

Factibilidad y aportes del análisis de la deformación longitudinal 2D global y regional durante el eco estrés con ejercicio

Feasibility and Contribution of Global and Regional 2D Strain during Exercise Stress Echocardiography

CRISTIAN CANIGGIA[†], MIGUEL AMOR^{MTSAC}, DIEGO LOWENSTEIN HABER^{MTSAC}, DIEGO ALASIA, MARCELA GALELLO, VÍCTOR DARÚ^{MTSAC}, JORGE LOWENSTEIN^{MTSAC}

Recibido: 03/06/2013
Aceptado: 30/10/2013

Dirección para separatas:
Dr. Cristian Caniggia
Cardiodiagnóstico, Investigaciones
Médicas
Viamonte 1871 - 2° Piso
(1056) CABA, Argentina
e-mail:
cristiancaniggia@hotmail.com

RESUMEN

Introducción

La factibilidad del análisis de la deformación longitudinal 2D en ejercicio y la contribución de su información para detectar isquemia a frecuencia cardíaca alta no están bien establecidas; si bien se han realizado estudios de eco estrés farmacológico para la evaluación de isquemia y viabilidad, no se conocen trabajos que hayan evaluado el uso de la deformación longitudinal 2D para el diagnóstico de isquemia miocárdica durante el eco estrés con ejercicio.

Objetivos

Se consideró de interés determinar la factibilidad del análisis de la deformación longitudinal 2D y evaluar su comportamiento durante el eco estrés con ejercicio.

Material y métodos

Entre febrero y marzo de 2012 se les realizó un eco estrés en camilla supina, en etapas de 150 kgm, a 93 pacientes consecutivos (59 hombres, 54,9%), edad promedio de $58,8 \pm 11,8$ años. Se determinó la motilidad semicuantitativa visual en condiciones basales, en el pico del ejercicio y en el posesfuerzo inmediato y se analizó la deformación longitudinal 2D de 16 segmentos en reposo y en el posejercicio inmediato mediante un algoritmo de seguimiento de marcadores acústicos (AFI: *automatic functional images* de GE). Simultáneamente se evaluaron los síntomas, el electrocardiograma de 12 derivaciones y la tensión arterial en cada etapa.

Resultados

La frecuencia cardíaca basal fue de 76 ± 18 lat/min, alcanzó 133 ± 25 lat/min en el pico del ejercicio y 117 ± 15 lat/min en el posesfuerzo inmediato. Las pruebas fueron suficientes en 64 (68,8%) de los 93 pacientes evaluados; de los 29 pacientes con pruebas insuficientes, 9 fueron positivas y 20 negativas. Desarrollaron isquemia durante la prueba 21 pacientes (22,5%), diagnosticada como asinergias regionales transitorias (7 casos en territorio anterior, septal y/o apical, en otros 7 afectó las caras inferior, posterior y/o lateral, mientras que 7 pacientes tuvieron trastornos en segmentos de ambos territorios), los cuales eran más añosos ($63,5 \pm 8,7$ vs. $57,4 \pm 12,2$ años; $p = 0,03$), con mayor antecedente de infarto de miocardio (14,3% vs. 7%; $p = 0,01$) y de cirugía de revascularización miocárdica (14,3% vs. 2,77%; $p = 0,04$) respecto de los pacientes que no desarrollaron isquemia. No se encontraron diferencias significativas en los antecedentes de hipertensión arterial, diabetes, dislipidemia y tabaquismo. El valor de la deformación longitudinal 2D apical se incrementó en 79 (85%) de los 93 pacientes evaluados, en los que solo 3 (3,8%) presentaron trastornos contráctiles en la misma región, mientras que de los 14 pacientes en los que la deformación longitudinal 2D apical no aumentó o disminuyó, 11 (78,6%) presentaron isquemia apical visualmente confirmada (sensibilidad 79%, especificidad 96%; $p = 0,0001$). De los 53 pacientes en los que se incrementó el valor de la deformación longitudinal 2D inferior, posterior y/o lateral, 6 (11,3%) presentaron trastornos contráctiles homozonales, mientras que de los 40 pacientes en los que no aumentó la deformación longitudinal 2D, en 8 (20%) se constataron visualmente asinergias transitorias en la misma región (sensibilidad 43%, especificidad 41%). La deformación longitudinal 2D se pudo evaluar en 1.472 de 1.488 segmentos en el reposo (factibilidad 99%), en 1.452 en el posesfuerzo (factibilidad 97,5%) y en 1.147 de 1.488 (77%) en el pico del esfuerzo (esta etapa no se consideró para el análisis).

