

Artigo Original

Recebido em 28/07/2004 e aceito em 27/06/2005

**Comparación de métodos de
valoración de parámetros
volumétricos ventriculares**

*Comparison of valuation methods of
ventricular volumetric parameters*

MSc. Silvia E. Rodrigo

Gabinete de Tecnología Médica,
Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de San Juan.
Av. Lib. San Martín 1109 (o),
San Juan (5400), ARGENTINA.
e-mail: srodrigo@gateme.unsj.edu.ar

MSc. Emma Morales

Gabinete de Tecnología Médica,
Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de San Juan.
Av. Lib. San Martín 1109 (o),
San Juan (5400), ARGENTINA.
e-mail: emorales@unsj.edu.ar

Ing. M. Eugenia Gómez

Gabinete de Tecnología Médica,
Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de San Juan.
Av. Lib. San Martín 1109 (o),
San Juan (5400), ARGENTINA.
e-mail: megomez@gateme.unsj.edu.ar

Resumen

En este trabajo se contrastaron dos métodos utilizados para evaluar los parámetros volumétricos del ventrículo izquierdo. Para esto en primer lugar se desarrolló e implementó bajo el entorno Matlab®, un procedimiento alternativo al tradicional de Dodge basado en el método de Simpson, que permite estimar los volúmenes y la fracción de eyección ventricular izquierda, mediante imágenes ventriculográficas de fin de diástole y de fin de sístole, obtenidas a partir de 11 ventriculogramas monoplanares adquiridos en proyección oblicua anterior derecha a 30°, correspondientes a pacientes con distintas cardiopatologías. Se realizó luego un estudio estadístico comparativo de la fracción de eyección determinada por los dos métodos, evaluando la concordancia entre ellos a través del procedimiento de Bland-Altman. Los resultados obtenidos indicaron una coincidencia importante entre los valores logrados por ambos métodos diagnósticos. En base a estos resultados puede decirse que se requieren estudios más pormenorizados que permitan determinar efectivamente, si la consideración mediante el método de Simpson de las irregularidades que exhiben en la población las distintas regiones del contorno ventricular, permitiría obtener valores volumétricos más precisos respecto del tradicional método de Dodge.

Palabras clave: Comparación de métodos, Fracción de eyección, Ventriculogramas, Volúmenes ventriculares.

Abstract

In this work two methods used to evaluate left ventricular volumetric parameters were compared. First, it was developed and implemented (under Matlab® environment) an alternative procedure to traditional Dodge's, based on Simpson's method, that allows to estimate left ventricular volumes and ejection fraction through end systolic and end diastolic ventriculographic images, obtained from eleven single plane ventricular angiography acquired at 30° right anterior oblique projection, corresponding to patients with different cardiopathies. A comparative statistical study of ejection fraction determined by Dodge and Simpson's methods was then realized, evaluating the agreement of both methods through Bland-Altman procedure. The results indicate an important coincidence between the values obtained by both diagnostic methods. From these results, it can be said that more detailed studies are required to determine whether the consideration of the irregularities on different ventricular contour regions saw by the Simpson's method, would allow to obtain more precise volumetric values regarding the traditional Dodge's method.

Keywords: Ejection fraction, Left ventricular volumes, Methods comparison, Ventriculograms.

Extended Abstract

Introduction

Left ventricular angiography can show global or segmental dysfunction and assess cardiovascular function from them. Habitually this function can be evaluated globally utilizing volume data obtained from angiocardiograms, such as left ventricle diastolic and systolic volumes and ejection fraction, calculated as the difference in percentage between left ventricle diastolic and systolic volumes with respect to diastolic volume. When monoplanar angiographic images is used and in accordance with traditional Dodge's method, an ellipsoidal model of left ventricle is assumed. However this model does not consider the irregularities that cardiac cavity can present in the population, as well as such pathological case that modify normal left ventricular morphology. Taking these considerations into account, the objective of our work was to determine if the volumetric parameters estimated by an alternative technique are more precise than the corresponding volumes obtained by traditional Dodge's method.

Materials and Methods

In first place it was developed and implemented under Matlab® environment, the Simpson's method, to assess left ventricular volumetric parameters obtained from end systolic and end diastolic angiographic images of patients with different cardiopathologies. For this, eleven monoplanar ventriculographic records were utilized. These were acquired during cardiac catheterisation through Philips INTEGRIS H3000 version 3, using 6F Pigtail at 30° right anterior oblique projection (RAO). We have determined diastolic and systolic volumes and ejection fraction applying traditional Dodge's method and the implemented Simpson's method, considering in both cases the same ventricular shape for each diastolic and systolic images pair. The estimated volume values were then calibrated and corrected using regression equation proposed by Wynne et al. (1978) for single plane angiography filmed in RAO projection, corresponding to adult subjects. In second place, ejection fraction determined by Dodge's and Simpson's methods were compared statistically, evaluating the agreement of both techniques through Bland-Altman's procedure.

