

Pulsatilidad de la onda venosa en el estudio eco-doppler de extremidades inferiores como signo de elevación de la presión en la aurícula derecha

Pulse rate of the venous wave in the eco-Doppler study of the lower extremities as a sign of elevated pressure in the right atrium

M.R. Cozcolluela¹, L. Sarriá², L. Sanz², M.T. Martínez-Berganza¹, F. Escolar³, T. Cabada¹, F. Larrodé⁴

RESUMEN

Objetivo. La finalidad de este estudio consiste en determinar la naturaleza del flujo venoso en extremidades inferiores, así como correlacionar la velocidad del flujo con la presión venosa medida en la aurícula derecha.

Material y métodos. En el periodo de un año se efectuaron 236 ecografías doppler pulsadas en pacientes, portadores de catéter venoso localizado en la aurícula derecha, que se encontraban en decúbito supino y respirando suavemente.

En los trazados de la onda doppler se analizó la frecuencia de la onda, los componentes de la velocidad, las relaciones de velocidad y la existencia de flujo pulsátil. Estos parámetros fueron comparados con la presión en la aurícula derecha.

Resultados. En el estudio se demostró una fascicdad cardiaca y respiratoria de la onda venosa. Se encontró una correlación estadísticamente significativa ($p < 0,0001$) entre la presión venosa medida en la aurícula derecha y las siguientes variables: la onda sistólica auricular (a), la onda diastólica auricular (d), la relación de pulsatilidad ($RP = V_{mín}/V_{máx}$) y el índice de pulsatilidad ($IP = [V_{máx} - V_{mín}] / V_{media}$).

Conclusión. Existe una relación inversa y significativa entre el flujo pulsátil y la presión auricular. Sin embargo, aunque existe relación entre los diferentes componentes de la onda venosa, no puede predecirse la elevación de la presión venosa central.

Palabras clave: Eco-doppler. Pulsatilidad. Presión venosa central. Extremidades inferiores.

ABSTRACT

Aim: The aim of this study is to determine the nature of venous flow in the lower extremities, as well as to correlate the velocity of the flow with average vein pressure in the right atrium.

Material and methods: Over a period of one year 236 pulsated Doppler ecographs were made of patients, bearers of a venous catheter located in the right atrium. The patients were in a supine lying position and breathing gently.

The lines of the Doppler wave were used to analyse the frequency of the wave, the components of its velocity, the relationships of velocity and the existence of pulsatile flow. These parameters were compared with the pressure in the right atrium.

Results: The study showed a cardiac and respiratory periodicity of the venous wave. A statistically significant correlation ($p < 0,0001$) was found between average venous pressure in the right atrium and the following variables: the systolic atrium wave (a), the diastolic atrium wave (d), the relation of pulsatility ($RP = \text{Velocity min}/\text{Velocity max}$) and the index of pulsatility ($IP = [\text{Velocity max} - \text{Velocity min}] / \text{Velocity average}$).

Conclusion: There is an inverse and significant relationship between pulsatile flow and atrium pressure. Nonetheless, although a relation exists between the different components of the venous wave, an elevation in central vein pressure cannot be predicted.

Key words: Eco-Doppler. Pulsatility. Central venous pressure. Lower extremities.

ANALES Sis San Navarra 2000; 23 (1): 35-40.

1. Servicio de Radiología
2. Servicio de Pediatría
3. Servicio de Medicina Interna
4. Servicio de Anestesia. Hospital Reina Sofía. Tudela

Aceptado para su publicación el 15 de octubre de 1999.

Correspondencia

M^{ra} Rosa Cozcolluela Cabrejas
Servicio de Radiología
Hospital Reina Sofía
Tudela (Navarra)
Tfno. 948 817000 Ext. 4034

INTRODUCCIÓN

La ecografía doppler es una técnica ampliamente difundida para valorar la existencia de trombosis venosa profunda en extremidades inferiores (EEII), sin que hasta ahora se haya analizado con detalle la naturaleza de la onda venosa.

