico.
- Patológica: curva monofásica amortiguada o no registrable.

## Estudio radiológico

A todos los sujetos se les realizó una radiografía del pie y del tercio inferior de la pierna de ambos miembros inferiores en los grupos de «diabéticos sin lesión» e «intolerantes» y

del miembro con lesión en los grupos de neuroinfecciosos e isquémicos. Se utilizó la técnica de **Lindblom** (11), con modificación introducida por los autores consistente en rotación externa del pie para hacer la vista lateral y así evitar la superposición de huesos y arterias. Todas las radiografías fueron revisadas en conjunto por dos especialistas en Angiología, utilizando lentes de aumento, quienes detectaron la presencia de calcificaciones de la media, de la íntima o de ambas, en las arterias tibial anterior-pedia y/o tibial posterior-plantares; los mismos desconocían el resultado del estudio hemodinámico. Hubo que desechar 28 placas que no fueron útiles para diagnóstico.

## Procesamiento estadístico

Los valores obtenidos fueron procesados empleando elementos convencionales de la Estadística Descriptiva. Se utilizó la prueba de **chi cuadrado** para comprobar la asociación entre las variables consideradas.

## Resultados

### Presencia de calcificaciones según la situación clínica del enfermo

En el Cuadro 1 se muestra que la frecuencia de calcificaciones en pedia

**Cuadro 1**  
**Frecuencia de aparición de calcificaciones en arterias pedia y tibial posterior según tipo de diabetes**

		S/C	Int.	Med.	Ambas	Total
Intolerantes	Pedia	36	0	0	0	36
	T. Post	34	0	0	2	36
Tipo 1	Pedia	4	3	2	7	16
	T. Post	6	0	3	7	16
Tipo 2	Pedia	92	17	6	16	131
	T. Post	93	18	7	13	131

S/C: sin calcificaciones.

Int.: calcificación de la íntima.

Med.: calcificación de la media.

Ambas: calcificaciones de la íntima y media.

y tibial posterior difiere según el tipo de diabetes, ya que los valores de **chi-cuadrado** fueron de 35,12 y de 34,53 (con 6 grados de libertad) y niveles de significación de  $4,08 \times 10^{-6}$  y  $5,3 \times 10^{-6}$ , respectivamente. Se observa que la gran mayoría de los intolerantes (100% para pedia y 94,4% para tibial posterior) no tienen calcificaciones. Por otra parte, aparece con más frecuencia algún tipo de calcificación en el tipo 1 (75% para pedia y 62,5% para tibial posterior) que en el 2 (29,7% y 29%, respectivamente).

La distribución de calcificaciones en pedia y tibial posterior está relacionada con la situación clínica del pie (Cuadro 2), lo que se corrobora con los valores de **chi-cuadrado** de 40,9 y 35,29 con 9 grados de libertad y niveles de significación de  $4,74 \times 10^{-6}$  y  $5,25 \times 10^{-5}$ , respectivamente. Se evidencia que las calcificaciones (de cualquier tipo) son más frecuentes en los neuroinfecciosos que en los isquémicos, presentándose en este último caso con más fuerza la calcificación de ambas, íntima y media. En los «diabéticos sin lesión» y en los «intolerantes» predominan los individuos sin calcificación.

#### **Características hemodinámicas de las arterias calcificadas**

En el caso de la arteria pedia no hubo diferencias significativas (**chi-cuadrado** de 9,85 con 6 grados de libertad y  $p=0,13$ ) al comparar la distribución de las curvas de velocidad de flujo arterial según su forma y las calcificaciones (Cuadro 3); mientras que en la tibial posterior se evidenció cierta relación entre ambas (**chi-cuadrado** de 22 con 6 grados de libertad y  $p=1,2 \times 10^{-3}$ ). Se observa una tendencia a que aumente el tanto por ciento de curvas patológicas en presencia de calcificaciones, especialmente de la íntima; predominando el tipo normal cuando no las hay.

**Cuadro 2**  
**Frecuencia de aparición de calcificaciones en arterias pedia y tibial posterior según situación clínica**

		S/C	Int.	Med.	Ambas	Total
Intolerantes	Pedia	36	0	0	0	36
	T. Post	34	0	0	2	36
Diabéticos s/l	Pedia	70	11	4	7	92
	T. Post	67	14	5	6	92
Neuroinfeccioso	Pedia	13	6	4	9	32
	T. Post	16	4	5	7	32
Isquémico	Pedia	13	3	0	7	23
	T. Post	16	0	0	7	23

S/C: sin calcificaciones.

Int.: calcificación de la íntima.

Med.: calcificación de la media.

Ambas: calcificaciones de la íntima y media.

Diabéticos s/l: diabéticos sin lesión.

**Cuadro 3**  
**Por ciento de las curvas de velocidad de flujo según su forma y la presencia de calcificaciones arteriales**

		Normales	Dudosas	Patológicas	N
S/C	Pedia	49,2	40	10,8	132
	T. Post	57,4	31	11,6	129
Intima	Pedia	35	40	25	20
	T. Post	35,3	52,9	11,8	17
Media	Pedia	50	37,5	12,5	8
	T. Post	40	60	0	10
Ambas	Pedia	28,6	38,1	33,3	21
	T. Post	38,1	19	42,9	21

S/C: sin calcificaciones.