Results

By applying "t" test for paired samples of ejection fraction estimated by Dodge's and Simpson's methods, the mean value and standard deviation were (-3.67, 0.26) and (1.29, 4.43) respectively, for a confidence interval of 99%. On the other hand, the results obtained by means of Bland-Altman's procedure indicate that the average difference between ejection fraction values calculated by Dodge's and Simpson's methods is located within the margin stated as acceptable.

Conclusion

In accordance with Bland-Altman's procedure applied to the results obtained through both procedures diagnoses (Dodge's and Simpson's) for the same group of patients, it can be said that an important agreement between the fraction ejection values estimated by both methods exists. Although implemented Simpson's for the estimation of ventricular volumes and ejection fraction has certain restrictions derived from the use of single plane images of the left ventricle acquired through the angiographic system available, in general these are different from the corresponding to Dodge's method, particularly when the analysed images correspond to patients with anatomic and physiologic alterations of normal ventricle. Therefore, the implementation of the Simpson's method constitutes a complementary procedure to the habitual Dodge's method that can be used in those cases in which this latter method is limited, with the additional advantage that it runs in any conventional PC. The most important contribution of the present work is the fact that the most widely used index of global cardiovascular function can be estimated directly from two ventriculographic images corresponding to end diastole and end systole, which can be used in conjunction with other indices in certain clinical situations, such as valvulopathies with low or high after load. However, more detailed studies are required to determine if application of Simpson's procedure would allow to contemplate the irregularities that can display the left ventricular cavity in the population and in consequence, to obtain more precise volumetric values with respect to traditional Dodge's method.

Introducción

Entre los diferentes índices habitualmente utilizados en cardiología para la estimación global de la función cardiovascular, los más difundidos son el Volumen de Fin de Diástole (VFD), Volumen de Fin de Sístole (VFS) y la Fracción de Eyección (FE), definida esta última como la relación porcentual entre el VFD y VFS respecto del VFD y cuyo rango normal está comprendido entre 58 y 72%. Una disminución de FE por debajo del 58% es indicativa de un ascenso de la precarga (por ejemplo, por efecto de una estenosis aórtica) o bien, de la existencia de una contractilidad miocárdica deteriorada, ya que en este caso los aumentos de VFD asociados a incrementos de precarga tienden a ser compensados normalmente por un aumento en los niveles de precarga, anulando así el efecto de las variaciones de precarga sobre FE. En contraste, un incremento de FE por encima del 72% reflejaría situaciones tales como la regurgitación aórtica o mitral, anemia grave u otros cuadros crónicos asociados a mayores valores de precarga. En cada caso, el especialista podrá valorar la situación clínica a través de estudios más pormenorizados que consideren no sólo el VFD, VFS y FE, sino también otros parámetros globales y específicos (Rankin et al., 1975; Carabello y Spann, 1984; Ross, 1999; Grossman, 2000; Fifer y Grossman, 2000; Heper, 2004).

Los volúmenes ventriculares de fin de diástole y fin de sístole necesarios para el cálculo de la FE pueden ser obtenidos a través de la técnica de cateterismo cardíaco, a partir de dos imágenes ventriculográficas extraídas de registros monoplares correspondientes a estas dos fases del ciclo cardíaco de un paciente dado (Greene et al., 1967; Kasser y Kennedy, 1969; Kennedy et al., 1970; Kennedy y Sheehan, 1992). Existen diversos métodos matemáticos para la estimación de estos volúmenes ventriculares basándose en imágenes angiográficas monoplares, siendo el más difundido el de área - longitud propuesto por Dodge y colaboradores (Sandler y Dodge, 1968; Dodge y Sheehan, 1983). Este método que asume una forma elipsoidal de la cavidad ventricular, permite obtener una estimación volumétrica adecuada en aquellos casos en que los ventriculogramas analizados corresponden a corazones normales desde el punto de vista anatómico y fisiológico. No obstante cuando por ejemplo, resulta necesario considerar el contorno irregular o dilatación de la cavidad y especialmente cuando ésta presenta alteraciones de la motilidad segmentaria, el método de Dodge pierde exactitud (Rankin et al., 1975; Sagawa, 1981; Fifer y Grossman, 2000).