En condiciones normales el patrón de flujo venoso típico en EEII corresponde a un flujo espontáneo, fásico y anterógrado. Aunque, no se ha aclarado el origen de la fasicidad de la onda venosa, ésta puede estar en relación con cambios de presión en la aurícula derecha¹, con cambios respiratorios² o bien deberse tanto a causas cardíacas como respiratorias³.

Sin embargo, en algunas ocasiones aparece en EEII una onda retrógrada en el trazado de doppler pulsado, que da lugar a un patrón de flujo anómalo, denominado retrógrado o pulsátil, de etiología desconocida y similar al descrito en estudios de ecografía doppler hepática, que se ha relacionado con la existencia de patología cardíaca^{4,6}.

El objetivo del trabajo consiste en analizar la morfología de la onda venosa en la vena femoral común, así como establecer el tipo de correlación entre las velocidades y la presión en la aurícula derecha.

Para ello, se ha realizado en los enfermos ingresados en el Servicio de URCE (Unidad de Recuperación y Cuidados Especiales), portadores de un catéter venoso cuyo extremo distal se localiza en la aurícula derecha, el estudio eco-doppler pulsado a nivel de la vena femoral común, efectuando seguidamente la medición de la presión auricular, parámetro que ha sido considerado el patrón de referencia del estudio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población a estudiar

El grupo de estudio corresponde a los enfermos portadores de un catéter venoso con extremo distal localizado en la aurícula derecha, ingresados en el Servicio de URCE del Hospital Reina Sofía (Tudela) en el periodo de un año (desde Junio del 97 hasta Junio del 98). La posición del catéter

venoso se comprobó mediante la realización de radiografía de tórax. En todos los casos se explicó al paciente o a sus familiares (si él no se encontraba en condiciones o era menor de edad) la intención de realizar el estudio, así como el procedimiento del mismo, obteniendo el consentimiento de todos los pacientes para efectuar el estudio.

De todos los pacientes se recogieron los datos referentes a la edad, el sexo, la patología clínica fundamental, el índice de masa corporal (que viene dado por la relación [peso/altura²]) y la radiología simple de tórax.

La patología clínica se clasificó en enfermedades cardiológicas (angor, infarto, insuficiencia cardíaca...), respiratorias (neumonía, insuficiencia respiratoria...), inflamatorias (artritis reumatoide, pancreatitis...), patología circulatoria (tromboembolismo pulmonar), traumatismos, postcirugía y otras causas.

Las radiografías se consideraron como normales o patológicas dependiendo de la existencia o no de cardiomegalia, derrame pleural (derecho, izquierdo o bilateral), signos de hipertensión venosa pulmonar, edema agudo de pulmón (EAP), consolidación pulmonar, u otros hallazgos.

Material técnico

Las exploraciones ecográficas se efectuaron por cuatro radiólogos entrenados en la técnica con el ecógrafo Logiq 400 de General Electric, utilizando sondas de 5 MHz y 7,5 MHz.

La presión venosa central (PVC) se midió mediante una columna de agua conectada a la vía venosa central, en un periodo de tiempo inferior a una hora tras la realización de la ecografía.

Técnica de estudio

Los pacientes se encontraban en decúbito supino respirando suavemente. La vena estudiada en todos los casos fue la vena femoral común derecha, que es una vena relativamente próxima al corazón en la que existe menor afectación por trombosis venosa profunda^{7,9}, y aunque exista trombosis en las venas distales de la extre-

midad, ésta no repercute en la morfología de onda¹⁰.

El espectro de onda venosa se ha obtenido angulando adecuadamente el haz de ultrasonidos y corrigiendo el ángulo (menos de 60°). El filtro de pared ha sido el más bajo posible, y el PRF (Frecuencia de Repetición de Pulso) se ha ajustado manualmente hasta el valor más bajo para evitar el fenómeno de "aliasing".

