

Indices Doppler de función ventricular *versus* fracción de acortamiento y excursión anular mitral

ROGELIO A. MACHADO*, CLAUDIO DIZEO†, ROBERTO A. NORDABY,
FRANCISCO E. TELLECHEA, LUIS MUTTI, MARIANA BRITO, ANIBAL CAMPO,
RICARDO J. ESPER**

RESUMEN

Antecedentes

Recientemente se describió un índice Doppler de función ventricular, que se obtiene por la resta del período eyectivo al intervalo entre cierre y apertura mitral, e involucra los períodos isovolumétricos del ciclo cardíaco. En el presente trabajo se compara este índice con el cociente preeyectivo/eyectivo obtenido mediante Doppler y con la fracción de acortamiento y la excursión del anillo mitral determinadas por eco en modo M con control 2D, para determinar su eficacia en la estimación de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo.

Material y métodos

Se estudiaron 69 pacientes (58 ± 10 años, 47 hombres) con fracciones de eyección de entre el 13% y el 83%. Se determinaron las variables antes mencionadas.

Resultados

Separadamente, el nuevo índice Doppler y el preeyectivo/eyectivo presentan buena correlación con la fracción de eyección ($r = 0,71$ y $0,70$, ambas $p < 0,001$), aunque algo más débil que la que exhibe el producto de la fracción de acortamiento multiplicada por la excursión del anillo mitral ($r = 0,86$, $p < 0,001$). El análisis multivariado demuestra que el nuevo índice y el cociente preeyectivo/eyectivo resultan predictores independientes de la fracción de eyección ($p < 0,005$ y $0,001$, respectivamente). Entre ambos explican el 57% de la varianza de ésta ($R = 0,75$, $p < 0,0001$). Sin embargo, el agregado del producto de la fracción de acortamiento por la excursión anular mitral aumenta mucho la capacidad predictiva del modelo, llevando la proporción de varianza explicada al 78%, lo cual equivale a $R = 0,88$. En este caso, la significación de los índices Doppler en la tarea de predecir la fracción de eyección disminuye considerablemente al estar la mayor parte de la información aportada por el producto mencionado.

Conclusiones

Los índices Doppler de función, en especial el comunicado recientemente, sencillo e independiente de la frecuencia cardíaca, resultan adecuados para su uso clínico. Ambos brindan información similar aunque independiente. Sin embargo, los índices ecográficos, en especial el producto fracción de acortamiento x excursión anular mitral, revelan mayor eficacia en la predicción de la fracción de eyección. El uso combinado de ambos tipos de índices resulta asimismo factible, pues aportan información independiente, y por lo tanto complementaria, respecto de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo. REV ARGENT CARDIOL 1999; 67: 209-216.

Palabras clave Doppler cardíaco - Ecocardiografía - Función ventricular

Laboratorio de Ecocardiografía, Servicio de Cardiología y Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Francés, Buenos Aires, y Escuela de Postgrado, Universidad del Salvador, Buenos Aires

* Miembro Titular SAC

† Para optar a Miembro Adherente SAC

FACC

Trabajo recibido para su publicación: 6/98. Aceptado: 7/98

Dirección para separatas: Dr. Rogelio A. Machado - Boulogne Sur Mer 548 - 5º Piso "13" - (1213) Buenos Aires - Tel. 4863-9297

INTRODUCCION

La evaluación de la función ventricular presenta diversos aspectos de variada complejidad y el hallazgo de estimadores eficaces de ella reviste singular importancia en cardiología. Recientemente se describió un índice que proporciona información sobre la función ventricular izquierda e involucra al período eyectivo y los intervalos isovolumétricos sistólico y diastólico del ventrículo izquierdo, obtenidos mediante Doppler cardíaco. (1-3) Este índice, que mostró buena correlación tanto con la fracción de eyección como con la capacidad funcional de los pacientes, está por otra parte estrechamente relacionado con el cociente preeyectivo/eyectivo, utilizado desde los trabajos clásicos de Weissler y colaboradores (4-7) como un estimador eficaz de la función ventricular izquierda, y que también se puede obtener fácilmente a partir del Doppler cardíaco.

El presente trabajo se emprendió con el objeto de evaluar y comparar la eficacia de ambos índices de función ventricular para predecir la fracción de eyección del VI obtenida mediante ventriculografía radioisotópica. Esto se realizó así por ser la fracción de eyección uno de los estimadores más aceptados y confiables de la función ventricular, cuya determinación habitualmente se logra mediante técnicas radioisotópicas, las cuales se constituyeron en un método de referencia en cardiología clínica. (8) Esta evaluación no se había hecho hasta ahora, dado que, en los trabajos mencionados previamente, la fracción de eyección se obtenía mediante métodos ecocardiográficos, sustentados a su vez en métodos radioisotópicos o angiográficos.

Por último, a poco de iniciarse el estudio se hizo evidente que tanto la fracción de acortamiento (FAC) del VI obtenida por eco en modo M como la excursión sistólica del anillo mitral (EXAM) brindaban información inmediata y directa sobre la fracción de eyección, que podía competir con la proporcionada por los índices Doppler. Esto motivó la inclusión de ambas y de su producto como estimadores de la fracción de eyección ventriculográfica y, a su vez, su comparación con los dos índices Doppler mencionados.