Teniendo en cuenta estos conceptos, el objetivo de este trabajo fue comparar el método de Dodge con un procedimiento alternativo para valorar los volúmenes ventriculares y la FE del ventrículo izquierdo, a partir de imágenes ventriculográficas de FD y de FS correspondientes a pacientes con diversas cardiopatologías. Esto se llevó a cabo a través del desarrollo e implementación mediante software del Método de Simpson, que permite estimar más adecuadamente el tamaño y forma real de la cavidad cardíaca para la determinación de los volúmenes ventriculares y de la FE, respecto del tradicional método de Dodge. En efecto, Simpson propone un procedimiento que permite considerar a la cavidad representada en las imágenes ventriculográficas, dividida en un determinado número de secciones de separación constante tal que el espacio entre estas separaciones forma cilindros de igual altura, para cada uno de los cuales puede calcularse el diámetro y el volumen correspondiente contenido en esta porción de la cavidad (Figura 1). Esta última característica es justamente la que convierte al método de Simpson en una técnica más precisa que la de Dodge para la estimación de parámetros volumétricos ventriculares, ya que el diámetro determinado para cada uno de los delgados cilindros aproxima de manera más real la forma de la cavidad ventricular y por consiguiente, el volumen que ésta contiene. Luego, y empleando como factor de calibración la relación entre el diámetro externo del catéter utilizado para la obtención del ventriculograma y el calculado en la imagen mediante las herramientas de software (mm/pixel), el volumen total de la cavidad V (ml) puede calcularse como la sumatoria de todos los volúmenes individuales correspondientes a cada una de las regiones que componen el contorno ventricular de FD y FS (Basse et al., 1974; Wynne et al., 1978; Folland and Parisi, 1983; Coste et al., 1991; Bracewell, 1995; González, 1996), de acuerdo con:

$$V = \left(\frac{\pi h}{3} \right) \left(\sum D_n^2 + \frac{1}{2} \sum D_f^2 \right) [\text{mm}^3] \quad (1)$$

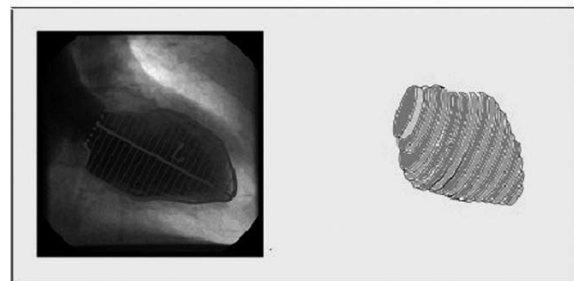


Figura 1. Representación gráfica del método de Simpson.
Figure 1. Graphic representation of Simpson's method.

donde: h [mm]: espesor de los segmentos; D [mm]: diámetro transversal de la cavidad; n, j : número de segmentos impares y pares, respectivamente.

Materiales y Métodos

Se utilizaron 11 estudios ventriculográficos correspondientes a pacientes con distintas cardiopatologías. Estos fueron adquiridos durante procedimientos de cateterismo cardíaco a través del Sistema Philips INTEGRIS H3000 versión 3, que es un sistema cardiovascular monoplanar para fines diagnósticos y terapéuticos, perteneciente al Servicio de Hemodinamia San Juan, del Centro Integral de Medicina de Alta Complejidad (CIMAC). En todos los estudios se utilizó la misma clase de catéteres (tipo Pigtail diámetro 6F), empleando 25 ml de líquido de contraste TRIYOSON a una velocidad de inyección de 8 ml/seg. Asimismo, durante la obtención de las imágenes ventriculográficas consideradas, la radiación generada por el tubo de rayos X alcanzó los 1,90 Gy, en tanto que para el registro de imágenes el tubo de rayos X y el intensificador de imágenes se posicionaron en la proyección Oblicua Anterior Derecha (OAD) a 30°.

Por su parte, a fin de obtener el contorno ventricular en sístole y diástole en cada estudio ventriculográfico, se utilizó el software del sistema INTEGRIS que permite seleccionar las imágenes de FD y de FS del cine registrado para un paciente dado y realizar una detección automática de bordes. Luego a partir de las imágenes que presentan el contorno ventricular delimitado y utilizando como factor de calibración la relación entre el diámetro externo del catéter Pigtail empleado y el diámetro correspondiente calculado por software en las imágenes de FD y FS, se determinaron los volúmenes y la FE mediante el método de área-longitud desarrollado por Dodge (Greene et al., 1967; Kennedy et al., 1970; Kennedy and Sheehan, 1992).

El método original requiere dos proyecciones ortogonales, generalmente Oblicua Anterior Derecha (OAD) a 30° y Oblicua Anterior Izquierda (OAI) a 60°, asumiendo una forma elipsoidal del ventrículo izquierdo (Figura 2), cuyo volumen viene dado por:

$$V = 4\pi/3 \left(\frac{L}{2}\right) \left(\frac{M}{2}\right) \left(\frac{N}{2}\right) \quad (2)$$

siendo: V : volumen de la cavidad; M y N : ejes cortos del elipsoide, y L : eje largo del elipsoide (medido como la máxima longitud de la cavidad ventricular, desde el ápex hasta la raíz aórtica).

Por su parte, en cada proyección, los ejes cortos se calculan determinando mediante planimetría, el área

de cada una de ellas, siendo:

$$D = \frac{4A}{\pi L} \quad (3)$$

donde: D es el eje corto en una proyección dada, y A el área ventricular izquierda.

