

---

# Bases hemodinámicas para la cuantificación automatizada del grado de obstrucción en arterias periféricas de pacientes diabéticos

M. E. Vega Gómez - J. Ley Pozo - A. Aldama Figueroa - J. I. Fernández Montequín - J. Montalvo Diago - A. Fernández Boloña - O. Gutiérrez Jiménez

---

Instituto Nacional de Angiología y Cirugía Vascular  
Ciudad Habana (Cuba)

---

## RESUMEN

*Para perfeccionar el diagnóstico precoz de las obstrucciones arteriales nos propusimos establecer las bases para la obtención de un sistema automatizado que permitiera caracterizar el comportamiento hemodinámico de pacientes diabéticos en diferentes estadios de la enfermedad. Se estudiaron 54 pacientes diabéticos tipo II. En todos se registraron las curvas de velocidad de flujo arterial en femoral, poplítea, pedia y tibial posterior de ambos miembros inferiores. Se obtuvieron valores normales de los parámetros: Máxima velocidad sistólica (Max A), máxima velocidad diastólica (Max D), resistencia de Pourcelot (RP), índice de pulsatilidad (PI) y ancho espectral (SB), en las arterias distales de los pacientes con daño hemodinámico.*

## SUMMARY

*In order to improve in the early diagnosis of an arterial occlusion, we proposed the bases of an automatized system that allows to recognize the hemodynamic features of diabetic patients in different stadiums of their disease. Fiftyfour patients with typus-II diabetes were studied.*

*We recorded the arterial flow curves in the bilateral femoral, popliteal, pedia and tibial-posterior arteries from all of our patients. In the distal arteries from patients with hemodynamics disturbances, we found normal values of the variants measured: maximal systolic speed flow (Max A), maximal diastolic speed flow (Max D), Peurcelot's Resistance (RP), Pulsatility Index (PI) and Spectral Band (SB).*

## Introducción

La adecuada conservación anatómica y funcional de las extremidades inferiores de los pacientes diabéticos se ha convertido en uno de

los principales objetivos a alcanzar en su tratamiento (1, 2).

A consecuencia de las lesiones de las extremidades inferiores del diabético, aparecen diferentes alteracio-

nes que conducen al dolor en reposo y la gangrena (1, 2).

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, surge la necesidad de perfeccionar el diagnóstico precoz de este tipo de lesiones (3, 4), para lo cual se hace necesario conocer más profundamente los cambios fisiopatológicos que se producen a consecuencia de los estrechamientos de las arterias y desarrollar procedimientos incruentos que permitan detectar los parámetros funcionales alterados.

Para dar solución a este problema se han planteado numerosos procedimientos no invasivos, entre ellos el estudio de las curvas de velocidad de flujo obtenidas mediante ultrasonido Doppler (5 al 9) y la medición de diversos parámetros que se derivan del registro de esas curvas como son: el índice de pulsatilidad de Gosling (10), la resistencia de Pourcelot (11), etc.; sin embargo, aún subsisten importantes limitaciones dadas por el hecho de las discrepancias existentes entre cuáles deben ser los mejores índices.

Este trabajo tuvo como objetivo establecer las bases para la cuantificación automatizada de la situación hemodinámica arterial de pacientes diabéticos en diferentes estadios de la enfermedad.

## Material y método

Se estudiaron 54 pacientes diabéticos tipo II provenientes del Servi-

cio de Angiopatía Diabética del Instituto Nacional de Angiología y Cirugía Vascular y del Policlínico Abel Santamaría del municipio Cerro, con edad promedio de 56 años.

Los pacientes se dividieron en cuatro grupos:

1. Sin manifestación clínica de angiopatía periférica y sin daño hemodinámico (14 casos).
2. Sin manifestación clínica de angiopatía periférica y con daño hemodinámico (20 casos).
3. Con oclusiones fémoro-poplíteas (diagnosticadas arteriográficamente) y con manifestación clínica de angiopatía periférica (12 casos).
4. Con oclusiones de las arterias de la pierna (diagnosticadas arteriográficamente) y con manifestación clínica de angiopatía periférica (8 casos).