VÉASE CONTENIDO RELACIONADO: Rev Argent Cardiol 2014;82:89-90. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v82.i2.3881>

Servicio de Ecocardiografía de Investigaciones Médicas. Buenos Aires, Argentina

^{MTSAC} Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

[†] Para optar a Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

Conclusiones

El análisis de la deformación longitudinal 2D resultó factible en el posesfuerzo inmediato. La falta de aumento o la disminución en la deformación longitudinal 2D de los segmentos apicales fueron concordantes con presencia de isquemia detectada visualmente. Las frecuencias cardíacas altas fueron responsables de la obtención de resultados poco específicos en los segmentos inferoposterolaterales basales y mediales, por lo que el *strain* 2D longitudinal solo sería de ayuda para analizar territorio irrigado por la arteria descendente anterior.

REV ARGENT CARDIOL 2014;82:110-117. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v82.i2.2701>

Palabras clave > Ecocardiograma de estrés - Enfermedad coronaria - Isquemia miocárdica - Evaluación de riesgos

Abreviaturas >	2D Bidimensional	lat/min Latidos por minuto
	FC Frecuencia cardíaca	RC Reserva coronaria
	kgm Kilogrametros	

INTRODUCCIÓN

Desde los comienzos del eco estrés se han desarrollado nuevas tecnologías cuantitativas que han permitido avances importantes para disminuir la subjetividad del método, aumentando su precisión diagnóstica y aceptación por la comunidad cardiológica. La evaluación de la reserva coronaria (RC) (principalmente a nivel de la arteria descendente anterior mediodistal) y, más recientemente, el aporte de los parámetros de deformación brindan valor diagnóstico y pronóstico en la cardiopatía isquémica. (1)

La mayoría de los laboratorios de eco estrés todavía analizan sus estudios con la evaluación visual convencional de los cambios en la amplitud y sincronización de la excursión endocárdica y engrosamiento miocárdico, lo cual requiere dedicada formación y entrenamiento continuo, con el inconveniente que presenta la interpretación subjetiva. (2) El *strain* 2D (deformación bidimensional), basado en el método del *speckle tracking* (desplazamiento del moteado), es una técnica que determina la función regional mediante el examen semiautomático de la deformación de las paredes de las cámaras cardíacas. El algoritmo de los equipos permite la identificación en la imagen ecográfica de marcadores acústicos naturales (*speckles*), originados por la interacción del ultrasonido sobre las fibras miocárdicas, que son agrupados y evaluados en su desplazamiento temporoespacial.

El programa analiza y promedia los datos sobre la magnitud y la dirección del movimiento de los *speckles*, calculando múltiples parámetros (*strain*, *strain rate*, torsión) en forma independiente del ángulo de incidencia del ultrasonido, dado que no utiliza el efecto Doppler. Aplicado a distintas vistas, permite cuantificar la deformación longitudinal, radial y circunferencial de cada segmento miocárdico.

Es útil recordar que la evaluación visual de la motilidad de la pared aprecia preferentemente la deformación miocárdica radial, mientras que la contractilidad consiste fundamentalmente en la deformación de las fibras longitudinales con disposición helicoidal. (1) Además, las fibras subendocárdicas (longitudinales)

son las primeras en ser afectadas por la isquemia miocárdica. El ojo humano solo puede apreciar una demora en la contracción mayor de 80 milisegundos, mientras que la isquemia suele producir retardos en la contracción miocárdica más breves, que solo pueden detectarse mediante la evaluación de la deformación bidimensional. (3)

Los aportes de la deformación longitudinal 2D en eco estrés con dipiridamol para el diagnóstico de isquemia se han documentado en un reciente trabajo de nuestro grupo, (1) mientras que otros autores han referido el valor de la deformación longitudinal 2D con adenosina para la demostración de viabilidad. (4) Hay que destacar que durante dichos apremios no se registran incrementos significativos de la frecuencia cardíaca (FC).

