

Correlación entre ecocardiografía transtorácica y catéter de flotación de la arteria pulmonar en la evaluación hemodinámica en una Unidad de Terapia Intensiva Postquirúrgica Cardiovascular

José de Jesús Rincón Salas,* Mijail Raullovich Abrahamo†

RESUMEN

Introducción: En la Unidad de Terapia Intensiva (UTI) es importante la medición de las variables hemodinámicas del paciente crítico, que tradicionalmente se obtienen por el catéter de flotación de la arteria pulmonar (CAP) con todas sus ventajas y desventajas. Sin embargo, actualmente contamos con otra herramienta que indirectamente nos da información de las variables hemodinámicas, como lo es la ecocardiografía transtorácica (ETT). Esta modalidad de imagen es de gran valor en el paciente crítico, ya que es portátil, está ampliamente disponible y cuenta con una rápida capacidad diagnóstica. En este contexto, la ecocardiografía puede proporcionar una importante y relevante información del estado hemodinámico con mayor exactitud que la evaluación clínica, además de la rápida valoración cardíaca que se realiza a la cabecera del paciente. Hay artículos que lo describen la ETT aplicada en UTI como el «eco Swan» ya que aporta de forma no invasiva información para estimar el gasto cardíaco, la presión de la aurícula derecha, las presiones pulmonares y la presión de llenado del ventrículo izquierdo.

Objetivo: Determinar la correlación de la información hemodinámica obtenida mediante la ecocardiografía transtorácica con la obtenida con el catéter de flotación de la arteria pulmonar en pacientes POP de cirugía cardíaca.

Material y métodos: Estudio prospectivo, transversal,

SUMMARY

Introduction: Into the Intensive Care Unit (ICU), the measuring of the hemodynamic variables of the critical patient are important, traditionally there are obtained by the pulmonary artery flotation catheter (PAC) with all the advantages and disadvantages, but currently we have another tool that indirectly gives us information of the hemodynamic variables such as the transthoracic echocardiography (TTE). This image mode is very important in the critical patient, due to it is portable, available and with a rapid diagnosis capacity. In this context, the echocardiography could provides an important information about the hemodynamic status with more accuracy than the clinical evaluation, furthermore the fast cardiac assessment that is realized in the headboard of the patient. There are articles that describe the TTE applied in ICU as the «Swan-echo» due to it provides non invasive information about the measuring of the cardiac output, the right atrial pressure, the pulmonary pressures and the left ventricle filling pressure.

Objective: Determinate the correlation of the hemodynamic information obtained by the TTE with the pulmonary artery flotation catheter in postoperative patients with cardiac surgery.

Materials and methods: Prospective, transversal, cross-sectional, observational and comparative studies, where there were included 44 patients POP with cardiac surgery,

* Médico adscrito a la Unidad de Terapia Intensiva Postquirúrgica del Hospital General Centro Médico La Raza en México D.F. Médico adscrito a Cardiología del Centro Médico ISSEMYM. Toluca, Estado de México.

† Médico adscrito a la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Ángeles de Lindavista, México D.F.

observacional y comparativo donde se incluyeron 44 pacientes POP de cirugía cardíaca, de los cuales 10 no tuvieron ventana ecocardiográfica adecuada. En total, se incluyeron en el estudio 34 pacientes a los cuales se les estudió las variables hemodinámicas: presión de la aurícula derecha (PAD), presión de oclusión de la arteria pulmonar (POAP), presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP) y gasto cardíaco (GC), mediante ECOTT y CAP por medio de ecocardiografía transtorácica y catéter de flotación de la arteria pulmonar.

Resultados: En general, al medir la variabilidad de presiones y de GC no se observó diferencia en el promedio de la misma, así como buena correlación entre ambos métodos.

Conclusiones: Por lo que concluimos que la ETT permite una estimación de la hemodinamia, estas mediciones pueden ser realizadas de manera menos invasiva que con catéter de arteria pulmonar y, por lo tanto, con menos riesgos para el paciente.

Palabras clave: Ecocardiografía transtorácica, catéter de flotación de la arteria pulmonar, presión de la aurícula derecha, presión de oclusión de la arteria pulmonar, presión sistólica de la arteria pulmonar, gasto cardíaco.