Luego, el volumen viene dado por:

$$V = \frac{8A_{OAD} A_{OAI}}{3\pi L_{\min}} \quad (4)$$

tal que L_{\min} es el menor de los diámetros en proyección OAD o OAI, y A_{OAD} y A_{OAI} el área ventricular en las proyecciones oblicua anterior derecha e izquierda respectivamente.

Además, el método del elipsoide también puede aplicarse a las proyecciones uniplanares, cuando se dispone sólo de la OAD o bien, de la OAI. En este caso, los dos ejes menores se consideran iguales ($M = N$) y la expresión para el cálculo del volumen viene dada por (Figura 3):

$$V = \pi/6 LMN = \pi/6 LD^2 \quad [\text{mm}^3] \quad (5)$$

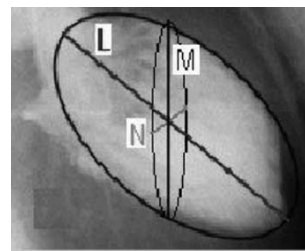


Figura 2. Cavidad ventricular izquierda aproximada por un elipsoide. **Figure 2.** Left ventricular cavity approximated by an ellipsoid.

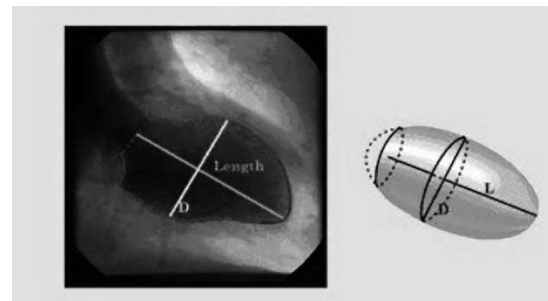


Figura 3. Representación gráfica del método área-longitud. **Figure 3.** Graphic representation of area-length method.

siendo L [mm] y M [mm] respectivamente los ejes mayor y menor de la cavidad ventricular.

Las imágenes de FD y de FS fueron además almacenadas utilizando la opción de foto-fichero que dispone el sistema INTEGRIS H3000, a los efectos de aplicar posteriormente el método de Simpson sobre las mismas imágenes y contornos que en el caso anterior.

Las herramientas de software que permiten determinar en cada registro ventriculográfico monoplanar los VFS y VFD mediante el método de Simpson, fueron desarrolladas bajo entorno Matlab® e implementadas en PC-Windows®. De acuerdo con el Método de Simpson, el volumen se obtiene dividiendo el ventrículo en secciones de espesor constante, lo cual se resuelve al interpretar la imagen ventricular como una matriz compuesta de filas y columnas (imagen digital), considerando un número de filas igual a las que contienen al ventrículo desde la raíz aórtica hasta el ápex. Además, el diámetro transversal para cada una de ellas se calcula como la distancia comprendida entre los contornos ventriculares. Luego, considerando que esta distancia es igual al número total de píxeles por fila, se puede estimar el diámetro para cada una de ellas a partir de esa medida. Basándose en estas consideraciones, se desarrolla el siguiente procedimiento para la estimación del VFD a través de los comandos implementados:

Procesar Imagen FD:

Una vez aplicado el mismo factor de calibración que en el caso anterior, la pantalla principal presenta la imagen disponible para la determinación del volumen de FD. Para ello se requiere seleccionar del menú Procesamiento ubicado en la barra de herramientas, la opción Procesar Imagen FD, siendo la imagen actual en la pantalla principal la imagen de FD. Mediante

esta opción, es posible encontrar el volumen que contiene la cavidad al final de la diástole o de la sístole (Figura 4). Una vez seleccionada esta opción, el cursor se transforma en una pequeña cruz que permite al usuario seleccionar una región de interés que contenga el contorno ventricular, al mantener presionado el botón izquierdo del ratón (Figura 5). Luego, con solo liberar el botón del ratón, automáticamente se ejecutan una serie de pasos de programación que básicamente consisten en:

Modificación del color: debido a que esta clase de imágenes es “true color” (imágenes en color verdadero, formadas por tres matrices que poseen información para el color rojo, azul y verde y que combinados en cada pixel dan el color final a la imagen), es necesario realizar un paso importante mediante el cual se las convierte en imágenes de intensidad (en niveles de grises), más adecuadas para su procesamiento digital.

Rotación: la región seleccionada se rota en el plano x-y a fin de que el eje mayor del ventrículo quede en posición paralela al eje (y), y el eje menor del ventrículo se ubique paralelamente al eje (x).

Binarización: se genera una imagen que tenga sólo dos tonos (habitualmente, blanco y negro) a partir de otra con múltiple niveles de gris, es decir la matriz que forma la imagen contendrá unos o ceros. Esto se realiza para resaltar la cavidad ventricular y de esta manera, lograr una notable apreciación de la silueta ventricular.

Detección de contornos: se realiza una detección de contornos en la imagen en estado binario.