MATERIAL Y METODOS

Pacientes

Se estudiaron en forma prospectiva pacientes adultos de ambos sexos que concurrieron a la Sección Medicina Nuclear a fin de realizarse estudios ventriculográficos por diversas necesidades diagnósticas, en general cardiológicas u oncológicas, y en quienes se obtuvo la fracción de eyección en reposo; luego, en el Laboratorio de Ecocardiografía, dentro de las 48 horas siguientes se les completó el protocolo mediante ecocardiograma y Doppler cardíaco.

Fueron criterios de exclusión la fibrilación y el aleteo auricular, el bloqueo AV completo y cualquier tipo de disociación AV, las valvulopatías con excepción de las regurgitaciones valvulares de grado leve y moderado y los estudios de calidad insuficiente. Finalmente, el grupo quedó constituido por 69 pacientes (47 hombres, 22 mujeres) cuyas edades oscilaban entre 35 y 79 años (58 ± 10 , media \pm DS) y se hallaban hemodinámicamente estables, sin cuadros agudos o rápidamente evolutivos y sin cambios recientes en su medicación.

Ventriculograma radioisotópico

El ventriculograma radioisotópico se obtuvo en condiciones basales mediante una cámara planar Ohio Nuclear con procesador Vex 300, mediante el método de multigatillado en el que se utilizó tecnecio^{99m} como marcador. La fracción de eyección (FEY) del VI se obtuvo en cada caso con el paciente en reposo y se informó como porcentaje.

Ecocardiograma y Doppler cardíaco

El ecocardiograma y el Doppler cardíaco se obtuvieron mediante un equipo HDI 3000 (ATL Ultrasound, Inc.) con un transductor de 1,75-3,25 MHz y ECG de referencia; los estudios se almacenaron en cinta de video para su ulterior procesamiento *off-line*. Con el paciente en decúbito lateral izquierdo se registró un ecocardiograma bidimensional en los diferentes planos, desde las ventanas paraesternal y apical. Luego, mediante eco en modo M con control 2D y desde la ventana paraesternal, se registraron las dimensiones del VI en el eje corto, a nivel del hiato existente entre los músculos papilares y el borde libre de las valvas de la mitral, y se obtuvieron los diámetros de fin de diástole (DDVI) y de sístole (DSVI). Se procuró que el haz ultrasónico incidiera en forma perpendicular a la dirección del septum y la pared posterior del VI; las mediciones se realizaron de acuerdo con las recomendaciones de la American Society of Echocardiography. (9) Seguidamente, mediante Doppler pulsado desde el ápex, se obtuvo la curva de llenado del VI con la muestra colocada en posición ligeramente distal al plano del anillo y próxima a la vena contracta, procurando obtener una línea modal lo más neta posible. Se midió el intervalo entre la finalización de la onda A (cierre mitral) y el comienzo de la onda E siguiente (apertura mitral (Figura 1). Este intervalo (AE) engloba sucesivamente los períodos isovolumétrico sistólico (ISOS), eyectivo (EY) e isovolumétrico diastólico (ISOD). Siempre desde el ápex, con ECG simultáneo y con la muestra a nivel del tracto de salida del VI inmediatamente por debajo del plano de las sigmoideas, se registró la duración del EY, entre el comienzo y la finalización de la onda de expulsión

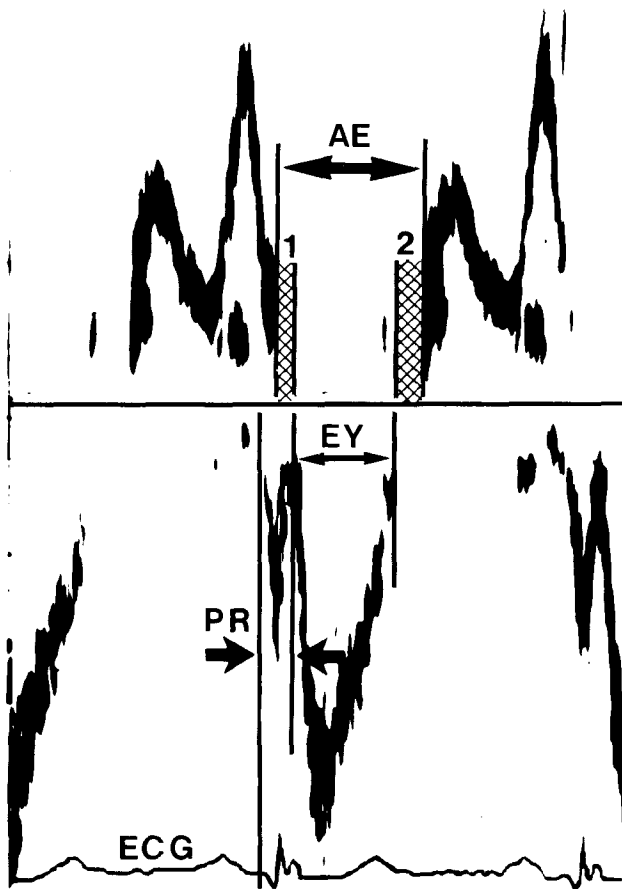


Figura 1. Obtención del índice DOPP = $(AE - EY) / EY$, y del cociente preeyectivo/eyectivo. AE: intervalo entre cierre y apertura mitral; EY: período eyectivo; PR: período preeyectivo; 1: período isovolumétrico sistólico; 2: período isovolumétrico diastólico. Con fines ilustrativos, las curvas de llenado ventricular (arriba) y eyección (abajo), se presentan sincronizadas con el ECG.