INTRODUCCIÓN

Catéter arterial pulmonar en la evaluación de la condición hemodinámica del paciente crítico

En el cuidado del paciente crítico se encuentra con frecuencia una serie de interrogantes a resolver en cuanto a su condición hemodinámica, ya sea con el objeto de realizar o confirmar una sospecha diagnóstica, una evaluación hemodinámica o para el seguimiento de una estrategia terapéutica o de ventilación mecánica. Varios estudios han demostrado la limitación de apoyarse sólo en la evaluación física para poder responder a esta interrogante. El intensivista se ha apoyado por mucho tiempo en métodos invasivos, como el catéter de flotación en la arteria pulmonar (CAP).^{1,2} Desde su introducción en la práctica clínica en 1970, el CAP ha sido la técnica de monitorización estándar para enfermos críticos (Dabaghi SF, Rokey R, et al).³⁻⁷

Ecocardiografía en la evaluación de la condición hemodinámica del paciente en estado crítico

Un diagnóstico rápido y certero es muchas veces crucial en las Unidades de Terapia Intensiva (UTI). Un método fácil y no invasivo en la evaluación cardíaca es la ecocardiografía transtorácica (ETT). Esta modalidad de imagen es de gran valor en el

which 10 did not have an adequate echocardiographic window. Thirty four patients were included in this study, which were studied the hemodynamics variables: right auricle pressure (RAP), pulmonary artery occlusion pressure (PAOP), systolic pulmonary artery pressure (SPAP) and cardiac output (CO), through TTE and PAFC.

Results: In general by measuring the variability of the pressures and cardiac output, there were no differences in both averages, as well as a good correlation of both.

Conclusions: TTE allows an adequate hemodynamic estimation; these measurements could be performed in less invasive way than pulmonary artery flotation catheter, therefore less risks for the patient.

Key words: Transthoracic echocardiography, pulmonary artery flotation, right auricle pressure, pulmonary artery occlusion pressure, systolic pulmonary artery pressure, cardiac output.

paciente crítico, ya que es portátil, está ampliamente disponible y cuenta con una rápida capacidad diagnóstica. En las UTI, la ETT, en algunos casos, puede fallar al proveer una adecuada calidad de imagen. Sin embargo, las mejoras que se han hecho en la imagen transtorácica (ej. armónicas, contraste y tecnología digital) resultan en una menor tasa de falla de la ETT en las UTI (10-15%).⁸

En este contexto, la ecocardiografía Doppler pulsado, continuo y tisular pueden proporcionar una importante y relevante información del estado hemodinámico con mayor exactitud que la evaluación clínica, además de la rápida valoración cardíaca que se realiza en la cabecera del paciente. Hay artículos que lo describen como el «eco Swan», ya que aporta de forma no invasiva, información para estimar el gasto cardíaco (GC), la presión de la aurícula derecha (PAD), las presiones pulmonares y la presión de llenado del ventrículo izquierdo (PLVI).⁹⁻¹⁸

En el paciente crítico la ecocardiografía tiene la habilidad de clarificar diagnósticos y definir procesos patológicos. En el estudio realizado por Dabaghi y cols. se determinó la presión de llenado del ventrículo izquierdo y el índice cardíaco (IC) en 49 pacientes críticos que requirieron la colocación de un CAP y la realización de un estudio de ecocardiografía Doppler. Dos o más estudios seriales fueron realizados en 18 de los sujetos. Los pacientes fueron colocados en 1 de 4 subgrupos hemodinámicos por cada

técnica, basados en la medición de los parámetros hemodinámicos. La PLVI y el IC estimado por Doppler y CAP fueron similares (PLVI, $r = 0.88$ y para el IC, $r = 0.92$). La técnica Doppler colocó con bastante precisión 73 de los 76 estudios dentro de un correcto subgrupo hemodinámico. Bouchra y cols. demostraron el uso de la ecocardiografía en el diagnóstico del incremento de la presión de oclusión, en pacientes que presentaron imposibilidad en el retiro de la ventilación mecánica invasiva (VMI). Fueron 39 pacientes los que requirieron de la colocación de un CAP para realizar el diagnóstico. La combinación del Doppler pulsado y el Doppler tisular predijeron la elevación de la presión de oclusión que inducía fallo en el retiro de la VMI con una sensibilidad de 82% y una especificidad de 91%. Los autores concluyeron que la ETT permite en una forma precisa y no invasiva la detección de incremento de presión de oclusión que lleva al fallo de retiro de VMI.¹¹⁻¹⁹