Aplicación de operaciones morfológicas: después de extraído el contorno ventricular, se aplica una serie de funciones morfológicas como apertura y cierre, a fin de mejorar la representación del mismo.



Figura 4. Opción del programa para la estimación de VFD.
Figure 4. Estimation of end diastolic volume.

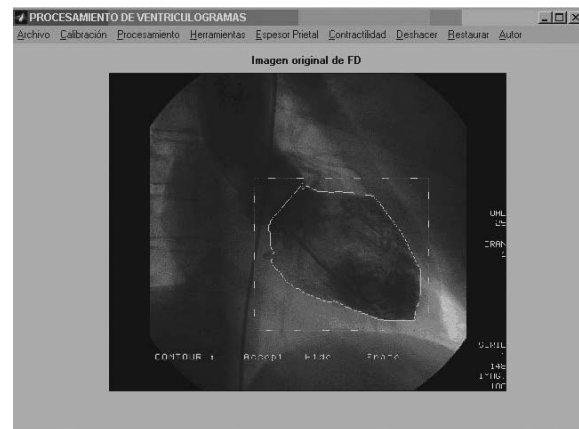


Figura 5. Selección del contorno ventricular de FD.
Figure 5. Selection of end diastole ventricular contour.

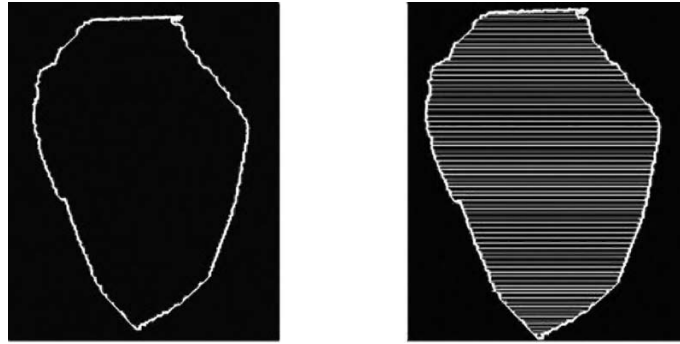


Figura 6. Izquierda: Contorno de FD; Derecha: Ventrículo dividido en secciones de separación constante.
Figure 6. Left: End diastolic contour; Right: Ventricle divided in fixed separation sections.

Una vez que el contorno ventricular está definido con exactitud, se determina la cantidad de píxeles por fila o, más precisamente, los diámetros por fila ventricular. Luego, los valores obtenidos para cada una de ellas se relacionan con el factor de calibración, a fin de obtener medidas reales. Con los datos de los diámetros obtenidos para cada fila del ventrículo, se implementa la ecuación propuesta por Simpson, obteniendo así la estimación del volumen de la cavidad. En la Figura 6 se muestra el resultado de aplicar los pasos referidos para extraer el contorno de FD, esquematizando además la división del ventrículo en segmentos de separación constante.

Cálculo de VFD:

Los valores obtenidos para cada una de ellas se relacionan con el factor de calibración, a fin de obtener medidas reales. Con los datos de los diámetros obtenidos para cada fila del ventrículo, se implementa la ecuación propuesta por Simpson, obteniendo así la estimación del volumen de la cavidad. Una vez

calculado el volumen y con el objeto de lograr una mayor exactitud en su estimación, se aplica la ecuación de regresión propuesta por Wynne y colaboradores (1978) para mediciones uniplanares en la proyección OAD correspondientes a ventriculogramas de sujetos adultos, según la expresión:

$$V_{\text{real}} = 0,938 \cdot V_{\text{estimado}} - 5,7 \quad (6)$$

siendo V_{real} : volumen real del ventrículo, y V_{estimado} : volumen estimado por el método angiográfico.

Concluidos los pasos anteriores, el programa muestra en la siguiente pantalla el valor del volumen ventricular de fin de diástole. Posteriormente, el programa permite acceder a la imagen de FS, a fin de estimar el volumen correspondiente contenido en la cavidad ventricular aplicando el mismo procedimiento que en el caso anterior (Figuras 7 y 8).

Contando con los valores de volúmenes, posteriormente se determina la fracción de eyección (FE) a través de la relación:



Figura 7. Opción del programa para la estimación de VFS. **Figure 7.** Programme option for systolic end volume estimation.