sistólica, y la del período preeyectivo (PR), entre el comienzo del primer accidente del QRS en el ECG y el inicio de la eyección (Figura 1). Todos los intervalos fueron expresados en milisegundos.

En 32 pacientes de la serie, desde la ventana apical y mediante eco en modo M con control 2D, se registró además la excursión sistólica del anillo mitral a nivel de su borde externo (EXAM), siguiendo los lineamientos de estudios previos (10-12) y expresándola en milímetros.

Cálculos

Se calcularon las siguientes variables:

1) El nuevo índice Doppler (DOPP) se calculó restando la duración del EY al intervalo AE y dividiendo por EY:

$$DOPP = (AE - EY) / EY$$

donde debe notarse que el numerador representa la duración conjunta de los períodos isovolumétricos sistólico y diastólico del VI. Así, DOPP equivale a $(ISOS + ISOD) / EY$.

2) Cociente PR/EY.

3) Fracción de acortamiento del VI (FAC):

$$FAC = (DDVI - DSVI) / DDVI$$

4) Producto de FAC y EXAM ($FAC \times EXAM$).

Las tres primeras variables son adimensionales, la última tiene la dimensión mm. Por último, tanto DOPP como el cociente PR/EY se calcularon también con el denominador (EY) corregido por la frecuencia cardíaca (DOPPC y PR/EYC, respectivamente) según la ecuación de regresión proporcionada por Weissler y colaboradores. (13)

Análisis estadístico

En el caso de variables continuas, las comparaciones entre medias para distintos grupos se realizaron mediante la prueba de la t de Student para muestras independientes. En el caso de proporciones en variable discreta se usó la prueba exacta de Fisher. (14) El análisis bivariado, entre la FEY y cada uno de sus diversos predictores examinados, se realizó a través del estudio de la correlación lineal simple. El análisis multivariado se realizó mediante regresión múltiple, con el paquete estadístico SPSS, con la FEY como variable dependiente. La contribución de cada variable predictora se objetivó en la significación estadística de su coeficiente de regresión múltiple frente al de las demás variables y en el valor del coeficiente de determinación múltiple R^2 , que expresa la proporción de varianza de la variable dependiente (FEY) explicada o acotada por la regresión.

En todas las instancias, el límite de significación estadística se fijó en 0,05.

RESULTADOS

Los pacientes fueron divididos en dos grupos según la FEY radioisotópica: grupo I, con $FEY \geq 50\%$ (37 pacientes, $FEY 60,6 \pm 8,5\%$) y grupo II, con $FEY < 50\%$ (32 pacientes, $FEY 37,8 \pm 10,5\%$). Las características clínicas de ambos grupos se comparan en la Tabla 1. En 2 pacientes con FEY límite, de 48 y 49%, no se pudo demostrar cardiopatía. El resto de los pacientes con $FEY < 50\%$ presentaban coronariopatía, miocardiopatía dilatada o, en 9 casos, ambas. Los pacientes con $FEY > 50\%$ se repartían casi por igual en normales y coronarios, entre los que además había una miocardiopatía hipertrófica.

El índice DOPP no presentó correlación significativa con la frecuencia cardíaca ($r = 0,026$, NS), mientras que el PR/EY sí lo hizo, en forma poco marcada pero significativa ($r = 0,24$, $p < 0,05$). En la Tabla 2 se observa el comportamiento de los índices Doppler,

Tabla 1
Características de los pacientes

	Grupo I: FEY \geq 50% (Rango 50-83%)	Grupo II: FEY < 50% (Rango 13-49%)	p
Número de pacientes	37	32	
Edad (años)	57 \pm 10	58 \pm 10	NS
Hombres/Mujeres	20/17	27/5	< 0,05
Hipertensión arterial	16 (43%)	8 (25%)	NS
Sin cardiopatía demostrable	20 (54%)	2 (6%)	< 0,0001
Coronariopatía	16 (43%)	24 (75%)	< 0,01
Miocardopatía dilatada	0 (0%)	15 (47%)*	< 0,0001
Miocardopatía hipertrófica	1 (3%)	0 (0%)	
DDVI (mm)	48,1 \pm 5,0	57,4 \pm 10,5	< 0,0001
DSVI (mm)	30,9 \pm 5,6	43,8 \pm 12,2	< 0,0001
Regurgitación mitral			
Ausente	14	7	
Leve o mínima	21	20	
Moderada	2	5	
Regurgitación aórtica			
Ausente	31	29	
Leve o mínima	5	3	
Moderada	1	0	

FEY: Fracción de eyección. DDVI: Diámetro diastólico del VI. DSVI: Diámetro sistólico del VI. NS: No significativo.