Se consideró que existía daño hemodinámico cuando se registraron signos de macro y/o microangiopatía al realizar las pruebas de pletismografía digital con compresiones alternas e hiperemia reactiva (12) en ambos miembros inferiores.

El estudio hemodinámico consistió en registro de las curvas de velocidad de flujo arterial obtenidas con el equipo Vasoscan VI de la Sonicaid. Se estudiaron las siguientes arterias: femoral común, poplítea, pedía y tibial posterior de ambos miembros inferiores.

Se calcularon los siguientes parámetros: máxima velocidad sistólica (Max A), máxima velocidad diastólica (Max D), resistencia de Pourcelot (RP), índice de pulsatilidad (PI) y ancho espectral (SB).

Para estudiar el efecto de la localización de las arterias en los grupos 1 y 2 se realizó un análisis de varianza.

También se hizo análisis de varianza para comparar los 4 grupos en estudio teniendo en cuenta cada una de las arterias analizadas.

Cuadro 1

### Comparación de los valores promedio de los parámetros hemodinámicos estudiados en cada arteria para los grupos 1 y 2

	Femoral	Poplítea	T. Post	Pedia	P	F
Max A (en kHz)	3,19	1,56	1,53	1,86	0,0001	50,85
Max D (en kHz)	0,29	0,22	0,27	0,27	0,04	2,75
RP	0,87	0,82	0,73	0,79	0,0001	18,45
PI	9,04	12,02	10,73	8,24	0,001	5,52
SB (en %)	35,8	45,95	51,03	49,24	0,0001	27,35

Cuadro 2

### Comparaciones de los parámetros estudiados en la arteria femoral para los 4 grupos considerados

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	P	F
Max A (en kHz)	3,36	3,04	2,64	2,41	0,067	2,47
Max D (en kHz)	0,25	0,32	0,27	0,25	0,1728	1,7
RP	0,89	0,85	0,85	0,86	0,1611	1,75
PI	8,93	9,15	6,81	8,19	0,2587	1,36
SB (en %)	35,44	36,15	39,14	46,69	0,003	4,82

Cuadro 3

### Comparaciones de los parámetros estudiados en la arteria poplítea para los 4 grupos considerados

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	P	F
Max A (en kHz)	1,61	1,52	1,16	1,92	0,004	4,63
Max D (en kHz)	0,23	0,22	0,21	0,26	0,28	1,28
RP	0,81	0,82	0,74	0,81	0,0009	5,95
PI	13,1	11,0	4,47	8,54	0,00001	16,12
SB (en %)	43,71	48,06	48,77	45,0	0,1674	1,72

## Resultados

En el Cuadro 1 aparecen los resultados de la comparación de las diferentes arterias estudiadas en los individuos sin manifestaciones clínicas de arteriopatías periféricas (grupo 1 y 2). Hubo diferencias estadísticamente significativas entre cada arteria con respecto a todos los pa-

rámetros calculados, es decir, no todas las arterias son iguales.

La comparación de los valores promedios de los parámetros estudiados en los 4 grupos considerados aparecen en los Cuadros 2 al 5. Se observa que existe una reducción del valor del PI cuando hay oclusiones y para las arterias más distales.

Cuadro 4

**Comparaciones de los parámetros estudiados en la arteria tibial posterior para los 4 grupos considerados**

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	P	F
Max A (en kHz)	1,47	1,6	1,46	1,49	0,71	0,459
Max D (en kHz)	0,23	0,3	0,25	0,26	0,29	1,27
RP	0,75	0,74	0,73	0,72	0,82	0,29
PI	12,52	8,93	4,84	5,26	0,0001	10,02
SB (en %)	52,17	49,89	52,03	50,82	0,87	0,23