La factibilidad y la contribución de la información de la deformación longitudinal 2D para detectar isquemia a FC alta no están bien establecidas; existen estudios con dobutamina para la evaluación de isquemia y viabilidad (trabajos con un número limitado de pacientes o experimentales), (5-9) pero no conocemos trabajos que hayan evaluado el uso de la deformación longitudinal 2D para el diagnóstico de isquemia miocárdica durante el eco estrés con ejercicio. Por estos motivos, el objetivo de nuestro trabajo fue evaluar la factibilidad y el comportamiento de la deformación longitudinal 2D en los pacientes que se someten a un estudio de eco estrés de esfuerzo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Pacientes

La población inicial comprendió 109 pacientes enrolados de manera prospectiva en nuestra institución (Investigaciones Médicas, Buenos Aires) entre el 29 de febrero y el 30 de marzo de 2012. Los criterios de inclusión fueron la indicación de un eco estrés con ejercicio y la firma del consentimiento informado luego de tomar conocimiento de la metodología de la prueba, con el detalle de los riesgos habituales. De los pacientes seleccionados inicialmente, se excluyeron aquellos con ventana ultrasónica subóptima, síndrome coronario agudo de < 5 días de evolución, inestabilidad hemodinámica e insuficiencia cardíaca (clase funcional III-IV). Finalmente,

ingresaron en el estudio 93 pacientes, de los cuales 59 eran hombres (54,87%), con una edad promedio de 58,8 ± 11,8 años. La indicación del eco estrés fue la sospecha de enfermedad arterial coronaria y/o estratificación de su riesgo (dolor precordial, antecedentes de infarto agudo de miocardio, revascularización miocárdica y/o evidencia angiográfica de estenosis coronarias significativas).

Eco estrés

A todos los pacientes se les realizó un eco estrés con ejercicio en camilla supina con Doppler transtorácico, en etapas de 3 minutos, con incremento de 150 kgm por etapa. Todos los estudios de eco estrés se efectuaron con un equipo Vivid E9 (GE Health Care, Milwaukee, USA), equipado con transductores multifrecuenciales M5S y 4D. Se adquirieron imágenes en cinco vistas: eje largo apical, 4 y 2 cámaras apicales, eje corto paraesternal y la quinta vista correspondió al Doppler pulsado del tracto de salida del ventrículo izquierdo, como referencia del momento de apertura y cierre aórtico. Las capturas fueron de un ciclo cardíaco completo, adquiridas entre 50 y 90 cuadros por segundo. En todos los pacientes se realizó monitorización con ECG de 12 derivaciones en forma simultánea y medición de la presión arterial en cada etapa. Las imágenes bidimensionales se obtuvieron digitalmente en reposo, pico del esfuerzo y posesfuerzo inmediato (1 a 30 segundos posteriores al cese del ejercicio). El programa se ajustó para una adquisición continua en la última etapa, con la finalidad de seleccionar las imágenes de mejor calidad. Cada una de las etapas se interpretó utilizando un modelo de 16 segmentos del ventrículo izquierdo y una escala de 4 puntos. (10-12) El puntaje de motilidad parietal se realizó en forma

visual. Se definió isquemia a una anomalía transitoria en la motilidad parietal o empeoramiento de alteraciones preexistentes. Los resultados de todos los estudios fueron revisados por el operador de mayor experiencia (J.L.).