Intima: calcificación de la íntima.

Media: calcificación de la media.

Ambas: calcificaciones de la íntima y media.

N: número total de casos en cada subgrupo.

La distribución de los índices pedia/brazo y tibial posterior/brazo varió significativamente según el tipo de calcificación (valores de **chi-cuadrado** de 49,53 y 65,71 con 9 grados de libertad y niveles de significación de  $3,16 \times 10^{-7}$  y  $4,48 \times 10^{-7}$ , respectivamente) (Cuadro 4). Se observa que las arterias incompresibles aparecen cuando hay calcifica-

ciones, al menos de la media. También se pone de manifiesto que hay una gran cantidad de extremidades que tienen índices normales o bajos, a pesar de la calcificación.

#### **Discusión**

Desde los primeros estudios de **Bowen** (4) en 1924 hasta la actualidad, muchas investigaciones han

**Cuadro 4**  
**Por ciento de los tipos de índice de presiones tobillo/brazo según la presencia de calcificaciones**

		Bajo	Normal	Alto	Incompres.	N
S/C	Pedia	37,3	55,1	7,6	0	118
	T. Post	32,2	59,3	8,4	0	118
Intima	Pedia	47,4	47,4	5,3	0	19
	T. Post	38,7	44,4	16,7	0	18
Media	Pedia	33,3	66,7	0	0	6
	T. Post	25	62,5	0	12,5	8
Ambas	Pedia	22,7	36,4	9,1	31,8	22
	T. Post	15	30	10	45	20

S/C: sin calcificaciones.

Intima: calcificación de la íntima.

Media: calcificación de la media.

Ambas: calcificaciones de la íntima y media.

N: número total de casos en cada subgrupo.

Incompres.: arteria incompresible es de presiones tobillo/brazo.

evidenciado la fuerte relación que existe entre la duración de la diabetes y la frecuencia con que aparecen las calcificaciones arteriales en este tipo de pacientes (6-8). Esto pudiera explicar los resultados del Cuadro 1, donde se aprecia una mayor incidencia de calcificaciones en el tipo 1. Por otra parte, otros autores (6, 18) plantean que las calcificaciones aparecen con más frecuencia en el tipo 2; pero nosotros pensamos que más que el tipo de diabetes el factor más importante es el grado de deterioro vascular producido por esta enfermedad, pues en nuestro caso predominaron las de la íntima (ya sean aisladas o combinadas con las de la media), que son las más directamente vinculadas con el proceso aterosclerótico.

La presencia de calcificaciones de cualquier tipo fue relativamente baja en este estudio en comparación con los resultados de otros investigadores (6, 8). Pensamos que esto se debe a que la mayor parte de nuestra muestra corresponde a los «diabéticos sin lesión» (tipo 2) (Cuadro 2), de una supuesta más corta evolución

de la enfermedad, mientras que los estudios antes mencionados incluyeron fundamentalmente pacientes con complicaciones vasculares. **Edmonds** y cols. (5) encontraron que la calcinosis de la media está muy relacionada con la neuropatía, que es un factor importante en la etiología de la esclerosis de Monckeberg. Si tenemos en cuenta que en el pie diabético neuroinfeccioso predomina el componente neuropático, es explicable que aparezcan las calcificaciones de cualquier tipo y en especial las de la media en ese tipo de pacientes (Cuadro 2). Aunque en los «diabéticos sin lesión» y en los «intolerantes» predomina la ausencia de calcificaciones, creemos que sería aconsejable realizar un estudio de seguimiento con estos pacientes para evidenciar el posible valor pronóstico de la calcificación en la aparición de lesiones en el diabético.

El aumento de curvas de velocidad de flujo patológicas en presencia de calcificaciones de la íntima (Cuadro 3) pudiera deberse a que este tipo de lesión afecta la luz del vaso y, por tanto, tiene mayor reper-

cusión hemodinámica (2, 3). Para que se produzcan cambios apreciables a simple vista en la forma de estas curvas es necesario que las estenosis sean mayores del 50% (19, 20). Esto pudiera explicar la existencia de curvas normales en individuos con calcificaciones, en las que tal vez se habrían manifestado alteraciones si se hubiese empleado otro método de evaluación cuantitativo o menos subjetivo (21, 22). Por otra parte, existe un pequeño tanto por ciento de pacientes con curvas patológicas sin calcificación; pero esto puede justificarse si recordamos que no todas las lesiones ateroscleróticas se acompañan de elementos calcificados.

En cuanto a los índices de presiones, nuestros resultados evidencian que la incomprensibilidad arterial siempre está acompañada de calcificación (Cuadro 4), lo que concuerda con otros investigadores (10, 23, 24); como que para considerar calcificada a una arteria no se exigió que lo estuviese en todo su trayecto, sino al menos en un segmento. Esto puede explicar por qué en estos casos aparecieron índices normales o bajos, es decir, pueden existir arterias calcificadas pero no totalmente incomprensibles.