Cuadro 5

**Comparaciones de los parámetros estudiados en la arteria pedia para los 4 grupos considerados**

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	P	F
Max A (en kHz)	1,77	1,96	0,87	1,37	0,0009	7,99
Max D (en kHz)	0,25	0,29	0,18	0,21	0,04	2,73
RP	0,8	0,79	0,67	0,76	0,004	4,62
PI	10,16	7,58	5,16	6,42	0,0001	4,05
SB (en %)	49,84	48,66	50,84	54,4	0,55	0,69

Cuadro 6

**Nivel de significación de las comparaciones de medias de los parámetros hemodinámicos**

	Femoral	Poplitea	T. Post	Pedia
Max A (en kHz)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Max D (en kHz)	0,04	n.s.	0,04	n.s.
RP	0,03	n.s.	n.s.	n.s.
PI	n.s.	0,03	0,007	0,03
SB (en %)	n.s.	0,03	n.s.	n.s.

Las tendencias a la reducción del Max A, Max D y RP y al aumento del SB al empeorar la situación clínico-hemodinámica no fueron evidentes en todas las arterias.

Cuando se consideraron en particular los grupos 1 y 2 se encontraron diferencias estadísticamente significativas en muchos de los

parámetros hemodinámicos estudiados en las diferentes arterias (Cuadro 6).

**Discusión**

El hecho de que no todas las arterias tengan el mismo comportamiento hemodinámico (Cuadro 1) ha sido analizado por otros investigado-

res (7 al 9, 13) y no es más que un reflejo de las particularidades anatómo-fisiológicas de cada vaso y de los cambios que sufre la onda de pulso en su viaje desde el corazón hasta la periferia.

De los cinco parámetros hemodinámicos analizados para caracterizar las curvas de velocidad de flujo arterial en cada uno de los vasos en estudio el índice de pulsatilidad (PI) (10) resultó el que mejor permitió discriminar a los 4 grupos en estudio (Cuadros 2 al 5).

Se observa una tendencia a la reducción del PI en los pacientes con daño hemodinámico (grupo 2) para las arterias distales al compararlo con el grupo 1 (Cuadro 3 al 6). Estudios realizados por otros investigadores (7 al 9) han confirmado que el PI resulta de gran utilidad en la localización de oclusiones arteriales de los miembros inferiores, fundamentalmente aquellas en que la luz del vaso se encuentre ocluida en un 50% o más. En general se plantea que el PI tiende a incrementarse a medida que los vasos son más distales en individuos sanos; sin embargo, una oclusión hemodinámicamente significativa hace que esto no se cumpla. Por otra parte, el valor del PI está influenciado por las oclusiones distales, por lo que el diagnóstico de lesiones aorto-iliacas no puede basarse exclusivamente en este parámetro más periférico. Por esto se ha introducido el estudio de un factor de amortiguamiento para valorar los cambios del PI a lo largo de una extremidad (7 al 9).

Resulta evidente que el estudio de la arteria femoral es de poco valor para caracterizar hemodinámicamente el comportamiento del pie diabético (Cuadro 2). Esto confirma lo expresado por otros investigadores en cuanto a que las lesiones vasculares de los pacientes diabéticos son, generalmente, distales (14 al 16).

Si bien se observan diferencias estadísticamente significativas en cuan-

to al Max A, Max D y RP al analizar diferentes arterias (Cuadros 3 y 5), no son lo suficientemente grandes como para tener valor en la práctica clínica, es decir, con los métodos actuales es imposible hacer mediciones con el grado de repetibilidad necesario. Estas diferencias deben interpretarse más como tendencia de grupo.

A pesar de no existir manifestaciones clínicas de daño vascular en los pacientes del grupo 2, ya se evidencian trastornos hemodinámicos que se reflejan en las diferencias estadísticamente significativas encontradas entre ambos grupos para cada uno de los parámetros estudiados (Cuadro 6), lo que pudiera ser de gran importancia para el diagnóstico precoz.