* 9 de los 15 pacientes con miocardopatía dilatada también tienen coronariopatía.

con corrección para la frecuencia cardíaca y sin ella, y de las variables ecocardiográficas (FAC, EXAM y FAC \times EXAM), en los grupos I y II.

El resultado del análisis de correlación lineal entre la FEY y cada una de las variables estudiadas para su predicción se detalla en la Tabla 3.

En el análisis multivariado, en una primera etapa se evaluaron los índices DOPP y PR/EY, con corrección para la frecuencia cardíaca y sin ella. Cuando estos índices se hallan sin corregir, ambos resultan predictores independientes de la FEY, si bien el índice DOPP presenta mayor significación que el cociente PR/EY ($p < 0,0005$ versus $p < 0,05$). Si se realiza el examen con el PR/EY corregido, su significación aumenta ($p < 0,005$ para DOPP, $p < 0,001$ para PR/EYc). Dados estos resultados, DOPP y PR/EYc se seleccionaron para la segunda etapa del análisis multivariado. En esta etapa se agregó FAC \times EXAM, que es la variable ecocardiográfica que guarda mayor correlación con la FEY y reúne información de FAC y EXAM. Esta última, considerada aisladamente, es menos fuerte (Tabla 3). El resultado del análisis multivariado, incluidos DOPP, PR/EYc y FAC \times EXAM se resume en la Tabla 3. En la Figura 2 se ilustra la correlación entre la FEY calculada a partir de estas variables, y la FEY aportada por el ventriculograma radioisotópico. Cuando se selecciona FAC \times EXAM entre las variables ecocardiográficas, se procura utilizar la variable más fuerte de su grupo y evitar la inclusión de variables redundantes, lo cual puede dificultar la interpretación de los resultados si las variables tienden a cancelar entre sí su significación estadística. (15)

DISCUSION

La evaluación de la función ventricular permanece como una cuestión de la mayor importancia en cardiología, y el contar con métodos que permitan aproximaciones válidas, relativamente simples y no invasivas, es un desiderátum en la cardiología clínica. Cuando se propone la evaluación de un nuevo método para su determinación, se debe tener en cuenta que la función ventricular presenta diferentes aspectos, de los cuales no son los menos importantes los relativos a la función diastólica, lo cual hace dificultosa la elección de un estándar contra el cual realizar comparaciones. No obstante, la fracción de eyección resulta particularmente apropiada por su capacidad de resumir aspectos importantes de la función en un solo dato, su escasa variabilidad inte-

Tabla 2
Resumen de variables Doppler y ecocardiográficas

	Grupo I (FEY \geq 50%)	Grupo II (FEY < 50%)	p
DOPP	0,434 \pm 0,114	0,625 \pm 0,179	< 0,0001
DOPPc	0,307 \pm 0,083	0,441 \pm 0,110	< 0,0001
PR/EY	0,38 \pm 0,062	0,432 \pm 0,146	< 0,0005
PR/EYc	0,225 \pm 0,047	0,301 \pm 0,079	< 0,0001
FAC	0,359 \pm 0,077	0,248 \pm 0,088	< 0,0001
EXAM (mm)	14,5 \pm 2,4	12,2 \pm 3,4	< 0,05
FAC \times EXAM	5,92 \pm 1,47	3,12 \pm 1,52	< 0,0001

DOPP: Índice Doppler (véase Material y métodos). PR/EY: Cociente preeyectivo/eyectivo. DOPPc y PR/EYc: DOPP y PR/EY corregidos para la frecuencia cardíaca. FAC: Fracción de acortamiento ecocardiográfica del VI. EXAM: Excursión del anillo mitral. FAC \times EXAM: Producto de las dos anteriores.

Tabla 3
Análisis bivariado y resumen del multivariado entre la FEY y los diferentes índices Doppler y ecocardiográficos

	P_0	DOPP	DOPPC	PR/EY	PR/EYc	FAC	EXAM	FAC x EXAM
r		-0,71*	-0,71*	-0,65*	-0,70*	0,75*	0,53 [§]	0,86*
b1	89	-31,1‡	-	-	88,4†	-	-	-
b2	45	0,97 NS	-	-	-72,6 [§]	-	-	4,60*

r: Coeficientes de correlación entre FEY y los diversos índices considerados.

b1, b2: Coeficientes de regresión múltiple para las variables seleccionadas (véase el texto).

P_0 : Constante del modelo de regresión. Para la primera etapa (coeficientes b1), $R^2 = 0,57$, $R = 0,75$; para la segunda etapa (coeficientes b2), $R^2 = 0,78$, $R = 0,88$.