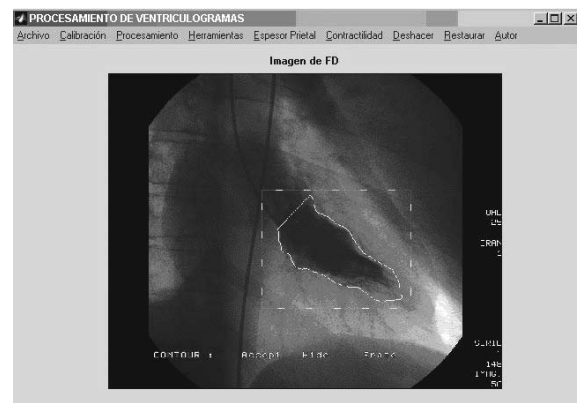


Figura 8. Selección del contorno ventricular de FS. **Figure 8.** Selection of end systole ventricular contour.

$$FE = \frac{(VFD - VFS)}{VFD} 100\% \quad (7)$$

Desde el punto de vista estadístico, se realizó además un análisis de la FE obtenida mediante los procedimientos de Dodge y de Simpson. Para esto, al momento de aplicar cada uno de estos métodos, se consideró exactamente el mismo contorno ventricular para cada par de imágenes. En ambos casos los parámetros determinados fueron: media, varianza y desviación estándar (s), así como los valores máximo y mínimo de la muestra utilizada. Se determinaron intervalos del 95% de confianza para la media y varianza de la FE en cada método, realizando luego una prueba pareada “t” para la diferencia de las medias. Por último y a fin de analizar la concordancia entre las medidas clínicas obtenidas por ambos métodos, se aplicó el procedimiento de Bland-Altman que consiste en representar la diferencia entre cada pareja de valores de FE estimados mediante las técnicas de Dodge y de Simpson, en función de la media de cada par de estos valores (Bland y Altman, 1986; Krummenauer y Doll, 2000).

Resultados

La aplicación de los métodos de Dodge y de Simpson para el cálculo de los volúmenes ventriculares de FD, FS y FE a partir de las imágenes ventriculográficas en formato digital, arrojó los valores expresados en la Tabla 1.

Por su parte, concluida la estimación de los volúmenes ventriculares y de la FE mediante la aplicación del método de Simpson implementado, el programa presenta los resultados de los parámetros tal como se muestra en la Figura 9.

Del estudio estadístico de la FE estimada por los métodos de Dodge y de Simpson a partir de las mismas imágenes de FD y FS del VI y evaluando las muestras por separado, se obtuvieron las siguientes características generales mostradas en la Tabla 2.

Para analizar en mayor profundidad las muestras se estudiaron por separado sus medias, obteniendo para la media de FE-Dodge: $71,0 \pm 5,9$, en tanto que para la media de FE-Simpson se encontró: $72,7 \pm 6,1$. Con respecto a la desviación estándar de FE, se lograron los siguientes resultados: Desviación estándar de FE (Dodge): [6,13339; 15,4049]; Desviación estándar de FE (Simpson): [6,36943; 15,9978]. Por su parte, para la prueba “t” para muestras pareadas (FE de Simpson y FE de Dodge) se obtuvo un intervalo del 99% de confianza para la media de la diferencia y para la desviación estándar de la diferencia, obteniendo [-3,67298;

Tabla 1. Valores estimados de volúmenes ventriculares y FE a través de los métodos de Dodge y Simpson.
Table 1. Estimated values of ventricular volumes and ejection fraction through Dodge’s and Simpson’s methods

Método de Dodge			Método de Simpson		
VD (ml)	VS (ml)	FE (%)	VD (ml)	VS (ml)	FE (%)
120	31	74	115	29	76
78	23	70	82,01	24,32	70
85	23	72	79	20	74,6
80	28	65	76,56	23,58	69,19
102	37	62	95	32,34	66,42
62	17	74	86,68	20,99	76,055
98,1	15,5	84	88,687	13,2	85,1
57	27	52,6	88,132	42,36	51,929
115	34	70	104,12	33,22	68,092
97	23	76	103	20	80
92	17	81	88,32	15,45	82

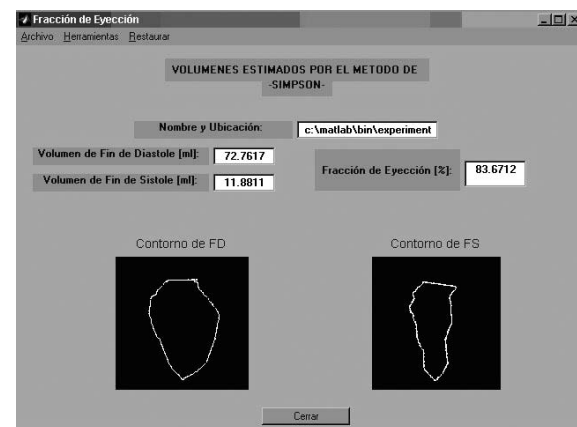


Figura 9. Visualización de valores estimados de volúmenes ventriculares y FE mediante el método de Simpson.
Figure 9. Window for visualization of estimated values of ventricular volumes and ejection fraction through Simpson’s method.

Tabla 2. Características generales de las muestras analizadas por los métodos de Dodge y de Simpson.
Table 2. General characteristics of analysed samples by Dodge’s and Simpson’s methods

Parámetros	FE (Dodge)	FE (Simpson)
Número de estudios	11	11
Media	70,9636	72,6715
Varianza	77,0545	83,0995
Desviación estándar	8,77807	9,11589
Mínimo	52,6	51,9292
Máximo	84	85,1

0,257308] y [1,29; 4,43], respectivamente. Por último, los resultados de la aplicación del método de Bland-Altman están representados en la Figura 10.