El análisis relacionado con las calcificaciones de la media está limitado por el reducido número de las mismas.

En **conclusión**, se encontró una mayor incidencia de calcificaciones en el tipo 1 y en el pie diabético neuroinfeccioso. Desde el punto de vista hemodinámico se observó una tendencia al aumento de curvas de velocidad de flujo arterial patológicas en presencia de calcificaciones (fundamentalmente de la íntima) y que la incomprensibilidad arterial siempre estuvo acompañada de calcificación.

## BIBLIOGRAFIA

- NEUBAUER, B. et al.: Medial calcifications, narrowing, rugosities, stiffness, norepinephrine depletion, and

- reduced blood flow capacity in the leg arteries. «Acta Med. Scand.» (Suppl. 687): 37-45, 1983.
2. ROBBINS, S. L.: Vasos sanguíneos. En «Patología Estructural y Funcional», Cap. 15, pp. 564-608, Edición Revolucionaria, La Habana, 1985.
  3. SLEIGHT, P.: Enfermedad vascular periférica. En BODLEY, R. (Ed.): «Price's Medicina Interna», Vol. 1, Sección 8, pp. 1103-1111, Ediciones Espaxa, S. A., 1982.
  4. BOWEN, B. D. et al.: Study of the lower extremities in diabetes as compared with non-diabetic states from the stand point of X-ray findings, with particular references to the relationship of arteriosclerosis and diabetes. «Bull. Buffalo Gen. Hosp.», 2: 35-41, 1924.
  5. EDMONDS, M. E. et al.: Median arterial calcification and diabetic neuropathy. «Br. Med. J.», 284: 928-930, 1982.
  6. EVERHART, J. E. et al.: Medial arterial calcification and its association with mortality and complications of diabetes. «Diabetología», 31: 16-23, 1988.
  7. NEUBAUER, B.: A quantitative study of peripheral arterial calcification and glucose tolerance in elderly diabetics and non-diabetics. «Diabetología», 7: 409-413, 1971.
  8. LITHNER, F. et al.: Skeletal lesions and arterial calcifications of the feet in diabetics. «Acta Med. Scand.» (Suppl. 687): 47-54, 1984.
  9. KREINES, K. et al.: The course of peripheral vascular disease in non-insulin dependent diabetes. «Diabetes Care», 8: 235-243, 1985.
  10. CORSON, J. D. et al.: The diabetic foot. «Curr. Probl. Surg.», 23: 725-784, 1986.
  11. LINDBOM, A.: Arteriosclerosis and arterial thrombosis in the lower limb. A roentgenological study. «Acta Radiol. Scand.» (Suppl. 80): 1-80, 1950.
  12. STAPLE, T. W.: Radiography of the diabetic foot. En LEVIN, M. E., O'NEAL, L. W. (Ed.): «The diabetic foot», Cap. 6, pp. 142-168, 2<sup>a</sup> edición, The C. V. Mosby Co., St. Louis, 1977.
  13. FERRIER, T. M.: Radiologically demonstrable arterial calcification in diabetes mellitus. «Austr. Ann. Med.», 13: 222-228, 1964.
  14. TENENBAUM, M. M., et al.: Altered pressure-flow relationship in the diabetic foot. «J. Surg. Res.», 31: 307-313, 1981.
  15. OSMUNDSON, P. J., et al.: Course of peripheral occlusive arterial disease in diabetes. Vascular laboratory assessment. «Diabetes Care», 13: 143-152, 1990.
  16. OMS: Segundo informe del comité de expertos de la OMS en diabetes sacarina, Ginebra 646, 1980.
  17. MC COOK, J., et al.: Hacia una clasificación etiopatogénica del llamado pie diabético. «Angiología», 31: 7-11, 1979.
  18. NELSON, R. G., et al.: Lower-extremity amputations in NIDDM. 12 years follow-up study in Pima Indians. «Diabetes Care», 11: 8-16, 1988.
  19. BAKER, J. D., et al.: Analysis of femoral artery Doppler signals by Laplace transform damping method. «J. Vasc. Surg.», 1: 520-526, 1984.
  20. BAKER, J. D.: Valoración hemodinámica del segmento aortoilíaco. «Clin. Quir. Norteam.», 70: 31-40, 1990.
  21. EVANS, D. H., et al.: The effect of proximal stenosis on Doppler waveforms: a comparison of three methods of waveform analysis in an animal model. «Clin. Phys. Physiol. Meas.», 2: 17-23, 1981.
  22. MACPHERSON, D. S., et al.: Common femoral artery Doppler waveform: a comparison of three methods of objective analysis with direct pressure measurements. «Br. J. Surg.», 71: 46-53, 1984.
  23. ENMANUELLE, M. A., et al.: Elevated leg systolic pressures and arterial calcifications in diabetic occlusive vascular disease. «Diabetes Care», 4: 289-294, 1981.
  24. RAINES, J. K., et al.: Vascular laboratory criteria for the management of peripheral vascular diseases of the lower extremities. «Surgery», 79: 21-42, 1976.