Otra significativa ventaja de la ecocardiografía en la UTI es la velocidad en la que puede ser realizada en relación al CAP. En el estudio de Benjamín y cols., el ecocardiograma transesofágico (ETE) fue realizado en 12 ± 7 min vs ≥ 30 min para la inserción del CAP. En el estudio de Kaul, el tiempo promedio requerido para la colocación de un CAP fue de 63 ± 45 min vs 19 ± 7 min para desarrollar la realización del ETE.²⁰

Empleo de la ETT en la evaluación de la condición hemodinámica del enfermo crítico mexicano

En México existen pocos estudios que hayan determinado la utilidad de la ETT en el manejo del enfermo en estado crítico. Las referencias que encontramos son artículos de revisión, como el de Carrillo y cols. que realizan una revisión del uso de la ETT en la determinación de la falla cardíaca diastólica. Es importante contar con nuestra propia experiencia y desarrollar estudios prospectivos con el fin de validar herramientas a las cuales se empieza a tener acceso.²¹ El propósito del estudio es evaluar la correlación entre dos métodos de determinación de la condición hemodinámica de pacientes en la Unidad de Cuidados Postquirúrgicos de Cirugía Cardiovascular, ya que son pacientes que en muchos casos requieren de la colocación del CAP para su manejo transquirúrgico y postquirúrgico inmediato. Se pretende documentar la correlación de las siguientes variables: la presión de la aurícula derecha (PAD), la presión de oclusión de la arteria pulmonar (POAP), la presión media de la arteria pulmonar (PSAP) y el GC.

MÉTODOS

Durante el periodo comprendido de diciembre de 2010 a octubre de 2011 fue llevado a cabo el estudio prospectivo, transversal, observacional y comparativo, en la Unidad de Terapia Postquirúrgica del Hospital General Centro Médico «La Raza». Los criterios de inclusión fueron: pacientes mayores de 18 años postoperados (POP) de cirugía cardíaca ingresados a la Unidad de Terapia Postquirúrgica Cardiovascular con monitoreo hemodinámico con CAP y que contaran con ventanas ecocardiográficas (VE) adecuadas para realizar el ETT. Criterios de exclusión: pacientes sin VE adecuadas o monitoreo sin CAP. Durante el estudio se incluyeron 44 pacientes POP de cirugía cardíaca; 10 pacientes no tuvieron VE adecuadas. En total se estudiaron 34 pacientes, a los cuales se les evaluó las siguientes variables hemodinámicas: presión de la aurícula derecha (PAD), presión de oclusión de la arteria pulmonar (POAP), presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP) y gasto cardíaco (GC), mediante ECOTT y CAP.

El monitoreo hemodinámico por ecocardiografía se analizaron las siguientes variables:

PAD: Se utilizó la medición del diámetro de la vena cava inferior (VCI) y su colapso inspiratorio que nos permite estimar de manera adecuada los rangos de presión de la AD; por tal motivo, para nuestro estudio se tomó un promedio de este rango. Un diámetro de la VCI < 12 mm con colapso inspiratorio total indica una presión de la aurícula derecha (PAD) de 0 mmHg. Si el diámetro de la VCI es de entre 12 y 17 mm con colapso inspiratorio $> 50\%$, indica una PAD de entre 0 y 5 mmHg para el estudio se tomó el promedio de 3 mmHg; si el diámetro de la VCI es > 17 mm con colapso inspiratorio $> 50\%$ indica una PAD de 6 a 10 mmHg tomándose el valor promedio de 8 mmHg. A su vez, un diámetro de la VCI de entre 12 y 17 mm con colapso inspiratorio $< 50\%$ indica una PAD de 10 a 15 mmHg con valor promedio de 13 mmHg. Finalmente, si el diámetro de la VCI es > 17 mmHg pero sin colapso inspiratorio indica una PAD > 15 mmHg.