* $p < 0,0001$. † $p < 0,001$. ‡ $p < 0,005$. § $p < 0,05$. NS: No significativo. Abreviaturas: véase la Tabla 2.

robservador e intraobservador cuando se determina mediante ventriculografía radioisotópica y su amplia difusión como estimador clínico del estado contráctil del miocardio. En los estudios realizados sobre el nuevo índice Doppler, (2, 3) la fracción de eyección se determinaba mediante ecocardiografía, lo cual puede hasta cierto punto sesgar los resultados al obtenerlos con el mismo método y por el mismo observador. En el presente estudio, la fracción de eyección radioisotópica fue obtenida siempre por los mismos operadores, dentro de las 48 horas de estudiado el paciente con ecocardiografía y Doppler cardíaco.

Índices Doppler y ecocardiográficos en pacientes con FEY normal y disminuida. Todos los índices estudiados demostraron diferencias altamente significativas entre los grupos de pacientes con FEY normal ($\geq 50\%$) y disminuida ($< 50\%$), con la sola excepción de la excursión del anillo mitral, que mostró un grado menor de discriminación aunque conservó significación estadística en el nivel $p < 0,05$ (Tabla 2). Debe notarse que los dos grupos considerados no se diferencian entre sí por condiciones clínicas o fisiopatológicas determinadas, sino por la fracción de eyección, por lo que existen pacientes con condiciones patológicas definidas y FEY $> 50\%$. Esto hace comprensible la superposición moderada entre los intervalos de confianza alrededor de la media, entre los grupos I y II, para los diversos índices y variables estudiados. La división de los pacientes en grupos de FEY normal y baja se llevó a cabo con el objeto de obtener una primera aproximación al grado en que las diferentes variables estudiadas reflejan los cambios de la FEY radioisotópica. Se puede concluir así que tanto los índices obtenidos mediante Doppler como los ecocardiográficos expresan adecuadamente las diferencias de la FEY entre los grupos I y II.

Correlación simple entre FEY y sus variables predictoras. La correlación lineal simple entre cada variable Doppler o ecocardiográfica por una parte y la FEY ventriculográfica por la otra se puede observar en la primera línea de la Tabla 3. Los resultados

de este análisis bivariado muestran buena correlación para los índices DOPP y PR/EYc ($r = 0,71$ y $0,70$, respectivamente), así como para la FAC ($r = 0,75$). La correlación entre PR/EY y FEY es conocida y fue señalada por varios autores. (16, 17) En cuanto a la excursión del anillo mitral (EXAM), presenta un coeficiente de correlación algo menor ($r = 0,53$). Sin embargo, el producto de FAC por EXAM exhibe una correlación mayor que la de cada uno de los factores por separado (FAC x EXAM, $r = 0,86$, $p < 0,0001$). Esto puede deberse a que la información que provee la EXAM se refiere al eje largo del VI y en cierto modo es complementaria con la que aporta la FAC, referida al eje corto ventricular. La importancia del acortamiento en el eje corto, y la contribución del eje largo, en la determinación de la fracción de eyección mediante ecocardiografía fue señalada por Quiñones y colaboradores, quienes incluyen para su cálculo estimaciones en ambos ejes. (18)

Análisis multivariado. Variables Doppler y ecocardiográficas. En la evaluación conjunta del índice DOPP y el cociente PR/EYc, ambos presentan coeficientes de regresión múltiple significativos, que indican que proporcionan cierta cantidad de información independiente para la predicción de la fracción de eyección ventriculográfica. La proporción de varianza explicada por la regresión está dada por R^2 y es igual a $0,57$ o 57% (Tabla 3). Esto equivale a un coeficiente de correlación $r = 0,75$. El agregado de la variable FAC x EXAM aumenta R^2 a $0,78$ ($r = 0,88$), lo cual expresa que DOPP, PR/EYc y FAC x EXAM explican las casi cuatro quintas partes de la varianza de la fracción de eyección (Figura 2). De las tres variables, FAC x EXAM es la que tiene el coeficiente de mayor significación estadística o, en otros términos, la mayor capacidad predictiva (Tabla 3). La pérdida de significación del índice DOPP al agregar FAC x EXAM se explica por el análogo significado fisiopatológico entre los dos índices Doppler: la información aportada por la variable ecocardiográfica FAC x EXAM torna redundante a uno de ellos. Se debe ser extremadamente cauteloso en extraer conclusiones sobre la validez relativa de DOPP y PR/EY, en

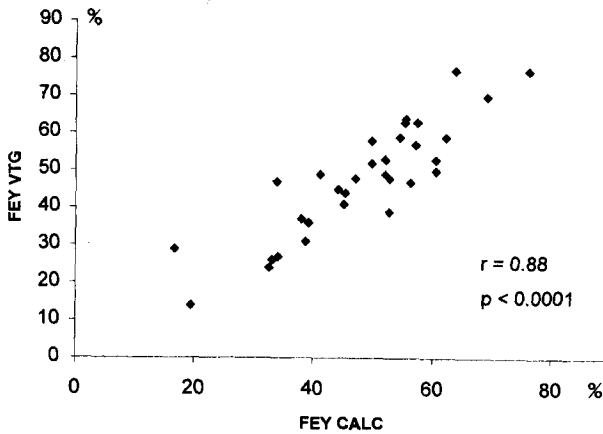


Figura 2. Correlación entre la fracción de eyección radioisotópica (FEY VTG) y la fracción de eyección calculada a partir de los índices Doppler y ecocardiográficos (FEY CALC).