Deformación longitudinal 2D

La deformación longitudinal 2D se analizó al finalizar el estudio a partir de las vistas apicales capturadas para el análisis de la contractilidad. Se comenzó con el eje largo apical señalando tres puntos (dos basales y uno apical), con lo cual el sistema delimitó en forma semiautomática el desplazamiento de las líneas internas que siguen al subendocardio y las externas al epicardio. El proceso de desplazamiento (*tracking*) fue aceptado o rechazado y en ocasiones corregido manualmente. Se indicó el momento del cierre de la válvula aórtica. Se repitió el mismo procedimiento con las vistas de 4 y 2 cámaras (siempre en la misma secuencia). Para finalizar el proceso, el paquete de análisis de datos permitió la representación global de la deformación bidimensional longitudinal pico sistólica, en un gráfico en “ojo de buey”. Los valores expresados en los ejemplos de la Figura 1 corresponden al promedio de la deformación sistólica en cada una de las vistas apicales y, por último, a un promedio de la deformación en estas tres vistas.

Análisis estadístico

Las variables cuantitativas se presentaron como media y desviación estándar o mediana y rango intercuartil según la distribución fuera paramétrica o no. En la comparación de dos grupos se empleó la prueba de la *t* o la de Wilcoxon según la distribución fuera paramétrica o no, respectivamente. Las variables cualitativas se expresaron como porcentajes y la

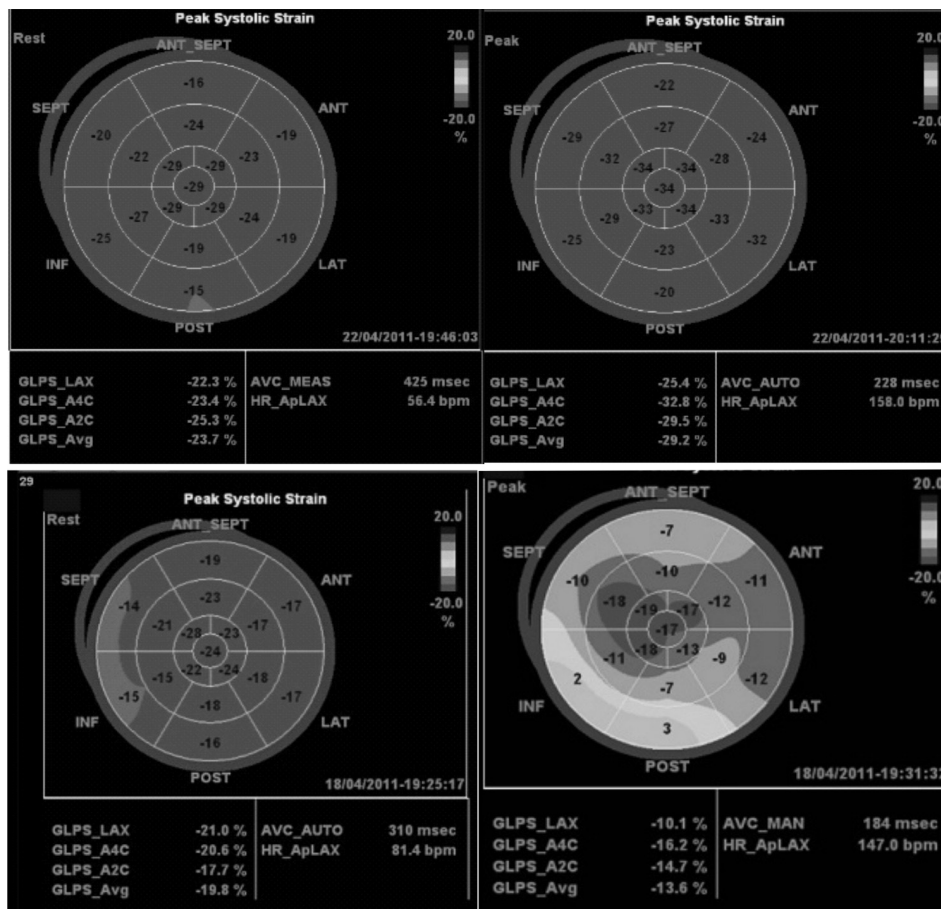


Fig. 1. Registros de deformación longitudinal 2D en eco estrés con ejercicio. Imágenes en “ojo de buey”. *Arriba:* Ejemplo de un estudio normal (a la izquierda reposo y a la derecha, posesfuerzo). *Abajo:* Ejemplo de un estudio anormal (a la izquierda reposo y a la derecha, posesfuerzo). GLPS_LAX, GLPS_A4C, GLPS_A2C y GLPS_Avg: Deformación longitudinal bidimensional pico sistólica eje largo apical, 4, 2 cámaras y global (promedio de 3 vistas), respectivamente. HR_ApLAX: Frecuencia cardíaca en el momento de la toma de la imagen bidimensional.

significación estadística se determinó con la prueba de chi cuadrado o la prueba exacta de Fisher. Se consideró significación estadística un valor de $p < 0,05$ a dos colas. Los análisis se efectuaron con el *software* de estadística Stata (Versión 10.0, StataCorp, Texas, USA).