POAP: Se realizó aplicando Doppler tisular pulsado en la porción lateral del anillo mitral y con la onda E del flujograma mitral, estimándose el índice E/E', dado que se reporta por rangos, los resultados se consideraron valores promedio. Una relación E/E' < 8 predice una presión diastólica final (PDFVI) < 15 mmHg, considerándose valor promedio de 8 mmHg; y una relación E/E' > 15 predice una PDFVI

> 15 mmHg con un promedio de 18 mmHg y la relación $E/E' > 8$ y < 15 se consideró de 15 mmHg.

PSAP: La medición se realizó midiendo el jet de insuficiencia tricuspídea, que cuantifica el gradiente de presión entre el ventrículo derecho y la aurícula derecha, al resultado se suma la PAD, en ausencia de estenosis pulmonar.

GC: Se determinó calculando inicialmente el volumen sistólico estimándose al emplear la integral tiempo velocidad (VTI) a través del Doppler pulsado en el tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) multiplicado por el área del TSVI; el resultado se multiplica por la frecuencia cardíaca.

El monitoreo hemodinámico por CAP se determinó por maniobras habituales por computadora de gasto cardíaco.

A los pacientes POP de cirugía cardíaca seleccionados se les realizó mediciones en tres ocasiones, al inicio, a las 8 horas y 24 horas, medición ecocardiográfica de los variables PAD, POAP, PSAP y GC por médicos de terapia intensiva con capacitación en ecocardiografía. Las variables de PAD y POAP

obtenidas por ETT se reportan con rangos, motivo por lo que en nuestro estudio el promedio del mismo fue el que se consideró y reportó; simultáneamente se tomaban los registros de las mismas variables por el CAP, realizándose los registros de medición de las variables hemodinámicas.

Los resultados se expresan en promedios $\pm$ desviación estándar, las variables presentan distribución normal por lo cual se utilizó t de Student para buscar diferencias entre grupos, analizándose la correlación entre las distintas variables hemodinámicas con Pearson.

RESULTADOS

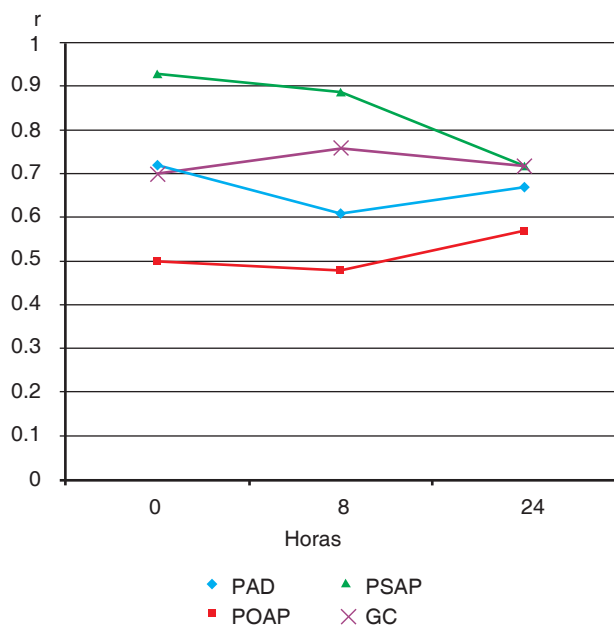
Se estudiaron 34 pacientes POP de cirugía cardíaca, en los cuales se determinaron las variables hemodinámicas: PAD, POAP, PSAP, GC mediante CAP y ETT. Las muestras fueron tomadas inicialmente, y a las 8 y 24 horas después.

Se reporta en el *cuadro 1* los promedios (P) y desviación estándar (DE) de las 4 variables hemodinámicas medidas.

Cuadro 1.