En dicha figura se observa que en el caso de no existir error sistemático, los puntos correspondientes a la diferencia entre las medidas de FE se distribuirían de forma aleatoria a uno y otro lado de la diferencia cero entre ellas. La línea de puntos representa la media de las diferencias de FE, que en el caso considerado corresponde a -1,7 (error sistemático del segundo método respecto al primero). Por su parte, las líneas exteriores (-5,82 y 2,42) representan los límites de confianza del 95 % para la diferencia de FE (media \pm 2s) e indican los límites de concordancia, en tanto que las líneas interiores (-3,77 y 1,35) señalan los límites de confianza inferiores (media \pm s) para cada límite de concordancia.

Conclusiones

Los resultados del estudio estadístico presentado en la Tabla b muestran que los intervalos para la media y para la desviación estándar de FE determinada por los métodos de Dodge y de Simpson, coinciden en un alto porcentaje de sus valores.

Asimismo, al analizar los resultados obtenidos al aplicar el procedimiento de Bland-Altman se observa que para todos los casos considerados, la media de las diferencias de FE se sitúa dentro del margen establecido como aceptable y si bien el intervalo de concordancia es amplio (reflejo de una variabilidad importante entre los resultados ofrecidos por ambos métodos), también se encuentra dentro de la categoría establecida como aceptable. Por consiguiente, puede

decirse que existe una coincidencia importante entre los valores de FE estimados por ambos procedimientos diagnósticos (Dodge y Simpson) para un mismo grupo de pacientes.

No obstante, cabe aclarar que si bien el método de Simpson implementado para la estimación de los volúmenes ventriculares y de la FE, posee ciertas restricciones derivadas de la utilización de imágenes monoplanares del ventrículo izquierdo adquiridas a través del sistema angiográfico disponible, éstas en general son diferentes a las que presenta el método de Dodge, particularmente cuando los registros analizados corresponden a pacientes con alteraciones anatómicas y/o fisiológicas del ventrículo normal. Por consiguiente, la implementación del método de Simpson para la valoración de los parámetros volumétricos ventriculares constituye un procedimiento complementario al habitual método de Dodge, que puede ser utilizado en aquellos casos en que este último resulte limitado, con la ventaja adicional que es posible utilizarlo en cualquier PC convencional. La contribución más importante de este trabajo la constituye el hecho que uno de los más importantes parámetros utilizados para la evaluación global de la función cardiovascular puede ser estimado directamente a partir de dos imágenes ventriculográficas correspondientes al fin de la diástole y fin de la sístole, el cual podría ser empleado conjuntamente con otros índices para diagnosticar ciertas situaciones clínicas, tales como estenosis aórtica o valvulopatías con baja o alta poscarga. Sin embargo, se requieren estudios más detallados (utilizando por ejemplo, imágenes angiográficas biplanares del ven-

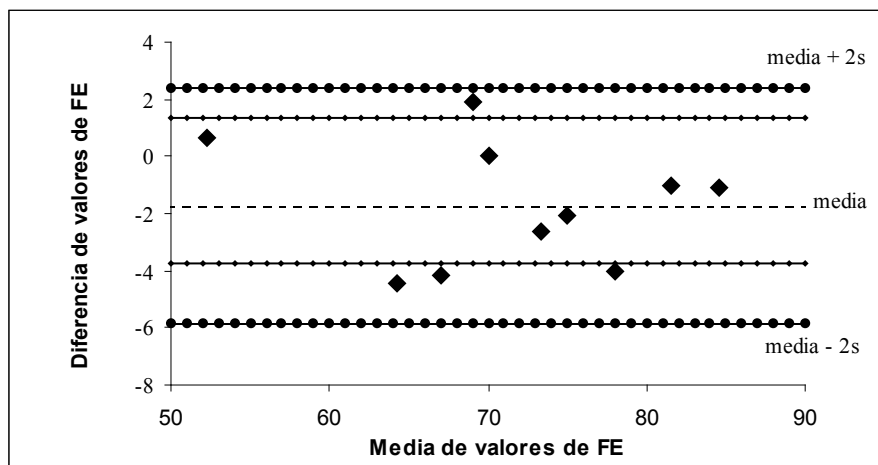


Figura 10. Representación gráfica del procedimiento de Bland-Altman para la comparación de las FE estimadas por los métodos de Dodge y de Simpson para once paciente. **Figure 10.** Plot of Bland-Altman's technique for comparison of ejection fraction estimated by Dodge and Simpson for eleven patients.

trículo izquierdo) para determinar fehacientemente si la aplicación del método de Simpson permitiría contemplar las irregularidades que pueda presentar en la población la cavidad ventricular y en consecuencia, obtener valores volumétricos más precisos respecto del tradicional método de Dodge.