RESULTADOS

Eco estrés

Durante la realización de los estudios no se registraron complicaciones mayores.

Características basales de la población

La FC basal fue de 76 ± 18 , lat/min, alcanzó 133 ± 25 lat/min en el pico del ejercicio y 117 ± 15 lat/min en el posesfuerzo inmediato. Las pruebas fueron suficientes en 64 (68,8%) de los 93 pacientes evaluados; de los 29 pacientes con pruebas insuficientes, 9 tuvieron pruebas positivas y 20 negativas. Los 21 pacientes que desarrollaron isquemia (22,5%) (que en 7 casos comprometió los territorios anterior, septal y/o apical, en otros 7

afectó las caras inferior, posterior y/o lateral y en los 7 restantes afectó segmentos de ambos territorios), diagnosticada por trastornos contráctiles transitorios durante el eco estrés con ejercicio, eran más añosos ($63,5 \pm 8,7$ vs. $57,4 \pm 12,2$; $p = 0,03$), con mayor antecedente de infarto de miocardio (14,3% vs. 7%; $p = 0,01$) y cirugía de revascularización miocárdica (14,3% vs. 2,77%; $p = 0,04$) respecto de los que presentaron contractilidad normal. No hubo diferencias significativas en los antecedentes de hipertensión arterial, diabetes, dislipidemia y tabaquismo (Tabla 1).

Deformación longitudinal bidimensional

Deformación longitudinal 2D apical. El valor del *strain* 2D de los segmentos apicales aumentó en 79 (85%) de los 93 pacientes evaluados, de los cuales solo 3 (3,8%) desarrollaron nuevos trastornos de la motilidad en la misma región, mientras que de los 14 pacientes en los que no aumentó o disminuyó el *strain* 2D apical, 11 (78,6%) presentaron nuevas asinergias regionales (sensibilidad 79%, especificidad 96%; $p = 0,0001$) (Figura 2).

Deformación longitudinal 2D inferior, posterior y lateral. De los 53 pacientes en los que se incrementó el valor de *strain* 2D inferior, posterior y/o lateral, 6 (11,3%) presentaron trastornos contráctiles homozonales, mientras que de los 40 pacientes en los que no aumentó el *strain* 2D, en 8 (20%) se constataron visualmente disinergias transitorias en la misma región (sensibilidad 43%, especificidad 41%) (Figura 3).

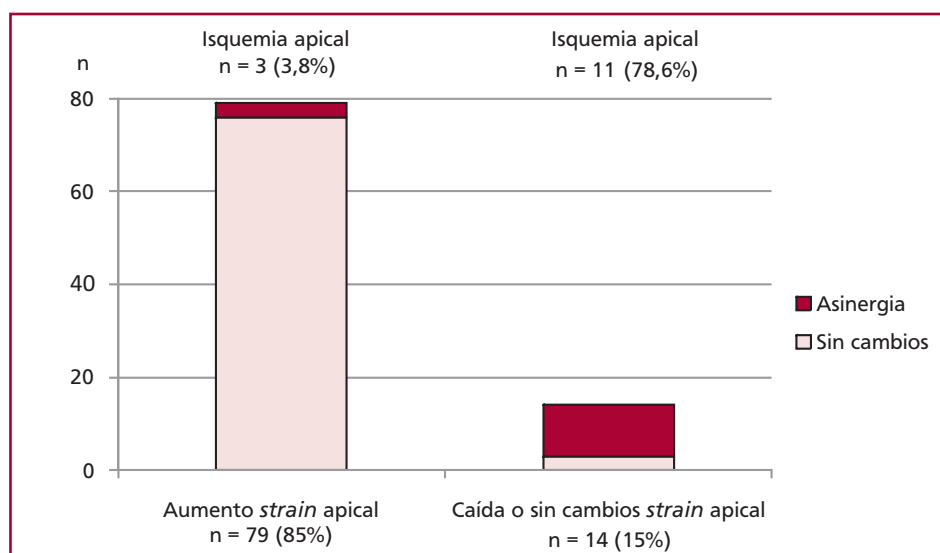
Factibilidad del análisis de la deformación longitudinal 2D en ejercicio. El programa pudo visualizar 1.472 de 1.488 segmentos en el reposo (factibilidad 99%) y 1.452 en el posesfuerzo (factibilidad 97,5%). En el pico del intraesfuerzo se pudo medir el *strain* 2D en 1.147 de 1.488 segmentos (factibilidad 77%), por lo que esta etapa no se consideró para el análisis de resultados (Figura 4).