Se efectuaron tres mediciones en tres ondas venosas de cada paciente, determinándose los valores medios de "S", "V", "D" y "a" en metros/segundo. Además se estableció la relación S:D y S-D, el índice de pulsatilidad (IP) que viene dado por la relación $([V_{\max} - V_{\min}] / V_{\text{media}})$ y la relación de pulsatilidad (RP) que viene determinada por la relación $A/B = V_{\min} / V_{\max}$, siendo V_{\min} y V_{\max} las velocidades mínima y máxima medidas durante un ciclo venoso.

En cada estudio se ha efectuado la medición del tiempo de cada ciclo arterial (medido en la arteria femoral común), el tiempo de cada ciclo venoso y el tiempo del ciclo respiratorio, medido todo ello en milisegundos (ms). Dado que el espectro de onda venosa varía significativamente durante la respiración, se tomaron como ondas de referencia las menos artefactadas por las inflexiones respiratorias. A los pacientes colaboradores se les pidió que realizasen la maniobra de Valsalva para observar si existían variaciones respecto al estudio efectuado con respiración tranquila.

La PVC se determinó mediante la medición en una columna de agua, y fue efectuado por el personal de enfermería del Servicio de URCE. El valor de la PVC se adjuntó a la historia clínica del paciente, desconociendo el radiólogo el valor de la misma.

Estadística

Se trata de un estudio prospectivo comparativo ciego efectuado con la técnica de eco-doppler pulsado, con el fin de establecer la relación existente entre la morfología de onda venosa en EEII y la presión en aurícula derecha (AD), utilizando como patrón de referencia la medición de

la presión venosa en AD, considerando como normal hasta 8 cm de agua.

Se ha aplicado el método de estadística descriptiva, determinando las medias, frecuencias, desviación estándar (DS) y correlación lineal. El análisis estadístico se ha efectuado mediante el programa SPSS versión 6.0 de Windows, considerando significativos los valores de $p < 0,05$.

RESULTADOS

En el periodo de un año se efectuaron 236 exploraciones ecográficas a 141 pacientes (52 mujeres y 89 varones), habiéndose practicado 87 estudios en mujeres (36,9%) y 149 en hombres (63%).

La distribución por entidades patológicas fue la siguiente: 109 casos (46,2%) habían sido diagnosticados de patología cardíaca; 69 casos (29,2%) correspondían a pacientes que habían sido intervenidos quirúrgicamente: en 29 (12,3%) existía patología respiratoria, mientras que en 14 (5,9%) la patología era inflamatoria; en 4 estudios (1,7%) había existido un traumatismo previo, en otros 4 (1,7%) se detectó patología circulatoria y los 7 casos restantes (3%) padecían diversas patologías.

Las edades de los pacientes oscilaron entre 14 y 97 años, siendo la edad media de 67,30 años, con una DS de 14,85.

El peso de los individuos estudiados oscilaba entre 37 y 114 Kg, siendo el peso medio de 71,09 Kg, con una DS de 15,22. La talla oscilaba entre 142 y 184 cm, siendo la talla media 165,52 cm y la DS de 8,75, y el índice de masa corporal entre 14,52 y 39,06 siendo la media 26,28 y la DS 5,14.

En 201 casos se midió el tiempo de cada ciclo arterial en la arteria femoral común derecha, siendo el valor medio del mismo 769,82 milisegundos (ms), con valores que oscilaban entre 456 y 1.410 ms, con una DS de 171,45. El valor medio del ciclo venoso era de 770,93 ms con rango desde 456 a 1500 ms, siendo la DS 177.

El tiempo de cada ciclo respiratorio se calculó en 80 casos en los que los pacientes podían mantener la apnea y osciló entre 1.600 y 3.870 ms, siendo la DS 499,41 y el valor medio del mismo de 2.838,25 ms.