PAD mmHg											
Inicio		ETT 8 h		24 h		Inicio		CAP 8 h		24 h	
P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE
7.76	4.41	9.41	4.33	8.70	4.11	8.79	3.76	10	3.72	10.32	3.69
POAP mmHg											
Inicio		ETT 8 h		24 h		Inicio		CAP 8 h		24 h	
P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE
12.64	3.36	12.70	3.04	12.73	2.62	12.00	4.52	12.2	4.68	12.58	4.56
PSAP mmHg											
Inicio		ETT 8 h		24 h		Inicio		CAP 8 h		24 h	
P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE
30.94	8.59	31.94	10.02	32.14	11.57	32.61	11.09	33.47	11.34	34.52	13.11
GC L/min											
Inicio		ETT 8 h		24 h		Inicio		CAP 8 h		24 h	
P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE	P	DE
4.32	1.39	4.61	1.32	5.14	1.68	4.76	1.60	5.08	1.65	5.39	1.59

EET: Ecocardiografía transtorácica; CAP: Catéter de flotación de la arteria pulmonar; PAD: Presión de la aurícula derecha; POAP: Presión de oclusión de la arteria pulmonar; GC: Gasto cardíaco; P: Promedio; DE: Desviación estándar.



PAD: Presión de aurícula derecha; POAP: presión de oclusión de arteria pulmonar; PSAP: Presión sistólica de la arteria pulmonar; GC: Gasto cardiaco; r: Correlación de Pearson.

Figura 1.

Posteriormente se realizó t de Student pareada, donde se reportan las diferencias entre grupos de las variables medidas; PAD al inicio ($p=0.06$), 8 h ($p=0.37$) y 24 h ($p=0.006$); POAP al inicio ($p=0.11$), 8 h ($p=0.54$) y 24 h ($p=0.78$); PSA al inicio ($p=0.02$), 8 h ($p=0.08$) y 24 h ($p=0.27$); GC al inicio ($p=0.01$), 8 h ($p=0.01$) y 24 h ($p=0.27$).

Se obtienen coeficientes de correlación de Pearson de ambos grupos reportándose (*figura 1*): PAD al inicio ($r=0.72$), 8 h ($r=0.61$) y 24 h ($r=0.67$); POAP al inicio ($r=0.50$), 8 h ($r=0.48$) y 24 h ($r=0.57$); PSAP al inicio ($r=0.93$), 8 h ($r=0.89$) y 24 h ($r=0.72$); y GC al inicio ($r=0.70$), 8 h ($r=0.76$) y 24 h ($r=0.72$).

DISCUSIÓN

En la Unidades de Terapia Intensiva medir las variables hemodinámicas son parte fundamental para definir y ajustar la terapéutica hemodinámica, contando con una prueba de oro que es el CAP pero que no es inocuo ya que es invasivo y, por otro lado, la ETT que es un procedimiento no invasivo a la cabecera del paciente que puede estimar en forma indirecta las variables hemodinámicas en el paciente, en nuestro estudio se correlacionaron las variables hemodinámicas de PAD, POAP, PSAP,

GC por CAP y ETT como se mencionan en la literatura.⁹⁻¹⁸

Se reclutaron 34 pacientes, los cuales se les realizó la medición, obteniéndose su promedio y correlación.

En la PAD se observa promedio de medias en los distintos grupos sin diferencias, con correlación máxima por ($r=0.72$). Esto también mide indirectamente la relación del colapso inspiratorio de la VCI con la obtención de la PAD.

La POAP se observó promedio máximo de 12.7 (DE=3.04) por ETT y 12.58 (DE=4.56) por CAP no observándose en forma general POAP altas, con asociación lineal máxima $r=0.57$ medianamente significativa comparado con los resultado del grupo de Dabaghi SF, Rokey R, et al.¹¹

La PSAP en la velocidad pico de la insuficiencia tricuspídea reportó promedio máximo de 32.14 mmHg (11.57) por ETT, no diferente al reportado por CAP de 34.52 mmHg (DE=13.11), siendo su correlación la más fuerte de las variables medidas de $r=0.91$, siendo similares al estudio del grupo de Bossone E, et al.³²

El GC promedio fue de 5.1 (DE=1.68) en ETT y de 5.39 (DE=1.65) evidenciando no diferencia significativa de promedios, con $r=0.76$ menor a los reportados por los estudios de Lewis JF, Kuo LC, et al y Dabaghi SF, Rokey R, et al.^{9,10} que mencionan una correlación de $r=0.92$.

En general, al medir la variabilidad de presiones y de GC, no se observó diferencia en el promedio de las mismas.