esta etapa del análisis, dado que sus comportamientos están influidos por el tipo y la cantidad de información proporcionada por la última variable agregada, $FAC \times EXAM$. Por otra parte, del análisis multivariado se desprende la importancia de esta variable en la predicción de la fracción de eyección del VI, lo cual no es de extrañar si se considera que aporta información anatómica o estructural, relacionada directamente con la fracción de eyección, mientras que los índices derivados del Doppler cardíaco aportan información acerca de los intervalos sistólicos y diastólicos, relacionados indirectamente con la fracción de eyección a través de su significado hemodinámico. De todos modos, ambos tipos de índice se desempeñan con eficacia y su uso conjunto conlleva un aceptable grado de confiabilidad para la estimación de la fracción de eyección del VI.

La comparación entre el índice DOPP y el cociente PR/EY muestra que difieren fundamentalmente en que el primero incluye el período de relajación isovolumétrica y el segundo no lo hace. Además, el numerador del cociente PR/EY incluye el período isovolumétrico sistólico y el retardo electromecánico entre el comienzo del QRS y el cierre mitral. Sin embargo, en ausencia de trastornos severos de la conducción de la rama izquierda, el retardo electromecánico es relativamente constante, (19) por lo que el cociente PR/EY expresa fundamentalmente la relación entre los períodos isovolumétrico sistólico y eyectivo. En la insuficiencia ventricular, al prolongarse los intervalos isovolumétricos y caer el período eyectivo, ambos índices aumentan. Sin embargo, si se considera que en la insuficiencia ventricular severa el período isovolumétrico diastólico suele hallarse acortado debido a la hipertensión auricular izquierda, que contrarresta el efecto de los trastornos de la relajación, (20, 21) es de esperar que en esos casos el acortamiento enmascare el incremento

esperado del índice DOPP, lo cual hace que su deterioro sea menos evidente. Afortunadamente, esta prevención no se materializó en los trabajos previos, y nosotros tampoco pudimos demostrarla en este estudio, por lo que el desempeño del índice DOPP no parece menoscabado en esas circunstancias. De hecho, es similar al del PR/EY corregido para la frecuencia cardíaca.

La independencia de la frecuencia cardíaca es un rasgo más, que hace al índice DOPP particularmente adecuado para su incorporación en la práctica. Resulta interesante señalar al respecto que, a diferencia del índice DOPP, el cociente PR/EY presentó correlación, escasa pero significativa, con la frecuencia cardíaca. Esto contrasta con la aceptación clásica de su independencia, si bien otros investigadores ya señalaron una correlación entre PR/EY y frecuencia cardíaca. (22) En el presente estudio se adoptó la corrección del denominador (EY) según la ecuación de Weissler y colaboradores (13) y esta corrección incrementó la correlación del cociente con la fracción de eyección. Este procedimiento no fue necesario para el índice DOPP, lo cual simplifica su utilización en la práctica.

En otro respecto, puede notarse que la determinación de la fracción de acortamiento y la excursión del anillo mitral es un método afín a la obtención directa de la fracción de eyección mediante el ecocardiograma bidimensional, pero esta técnica no siempre está disponible en todos los equipos y, aun más importante, la definición del endocardio en toda su extensión a fin de calcular áreas frecuentemente es muy dificultosa y consumidora de tiempo. La obtención de la fracción de acortamiento con eco en modo M es sencilla y habitualmente exacta, siendo la de la excursión anular mitral igualmente accesible y precisa, dada la clara limitación de los ecos provenientes del anillo. Esto proporciona datos de obtención rápida y confiable.

El hecho de que la fracción de acortamiento ecocardiográfica sólo explora la motilidad ventricular a nivel basal, se tomó en cuenta al calcular el producto $FAC \times EXAM$, donde EXAM refleja el acortamiento longitudinal, informando sobre el eventual compromiso de las regiones distales del VI. De esta manera, el producto $FAC \times EXAM$ se constituye en un índice útil de función, que en el análisis multivariado refleja los cambios en la fracción de eyección ventricular con mayor sensibilidad que el Doppler cardíaco.

En este punto es necesario señalar claramente que no todos los aspectos de la función ventricular se resumen en la fracción de eyección, ya que, aunque está ampliamente difundida y es confiable, tiene limitaciones importantes, como la de no abarcar los aspectos diastólicos de la función y la de estar

fuertemente influida por las variaciones de la carga. El índice DOPP abarca aspectos de la función sistólica y diastólica, y esto lo hace particularmente útil en la clínica, donde la disfunción diastólica suele ser frecuente y precoz en su aparición. (23-26) En un análisis reciente, Tei y colaboradores (3) hallaron que, en pacientes con amiloidosis cardíaca, el índice DOPP, junto con la clase funcional, la fracción de eyección ventricular izquierda y el tiempo de desaceleración del flujo mitral, es predictor de muerte de causa cardíaca en el análisis univariado. No obstante, en el análisis multivariado, solamente el índice DOPP y la clase funcional resultaron predictores independientes. Se deduce que existe información fisiopatológica importante involucrada en el índice DOPP, que en este caso supera la proporcionada por la fracción de eyección. Como se señaló antes, la elección de la fracción de eyección en el presente trabajo obedece a un compromiso entre la capacidad de ésta para expresar la función ventricular, circunscripta a algunos aspectos de la función sistólica, y su objetividad y exactitud, dado que se determinó mediante un método confiable y ajeno al ecocardiograma y el Doppler cardíaco. Cabe señalar asimismo que, como fuera comunicado por Weissler y colaboradores, el cociente PR/EY encierra también otra información clínica y pronóstica relacionada con la función ventricular izquierda. (27) Estos aspectos de ambos índices Doppler merecen que se continúen estudiando ampliamente.