El análisis estadístico entre el valor de la onda "a" (sístole auricular) y la presión venosa central, muestra una correlación inversa ($r=-0,4297$) estadísticamente significativa ($p<0,0001$). Existe también una correlación inversa ($r=-0,4893$) estadísticamente significativa ($p<0,0001$) entre el valor de la presión auricular y el cociente RP.

Se demuestra una correlación inversa ($r=-0,3701$) estadísticamente significativa ($p<0,0001$), entre el valor del diástole auricular y la presión venosa central y una correlación directa ($r=0,5587$) estadísticamente significativa ($p<0,0001$) entre el valor de la presión auricular y el IP.

No se ha establecido correlación estadísticamente significativa ($p>0,05$) entre el valor de la presión auricular y el valor de la velocidad diastólica (D), ni entre el valor de la PVC con el cociente S/D ni con la diferencia S-D.

Del mismo modo, se observa falta de correlación ($p>0,05$) entre el valor de PVC y los diferentes tipos de patología, así como con el peso, la talla y el índice de masa corporal.

DISCUSIÓN

El estudio eco-doppler de extremidades inferiores se considera el método de screening ideal para el diagnóstico de trombosis venosa profunda (TVP), pero sin embargo, no se ha estudiado con detalle la naturaleza de la onda venosa.

En condiciones normales la onda venosa es típicamente multifásica, y presenta dos ondas anterógradas, una gran onda sistólica (S) y una onda diastólica más pequeña (D), así como dos ondas retrógradas, (a, v), habitualmente localizadas por debajo de la línea base. La onda S representa la velocidad sistólica máxima, y es causada por la presión negativa que resulta del movimiento del septo auriculo-ventricular hacia el ápex cardiaco. La onda v, se produce como consecuencia de una onda de presión intraauricular positiva, consecuencia del llenado auricular. La velocidad máxima de la onda diastólica (D), es consecuencia de la presión intraauricular negativa, resultado de la apertura de la válvula tricúspide. La onda a es pro-

ducida por la presión intraauricular positiva, resultado de la contracción auricular^{11,12}.

El flujo venoso típico en EEII ha sido descrito como espontáneo, fásico y anterógrado.

La fascicidad ha sido considerada por algunos autores como secundaria a cambios respiratorios²; en otros casos se le ha atribuido un origen cardiaco, reflejando cambios en la presión en la aurícula derecha¹ y finalmente hay quien considera que es una combinación de ambas causas³. Los resultados de este estudio apoyan la tercera teoría, pues se demuestra que existe un tipo de fascicidad que depende de los movimientos respiratorios, de modo que existe una onda que disminuye con la inspiración, aumenta en espiración y desaparece en apnea, y en nuestro estudio presenta una fascicidad de 2.838,25 ms, siendo éste el tiempo aproximado de cada ciclo respiratorio. La fascicidad de origen cardiaco queda demostrada porque el tiempo de cada ciclo arterial medido en la arteria femoral común derecha coincide con el tiempo del ciclo venoso medido en la VFC, con un desfase de 1 ms, diferencia mínima y que puede ser debida a error en la medición por parte del ecografista o a la existencia de arritmias.

Tradicionalmente se ha considerado flujo normal o anterógrado el que se acerca al corazón y en el caso de la arteria femoral común se sitúa por debajo de la línea de base, mientras que el flujo anormal o pulsátil sería aquel en el que existe un componente invertido o retrógrado y por alejarse del corazón se considera negativo^{10,13}. Este flujo retrógrado o pulsátil se ha descrito en diferentes estudios de ecografía doppler hepática a nivel de la vena suprahepática media, donde se ha correlacionado con la presencia de regurgitación tricúspide^{4,14}. También ha sido descrito en la vena porta, donde hay estudios que lo consideran como signo de regurgitación tricúspide³, mientras que otros lo relacionan con el fallo cardiaco congestivo^{4,6}.