CONCLUSIÓN

En nuestro estudio se observó que no existen diferencias significativas de los promedios de cada variable hemodinámica medida entre el CAP y el ETT. Existe una relación lineal significativa estadísticamente entre las variables hemodinámicas medidas, siendo en la medición de la PSAP donde se presentó la mayor fuerza de asociación, las variables medidas. Por lo que concluimos que la ETT permite una estimación de la hemodinámica cuando no contamos con CAP. Estas mediciones pueden ser realizadas de manera menos invasiva que con el catéter de arteria pulmonar y, por lo tanto, con menor riesgo para el paciente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Eisenberg PR, Jaffe AS, et al. Clinical evaluation compared to pulmonary artery catheterization in the hemody-

- namical assessment of critically ill patients. *Crit Care Med* 1984;12:549-53.
2. Demeria DD, MacDougall A, et al. Comparison of clinical measurement of jugular venous pressure *versus* measured central venous pressure. *Chest* 2004;126:747S.
 3. Connors AF, Speroff T, et al. The effectiveness of right heart catheterization in the initial care of critically ill patients. *JAMA* 1996;276:889-97.
 4. Marik PE. Pulmonary artery catheterization and esophageal Doppler monitoring in the UCI. *Chest* 1999;116:1085-91.
 5. Iberti TJ. A multicenter study old physicians knowledge of the pulmonary artery catheter. *JAMA* 1990;264:2928-32.
 6. Trottier SJ. Physicians attitudes toward and knowledge of the pulmonary artery catheter. *New Horiz* 1997;67:630-4.
 7. Benjamin E. Goal-directed transesophageal echocardiography performed by intensivist to assess left ventricular function: Comparison with pulmonary artery catheterization. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998;10-15.
 8. Beaulieu Y. Bedside echocardiography in the assessment of critically ill. *Crit Care Med* 2007;35(Suppl):S235-S249.
 9. Glassberg H, Kirkpatrick J, et al. Imaging studies in patients with heart failure. *Crit Care Med* 2008;36(Suppl 1).
 10. Lewis JF, Kuo LC, et al. Pulsed Doppler echocardiographic determination of stroke volume and cardiac output. *Circulation* 1984;70:425-31.
 11. Dabaghi SF, Rokey R, et al. Comparison of echocardiographic assessment of cardiac hemodynamic in the intensive care unit with right-sided cardiac catheterization. *Am J Cardiol* 1995;76:392-5.
 12. Ommen SR, Nishimura RA, et al. Assessment of right atrial pressure with 2-dimensional and Doppler echocardiography. *Mayo Clin Proc* 2000;75:24-9.
 13. Kircher BJ, Himelman RB, et al. Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava. *Am J Cardiol* 1990;66:493-6.
 14. Currie PJ, Seward JB, et al. Continuous wave Doppler determination of right ventricular pressure: a simultaneous Doppler-catheterization study. *J Am Coll Cardiol* 1985;6:750-756.
 15. Lee RT, Lord CP, et al. Prospective Doppler echocardiographic evaluation of pulmonary artery diastolic pressure in the medical Intensive Care Unit. *Am J Cardiol* 1989;64:1366-70.
 16. Nagueh SF, Lakkis KJ, et al. Doppler estimation of left ventricular filling pressure in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation* 1999;99:254-61.
 17. Nagueh SF, Mikati I, et al. Doppler estimation of left ventricular filling pressure in sinus tachycardia. A new application of tissue Doppler imaging. *Circulation* 1998;98:1644-50.
 18. Oh JK, Seward JB, et al. Transesophageal echocardiography in critical ill patients. *Am J Cardiol* 1990;66:1492-1495.
 19. Lamia B, et al. Echocardiographic diagnosis of pulmonary artery occlusion pressure elevation during weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 2009;37:1696-701.
 20. Kaul S. Value of two-dimensional echocardiography for determining the bases of hemodynamic compromise in critical ill patients. *J Am Soc Echocardiogram* 1994;7:589-606.
 21. Carrillo y cols. La ecocardiografía en la determinación de la falla cardíaca diastólica. *Rev Asoc Mex Med Crít Ter Inten* 2008;22:249-53.

Correspondencia:

Dr. José de Jesús Rincón Salas
 Av. Vallejo y Jacarandas S/N. Col. La Raza,
 Delegación Azcapotzalco 02990,
 México D.F.
 E-mail: jojerinsal@yahoo.com.mx