Tabla 1. Características basales de la población

	Con trastornos de la motilidad	Sin trastornos de la motilidad	p
Edad, años	$63,5 \pm 8,7$	$57,4 \pm 12,2$	0,03
Hipertensión arterial, %	71,4	63,4	ns
Diabetes, %	14	9,8	ns
Dislipidemia, %	47,6	49,3	ns
Tabaquismo, %	42,8	35,3	ns
IAM previo, %	14,3	7	0,01
CRM previa, %	14,3	2,7	0,04

CRM: Cirugía de revascularización miocárdica. IAM: Infarto agudo de miocardio

Fig. 2. Deformación longitudinal 2D apical. El valor de la deformación longitudinal 2D apical se incrementó en 79 de los 93 pacientes evaluados (85%); en 3 de este grupo se detectaron visualmente trastornos de la motilidad en la misma región (3,8%); mientras que de los 14 pacientes en los que no aumentó o disminuyó la deformación longitudinal 2D apical, 11 (78,6%) presentaron isquemia apical confirmada visualmente (sensibilidad 79%, especificidad 96%; $p = 0,0001$). n: Número de pacientes.



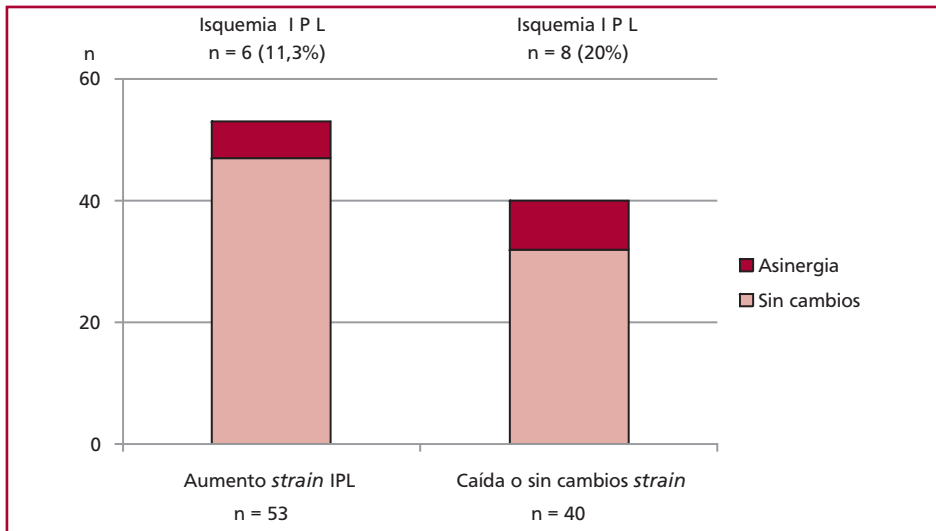


Fig. 3. Deformación longitudinal 2D inferoposterolateral (I-P-L). De los 53 pacientes en los que se incrementó el valor de la deformación longitudinal 2D inferior, posterior y/o lateral, 6 (11,3%) presentaron trastornos de la motilidad homozonales, mientras que de los 40 pacientes en los que no aumentó la deformación bidimensional 2D, en 8 (20%) se constataron visualmente disinerias transitorias en la misma región (sensibilidad 43%, especificidad 41%). n: Número de pacientes.