Sin embargo, apenas existen publicaciones en la literatura médica que correlacionen la elevación de la presión en auri-

cula derecha y el espectro de onda pulsátil en el estudio eco-doppler de EEII. El primer estudio lo efectuó Krahenbuhl en 1984 y se basaba en la valoración auditiva del eco-doppler¹⁵. En este trabajo se obtuvo una sensibilidad con el eco-doppler del 92%, una especificidad del 89%, valor predictivo positivo (VPP) del 75% y valor predictivo negativo (VPN) del 97%. Los óptimos resultados de esta serie pueden deberse a que el método de medida era poco refinado, pues se basaba en reconocer un sonido y no se disponía de una línea de base que permitiese detectar el flujo retrógrado de forma objetiva. Otro error de este estudio sería considerar que el flujo venoso de EEII es un flujo continuo, que se transformaría en flujo pulsátil secundariamente a la existencia de fallo cardíaco derecho.

El segundo trabajo lo efectuó Abu-Yousef en 1996¹⁶. Se trata de un estudio retrospectivo efectuado en pacientes en los que se sospechaba la existencia de trombosis venosa profunda y se sugería que existía correlación entre la aparición de flujo pulsátil y la existencia de presión elevada en aurícula derecha. La sensibilidad del estudio fue del 46%, la especificidad del 94%, el VPP del 94% y el VPN del 50%. En este estudio existieron errores en el método de trabajo, ya que el ángulo de medida de la onda venosa no era el adecuado y no se efectuaron medidas de las velocidades que permitiesen cuantificar la alteración de la onda venosa. Además, el tiempo transcurrido entre el momento en que se efectuó el estudio eco-doppler pulsado en la vena femoral común y la medición de la presión auricular ascendió en algunos casos a 4 semanas.

Los estudios de este autor sugieren que existe relación entre la aparición de una onda venosa pulsátil en EEII y la elevación de la PVC, así como el hecho de que es posible predecir el fallo cardíaco derecho en pacientes con flujo pulsátil¹⁶. Sin embargo, nuestros resultados aunque muestran una relación significativa e inversa entre la aparición de una onda pulsátil y la elevación de la PVC, confirmando la hipótesis enunciada por Abu-Yousef¹⁶, no permiten establecer ninguna relación con la enfermedad cardíaca.

Los resultados del estudio efectuado en nuestro hospital muestran como hallazgo original, y que no se había descrito hasta la actualidad, la existencia de una correlación inversa ($r=-0,3701$) estadísticamente significativa ($p<0,0001$) entre la PVC y el valor de la onda v (que representa la diástole auricular), así como entre el valor de la PVC y el IP.

También se ha demostrado una correlación estadísticamente significativa ($r=-0,4893$; $p<0,0001$) entre el cociente RP y la PVC. Este cociente se ha descrito en estudios con eco-doppler a nivel de vena porta como un signo de fallo cardíaco congestivo³, correlación que no ha sido demostrada en nuestro estudio.

Se ha analizado también la posible relación existente entre la aparición de una onda pulsátil y el índice de masa corporal, siguiendo la teoría enunciada por Gallix¹⁷ en estudios de ecografía doppler-pulsada efectuados en vena porta, y sin embargo, no se ha conseguido demostrar ningún tipo de correlación entre ambas ($p>0,05$).

Los resultados de este trabajo confirman la correlación existente entre la pulsatilidad de la onda venosa en EEII y el valor de la PVC. Sin embargo, queda por demostrar la posible relación entre la aparición de una onda venosa negativa y la existencia de regurgitación tricúspide como signo precoz de enfermedad cardíaca, dejando el camino abierto a la investigación en este campo.