Limitaciones del estudio. Existe un aspecto vinculado al tamaño de la muestra, a saber, el hecho de que se haya obtenido la excursión anular mitral en un subgrupo de 32 pacientes. Sin embargo, el producto FAC \times EXAM siempre fue un predictor altamente significativo de la fracción de eyección, lo cual excluye la posibilidad de un error estadístico de tipo beta. Por otra parte, una muestra más numerosa hubiera permitido que se contara con un grupo de control formado por individuos sanos, contra el cual comparar los casos anormales, que a su vez se hubiera podido estratificarlos en grupos de diferentes patologías y diferentes grados de deterioro de la función. No obstante, los estudios de correlación y regresión múltiple resultaron adecuados, en especial dado el amplio rango de fracciones de eyección con que se contó. El hecho de haberse circunscripto a la fracción de eyección radioisotópica como expresión de la función ventricular es otra limitación inherente al diseño del estudio, pero no afecta los resultados obtenidos, que se dirigen a la predicción de aquélla sin abordar otros aspectos de la función ventricular.

CONCLUSIONES

Los índices Doppler de función ventricular considerados, en especial el índice DOPP por su sencillez e independencia de la frecuencia cardíaca, resultan instrumentos adecuados para su aplicación en la clínica. Ambos brindan información similar aunque, hasta cierto punto, independiente, como lo demuestra la primera etapa del análisis multivariado, donde exhiben coeficientes de regresión múltiple significativos. Sin embargo, los datos anatómicos del ecocardiograma, representados por el producto FAC \times EXAM, evidencian una aptitud mayor para aportar información directa acerca de la fracción de eyección del VI, al exhibir un coeficiente de regresión múltiple más significativo que el de los índices Doppler e incrementar sensiblemente el coeficiente de determinación del modelo. A esto debe agregarse la sencillez, la exactitud y la rapidez con las que el producto FAC \times EXAM se puede obtener, resultando un método ecocardiográfico especialmente útil para la determinación de la fracción de eyección ventricular izquierda.

Por último, debe insistirse en que la evaluación de los índices Doppler como estimadores de la función ventricular no queda agotada tras su examen como predictores de la fracción de eyección, dado que ésta no resume todos los aspectos de la función ventricular. La utilidad de estos índices en el estudio de otros aspectos relacionados con la función ventricular, incluidos los relativos a la función diastólica y los pronósticos, merece ser sometida a ulteriores estudios.

SUMMARY

DOPPLER INDEXES OF VENTRICULAR FUNCTION VERSUS SHORTENING FRACTION AND MITRAL RING MOTION

Background

A Doppler index of ventricular function has been recently reported, that involves the isovolumetric and ejection periods and may be derived by subtracting the ejection period from the interval between mitral valve opening and closure. In the present study, it has been compared with the left ventricular pre-ejection/ejection time ratio, the LV shortening fraction and the systolic excursion of the mitral anulus, to determine their ability to predict the radionuclide LV ejection fraction.

Methods

Sixty nine patients (58 ± 10 years, 47 male) with radionuclide ejection fraction ranging from 13% to 83% were included. The above mentioned variables were determined.

Results

Individually, the newly reported Doppler index and the pre-ejection/ejection time ratio held good

correlation with ejection fraction ($r = 0.71$ and 0.70 , both $p < 0.001$), though not so strong as that of the product of LV shortening fraction x systolic mitral anulus excursion ($r = 0.86$, $p < 0.001$). Multivariate analysis demonstrates Doppler index and pre-ejection/ejection time ratio as independent predictors of LV ejection fraction ($p < 0.005$ and 0.001 , respectively), accounting for up to 57% of the variance ($R = 0.75$, $p < 0.0001$). However, the addition of the product of LV shortening fraction x systolic mitral anulus excursion, definitely improves the predictive value, accounting for up to 78% of the variance of ejection fraction ($R = 0.88$, $p < 0.0001$). In this instance, the significance of the contribution of the Doppler indexes to the forecast of ejection fraction diminishes as most of the information is supplied by the echocardiographic product.

Conclusions

Both Doppler indexes, particularly the newly developed one, which is easy to obtain and independent of heart rate, are adequate for clinical use. They provide similar, though independent information. However, the echocardiographic product of LV shortening fraction x systolic mitral anulus excursion shows greater efficacy in forecasting LV ejection fraction. The combined use of both, Doppler and echocardiographic indexes appears also feasible, since they give independent and complementary information regarding LV ejection fraction.