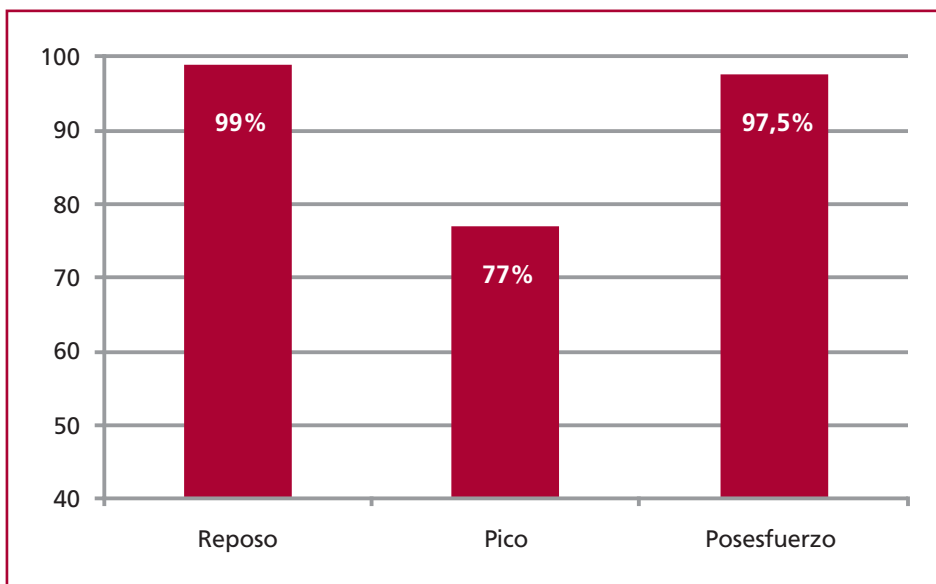


Fig. 4. Factibilidad de la deformación longitudinal 2D en ejercicio (expresada en porcentajes). El software pudo visualizar 1.472 de 1.488 segmentos en el reposo (factibilidad 99%) y 1.452 en el posesfuerzo (factibilidad 97,5%). No se consideró el pico del esfuerzo para el análisis de la deformación por la menor factibilidad de análisis segmentario: 1.147 de 1.488 (77%).

DISCUSIÓN

La función miocárdica ha sido tradicionalmente determinada por ecocardiografía mediante la estimación visual de la excursión endocárdica y el engrosamiento parietal. El análisis regional no es sencillo y la motilidad se estima visualmente en las imágenes 2D. Esta aproximación cualitativa tiene limitaciones, como la variabilidad intraobservador e interobservador y las dificultades para identificar anomalías sutiles, lo cual requiere gran experiencia. Además, es útil recordar que la evaluación visual de la motilidad parietal aprecia preferentemente la excursión miocárdica radial, mientras que la contractilidad consiste fundamentalmente en la deformación de las fibras longitudinales con disposición helicoidal. La deformación (*strain*) es el cambio de la longitud corregido para la longitud original o el porcentaje de cambio desde la dimensión inicial. La deformación longitudinal 2D no Doppler

es una técnica que analiza el desplazamiento de marcadores acústicos naturales (*speckles*) distribuidos de manera uniforme en el miocardio que, seguidos cuadro por cuadro, permiten evaluar la magnitud y el sentido del movimiento parietal local. Esto permite calcular la velocidad del movimiento tisular, la deformación (*strain*) y la velocidad de la deformación (*strain rate*) a partir de la imagen bidimensional. Las mayores ventajas atribuidas al método de deformación longitudinal 2D son la realización simple e interpretación rápida, la utilización de imágenes adquiridas en un ciclo cardíaco en 3 vistas y que, por no basarse en el efecto Doppler, es independiente del ángulo de exploración; puede aplicarse a todos los segmentos miocárdicos y sus resultados están validados por la sonomicrometría y el *tagging* de la resonancia magnética. (1)