Como conclusiones del estudio se comprueba que la onda venosa en la vena femoral común se ve influenciada por factores tanto cardíacos como respiratorios. Además, se observa correlación entre diferentes componentes de la onda venosa y el valor de la PVC, pero no puede predecirse mediante la ecografía la elevación de la PVC.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABU-YOUSEF MM. Normal and respiratory variations of the hepatic and portal venous duplex Doppler waveform with simultaneous electrocardiographic correlation. *J Ultrasound Med* 1992; 11: 263-268.
2. JANSSEN H, TREVINO C, WILLIAMS D. Hemodynamic alterations in venous blood

- flow produced by external pneumatic compression. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1993; 34: 441-447.
3. STRANDNESS DE. Deep venous thrombosis and postthrombotic syndrome. En: Strandness DE (ed). *Duplex scanning in vascular disorders*. New York: Raven 1990; 167-184.
 4. ABU-YOUSEF MM. Duplex Doppler sonography of the hepatic vein in tricuspid regurgitation. *Am J Roentgenol* 1991; 156: 79-83.
 5. KOSLIN DB, MULLIGAN SA, BERLAND LL. Duplex assessment of the portal venous system and the splanchnic vasculature. En: Zweibel W (ed): *Vascular Sonography Philadelphia, PA*, Saunders.
 6. KOSLIN DB, MULLIGAN SA, BERLAND LL. Duplex assessment of the portal venous system. *Seminars in Ultrasound, CT MR* 1992; 13: 22-33.
 7. KERR TM, CRANLEY JJ, JOHNSON JR, LUTTER KS, RIECHMANN GC, CRANLEY RD et al. Analysis of 1084 consecutive lower extremities involved with acute venous thrombosis diagnosed by duplex scanning. *Surgery* 1990; 108: 520-527.
 8. MCLACHLIN J, PATERSON JC. Some basic observations on venous thrombosis and pulmonary embolism. *Surg Obst Gynecol* 1951; 93: 1-8.
 9. HAVIG O. Deep vein thrombosis and pulmonary embolism. An autopsy study with multiple regression analysis of possible risk factors. *Acta Chir Scand Suppl* 1977; 478: 1-120.
 10. KAKISH ME, ABU-YOUSEF MM, BROWN BP, WARNOCK NG, BARLOON TJ, PELSANG RE. Pulsatile lower limb venous doppler flow: Prevalence and cardiac value in cardiac disease diagnosis. *J Ultrasound Med* 1996; 15: 747-753.
 11. COHEN MV. Arterial venous pulse recordings, apex-cardiography, phono-cardiography, and systolic time intervals. En: Goldberger E, de. *Textbook of clinical cardiology*. St Louis, Mosby, 1982: 83-122.
 12. HURST JW, SCHLANT RC. Examination of the venous pulse. En Hurst JW, Logue RB, Schlant RC, Wenger NK, eds. *The heart*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1974: 79-189.
 13. HOSOKI T, ARISAWA J, MARUKAWA MD, TOKUNAGA K, KURODA C, KURODA T et al. Portal blood flow in congestive heart failure: pulsed duplex sonographic findings. *Radiology* 1990; 174: 733-736.
 14. PENNASTRI F, LOPERFIDO F, SALVATORI MP, MONGIARDO R, FERRAZZA A, GUCCIONE P et al. Assessment of tricuspid regurgitation by pulsed Doppler ultrasonography of the hepatic veins. *Am J Cardiol* 1984; 54: 363-368.
 15. KRAHENBUHL B, RESTELLINI A, FRANGOS A. Peripheral venous pulsatility detected by Doppler method for diagnosis of right heart failure. *Cardiology* 1984; 71: 173-176.
 16. ABU-YOUSEF MM, KAKISH ME, MUFID M. Pulsatile venous Doppler flow in lower limbs: highly indicative of elevated right atrium pressure. *Am J Roentgenol* 1996; 167: 977-980.
 17. GALLIX BP, TAOUREL P, DAUZAT M, BRUEL JM, LAFORTUNE M. Flow pulsatility in the portal venous system: a study of Doppler sonography in healthy adults. *Am J Roentgenol* 1997; 169: 141-144.