Resultaría interesante continuar estas investigaciones haciendo énfasis en las arterias más distales y añadiendo un grupo formado por intolerantes a los hidratos de carbono para tratar de identificar estadios más precoces.

## Conclusiones

1. Se observa una tendencia a la reducción del PI en los pacientes con daño hemodinámico para las arterias distales.
2. Se pudieron encontrar alteraciones hemodinámicas en pacientes en los que no existían manifestaciones clínicas de angiopatía periférica.

3. Los resultados alcanzados pueden servir como base para el diagnóstico cuantitativo y automatizado de las lesiones del diabético.

## BIBLIOGRAFIA

1. DELBRIDGE, L. et al.: The aetiology of diabetic neuropathic ulceration of the foot. «J. Surg.», 72: 10-16, 1985.
2. CORSON, J. D. et al.: The diabetic foot. Current problems in «Surgery», 23(10): 729-787, 1986.
3. FISCHER, M. et al.: Doppler-Frequenzspektrum-Analyse extrakranieller Carotis-Läsionen. «Dtsch. Med. Wochenschr.», 109: 947-951, 1984.
4. KRAUSE, H. et al.: Doppler power frequency spectrum analysis in the diagnosis of carotid artery disease. «Stroke», 15: 351-355, 1984.
5. BARNES, P. W. et al.: Audible interpretation of carotid Doppler signals. «Arch. Surg.», 116: 1185-1187, 1981.
6. JOHNSTON, K. W. et al.: Errors and artifacts of Doppler flowmeters and their solution. «Arch. Surg.», 112: 1335-1338, 1977.
7. STRANDNESS, D. E.: Doppler ultrasonic techniques in vascular disease. En BERNSTEIN, E. F.: «Noninvasive Diagnostic Techniques in Vascular Disease», 3rd edition, Cap. 3, pp. 13-18, CV Mosby Company, Saint Louis, 1985.
8. BARNES, R. W.: Continuous-wave Doppler Ultrasound. En BERNSTEIN, E. F.: «Noninvasive Diagnostic Techniques in Vascular Disease», 3rd edition, Cap. 4, pp. 19-24, CV Mosby Co., Saint Louis, 1985.
9. JOHNSTON, K. W. and KASSAM, M. S.: Processing Doppler signals and analysis of peripheral arterial waveforms: problems and solutions. En BERNSTEIN, E. F.: «Noninvasive Diagnostic Techniques in Vascular Disease», 3rd edition, Cap. 7, pp. 40-57, CV Mosby Co., Saint Louis, 1985.
10. GOSLING, R. G.: Continuous wave ultrasound as an alternative and complement to X-rays in vascular examination. En RENEMAN, R. S.: «Cardiovascular applications of Ultrasound», North-Holland, pp. 266-270, Amsterdam, 1974.
11. PLANIOL, T. and POURCELOT, L.: Etude de la circulation carotidienne par les méthodes ultrasoniques et la thermographie. «Revue Neurol.» (Paris), 126: 127-132, 1972.
12. VEGA, M. E.: Fotopletiografía. En: «Hemodinámica Vascular», Cap. 6, pp. 87-101, Editorial Ciencias Médicas, 1986.
13. CARTER, S. A.: Hemodynamic considerations in peripheral and cerebro-vascular disease. En ZWIEBEL, W. J.: «Introduction to Vascular Ultrasonography», 2nd edition, Cap. 1, pp. 1-20, Grune & Stratton, New York, 1986.
14. EDMONDS, M. E. et al.: Medial arterial calcification and diabetic neuropathy. «Br. Med. J.», 284: 928-930, 1982.
15. VAN DE WATER, J. M. et al.: Noninvasive assessment of vascular disease in the lower limbs of diabetics. «J. Cardiovasc. Surg.», 21(4): 469-474, 1980.
16. LASSEN, N. A.: General discussion on occlusive arterial disease in diabetes mellitus. «Scand. J. Clin. Lab. Invest.» 31 (suppl. 128): 235-237, 1973.