Agradecimientos

La realización de este trabajo no hubiera sido posible, sin la colaboración de los doctores Raúl Aguiar Prieto y Ricardo Clavijo, del Servicio de Hemodinamia San Juan del CIMAC, en la provincia de San Juan, Argentina.

Referencias

- Basse, P., Le Goff G., Charland, R., (1974), "Évaluation angiographique quantitative des volumes et de la cinétique ventriculaire gauche: étude critique", Arch Mal Coeur Vaiss, v. 67, p. 1075-1085.
- Bland, J.M., Altman, D.G., (1986), "Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement", Lancet, v.1, (8476), p. 307-310.
- Bracewell, R.N. (1995), Two-Dimensional Imaging, Standford: Prentice-Hall, Inc.
- Carabello, B., Spann, J.F., (1984), "The uses and limitations of end-systolic indexes of left ventricular function", Circulation, v. 69, p. 1058-1064.
- Coste, P., Durrieu, C., Le Goff, G., Besse, P., (1991), "Masse et géométrie du ventricule gauche. Méthodes de détermination angiographique", Arch Mal Coeur Vaiss, v. 84, p. 11-19.
- Dodge, H.T., Sheehan, F.H., (1983), "Quantitative contrast angiography for assessment of ventricular performance in heart disease", Journal of the American College of Cardiology, v. 1, p. 73-80.
- Fifer, M.A., Grossman, W., (2000a), "Measurements of ventricular volumes, ejection fraction, mass, wall stress, and regional wall motion". In: Grossman's Cardiac Catheterization, Angiography and Intervention, 7th edition, Philadelphia: Baim, D.S., Grossman, W., Lipincott Williams and Wilkins Publishers, p. 304-314.
- Fifer, M.A., Grossman, W., (2000b), "Evaluation of systolic and diastolic function of the ventricles and myocardium", In: Grossman's Cardiac Catheterization, Angiography and Intervention, 7th edition, Philadelphia: Baim, D.S., Grossman, W., Lipincott Williams and Wilkins Publishers, p. 315-334.
- Folland, E.D., Parisi, A.F., (1983), "Ventricular volume and function". In: Textbook of two-dimensional echocardiography, New York: Talano and Gardin, Grune & Stratton, p. 165-185.
- González, R.C., Woods, R.E., (1996), Tratamiento digital de imágenes, Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana S.A y Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Greene, D.G., Carlisle, R., Grant, C., Bunell I.L., (1967), "Estimation of left ventricular volume by one-plane cineangiography", Circulation, v. 35, p. 61-69.
- Grossman, W., Haynes, F., Paraskos, J., Saltz, S., Dalen, J.E., Dexter, L., (1972), "Alterations in preload and myocardial mechanics in the dog and in man", Circulation Research, v. 31, p. 31-83.
- Heper, G., (2004), "Effects of afterload increase on systolic and diastolic functions of the myocardium after myocardial infarction", Angiology, v. 55, n. 2, p. 159-167.
- Kasser, I.S., Kennedy, J.W., (1969), "Measurement of left ventricular volumes in man by single-plane cineangiography", Investigative Radiology, v. 4, p. 83-89.
- Kennedy, J.W., Trenholme, S.E., Kasser, I.S., (1970), "Left ventricular volume and mass from single plane cineangiograms. A comparison on anteroposterior and right anterior oblique methods", American Heart Journal, v. 80, p. 343-349.
- Kennedy, J.W., Sheehan, F.H., (1992), "Ventriculografía". In: Cateterismo cardíaco: diagnóstico y terapia, 1a ed., Buenos Aires: Pepine C.J., Hill J.A., Lambert C.R., Ed. Médica Panamericana, p. 154-166.
- Krummenauer, F., Doll, G., (2000), "Statistical methods for the comparison of measurements derived from orthodontic imaging", European Journal of Orthodontics, v. 22, p. 257-259.
- Rankin, L.S., Moos, S., Grossman, W., (1975), "Alterations in preload and ejection phase indices of left ventricular performance", Circulation, v. 51, p. 910-915.
- Ross, R., (1999), "Tratado de Cardiología. Medicina Cardiovascular", vol. II, Madrid: Interamericana Mc. Graw-Hill.
- Sagawa, K., (1981), "The end systolic pressure-volume relation of the ventricle: definition, modification and clinical use", Circulation, v. 63, p. 1223-1229.
- Sandler, H., Dodge, H.T., (1968), "The use of single plane angiograms for the calculation of left ventricular volume in man". American Heart Journal, v. 75, p. 325-324.
- Wynne, J., Green, L.H., Mann, T., Levin, D., Grossman, W., (1978), "Estimation of left ventricular volume in man from biplane cineangiograms filmed in oblique projections", American Journal of Cardiology, v. 41, (suppl.2), p. 726-732.