Key words Doppler ultrasound - Echocardiography - Ventricular function

BIBLIOGRAFIA

- Tei C. New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular function. *J Cardiol* 1995; 26: 135-136.
- Tei C, Ling LH, Hodge DO y col. New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function - A study in normal and dilated cardiomyopathy. *J Cardiol* 1995; 26: 357-366.
- Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, Kyle RA, Tajik AJ, Seward JB. Doppler index combining systolic and diastolic myocardial performance: clinical value in cardiac amyloidosis. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28: 658-664.
- Weissler AM, Harris WS, Schoenfeld CD. Systolic time intervals in heart failure in man. *Circulation* 1968; 37: 149-159.
- Weissler AM, Harris WS, Schoenfeld CD. Bedside technics for the evaluation of ventricular function in man. *Am J Cardiol* 1969; 23: 577-583.
- Stack RS, Lee CC, Reddy BP, Taylor MO, Weissler AM. Left ventricular performance in coronary artery disease evaluated with systolic time intervals and echocardiography. *Am J Cardiol* 1976; 37: 331-339.
- Lewis RP, Rittgers SE, Forrester WF, Boudoulas H. A critical review of the systolic time intervals. *Circulation* 1977; 56: 146-158.
- Rumberger JA, Behrenbeck T, Bell MR y col. Determination of ventricular ejection fraction: a comparison of available imaging methods. *Mayo Clin Proc* 1997; 72: 860-870.
- Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A. The Committee on M-Mode Standardization of the American Society of Echocardiography. Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: Results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 1978; 56: 1072-1083.
- Simonson JS, Schiller NB. Descent of the base of the left ventricle: An echocardiographic index of left ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 1989; 2: 25-35.
- Jones CJH, Raposo L, Gibson DG. Functional importance of the long axis dynamics of the human left ventricle. *Br Heart J* 1990; 63: 215-220.
- Pai RG, Bodenheimer MM, Pai SM, Koss JH, Adamick RD. Usefulness of systolic excursion of the mitral anulus as an index of left ventricular systolic function. *Am J Cardiol* 1991; 67: 222-224.
- Weissler AM, Harris LC, White GD. Left ventricular ejection time index in man. *J Appl Physiol* 1963; 18: 919-923.
- Armitage P, Berry G. Statistical inference. *En: Armitage P, Berry G. Statistical Methods in Medical Research* (3ª ed). Oxford, Great Britain, Blackwell Science 1996; pp 93-153.
- Ingelfinger JA, Mosteller F, Thibodeau LA, Ware JH. Biostatistics in Clinical Medicine (3ª ed). New York, USA, McGraw-Hill 1994.
- Garrard CL Jr, Weissler AM, Dodge HT. The relationships of alterations in systolic time intervals to ejection fraction in patients with cardiac disease. *Circulation* 1970; 42: 455-462.
- Ahmed S, Levinson GE, Schwartz CJ, Ettinger O. Systolic time intervals as measures of the contractile state of the left ventricular myocardium in man. *Circulation* 1972; 46: 559-571.
- Quiñones MA, Waggoner AD, Reduto LA y col. A new, simplified and accurate method for determining ejection fraction with two-dimensional echocardiography. *Circulation* 1981; 64: 744-753.
- Lewis RP, Leighton RF, Forrester WF, Weissler AM. Systolic time intervals. *En: Weissler AM (ed). Noninvasive Cardiology*. New York, USA, Grune & Stratton 1974; pp 301-368.
- Thomas JD, Choong CYP, Flachskampf FA, Weyman AE. Analysis of the early transmitral Doppler velocity curve: Effect of primary physiologic changes and compensatory preload adjustment. *J Am Coll Cardiol* 1990; 16: 644-655.
- Keren A, Popp RL. Assignment of patients into the classification of cardiomyopathies. *Circulation* 1992; 86: 1622-1632.
- Cokkinos DV, Heimonas ET, Demopoulos JN, Haralambakis A, Tsartsalis G, Gardikas CD. Influence of heart rate increase on uncorrected pre-ejection period/left ventricular ejection time (PEP/LVET) ratio in normal individuals. *Br Heart J* 1976; 38: 683-688.
- Hirota Y. A clinical study of left ventricular relaxation. *Circulation* 1980; 62: 756-763.
- Rousseau MF, Pouleur H, Detry JMR, Brasseur LA. Relationship between changes in left ventricular inotropic state and relaxation in normal subjects and in patients with coronary artery disease. *Circulation* 1981; 64: 736-743.
- Dougherty AH, Naccarelli GV, Gray EL, Hicks CH, Goldstein RA. Congestive heart failure with normal systolic function. *Am J Cardiol* 1984; 54: 778-782.
- Aroesty JM, McKay RC, Heller GV, Royal HD, Als AV, Grossman W. Simultaneous assessment of left ventricular systolic and diastolic dysfunction during pacing-induced ischemia. *Circulation* 1985; 71: 889-900.
- Gillilan RE, Parnes WP, Khan MA, Bouchard RJ, Warbasse JR. The prognostic value of systolic time intervals in angina pectoris patients. *Circulation* 1979; 60: 268-275.