Se han documentado los aportes de la deformación longitudinal 2D en el eco estrés con vasodilatadores, con los que no se registran incrementos significativos

de la FC. Nuestro grupo fue pionero al realizar un trabajo en el que se comparó el análisis simultáneo de la deformación longitudinal 2D, la reserva coronaria y la motilidad parietal durante el eco estrés con dipiridamol *versus* la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) de la medicina nuclear, que demostró que la deformación longitudinal 2D resultó ser un método cuantitativo, factible, con una efectividad similar a la RC y superior al análisis visual de la motilidad para detectar isquemia en el territorio de la arteria descendente anterior. (1) Además, existen comunicaciones de la utilidad la deformación longitudinal 2D en estudios con adenosina para el diagnóstico de viabilidad. (4)

Por otra parte, el valor de la deformación longitudinal 2D para detectar isquemia a FC alta no está bien establecido; se han publicado estudios con dobutamina para la evaluación de isquemia y viabilidad (con un número limitado de pacientes o experimentales), (5-9) pero no conocemos trabajos que hayan evaluado el uso de la deformación longitudinal 2D para el diagnóstico de isquemia miocárdica durante el eco estrés con ejercicio.

En el presente trabajo se ha logrado una alta factibilidad para el análisis de la deformación longitudinal 2D en reposo (99%) y en el posesfuerzo inmediato (97,5%); la falta de aumento o de disminución en la deformación longitudinal 2D de los segmentos apicales fue concordante con la presencia de isquemia detectada visualmente en el 78,6% de los estudios, mientras que en el 96,2% de los casos en los que no se detectó isquemia por criterios de motilidad parietal la deformación apical se incrementó.

Pensamos que las FC altas fueron las responsables de la obtención de resultados poco específicos en los segmentos más alejados inferoposterolaterales, basales y mediales. Los mecanismos que explicarían este comportamiento son variados. Sabemos que la resolución lateral se reduce a medida que aumenta la profundidad del campo. Si la resolución lateral es baja, la consecuencia es una imagen "borrosa" que no permite seguir tan fácilmente los *speckles* lateralmente. Si a esto se agregan los movimientos de traslación del corazón durante el ejercicio, la dificultad en el seguimiento de los segmentos basales y mediales se incrementa; (13) además, con FC elevada, los cambios de cuadro a cuadro son bruscos y comienza a perderse la independencia del ángulo, con una densidad de líneas (información) más baja, suficiente para el seguimiento en el campo cercano pero que no alcanza para el campo más alejado. Es de esperar que estas limitaciones puedan superarse en un futuro cercano, cuando se disponga de microprocesadores capaces de analizar más volumen de datos, transductores con mayor número de cristales que nos brinden mayor densidad de información y podamos lograr excelente calidad de imágenes, ya que a medida que aumenta la FC es más crítica para el análisis de la deformación.

Es de destacar que el uso de estas nuevas técnicas no pretende reemplazar al análisis visual de la motilidad parietal regional, sino sumar información trascendente, equivalente a la de la RC. (14-17) Los dos parámetros, motilidad parietal y deformación longitudinal 2D, no deben verse como técnicas alternativas, sino más bien complementarias e idealmente aditivas durante la ecocardiografía de estrés. En el laboratorio de eco estrés, donde los tiempos son limitados, resulta práctico disponer de un método relativamente simple, objetivo y de rápida ejecución.

Ya Eugenio Picano, en un editorial publicado en la *Revista Argentina de Cardiología* en 2010 (18) sobre el trabajo de nuestro grupo mencionado anteriormente, (1) distinguía los tres períodos más importantes del eco estrés: el inicial a principios de los ochenta con el eco 2D, el segundo a fines de los noventa, durante el cual se combinó el eco 2D con la evaluación de la RC por ecocardiografía transtorácica en estudios con apremio farmacológico y el actual, correspondiente a la "tercera generación" del eco estrés, con el advenimiento de la evaluación cuantitativa de la motilidad parietal a través sistemas de tecnología avanzada que traducen los datos obtenidos en un número y los vierten en un diagrama en ojo de buey.

Limitaciones

El trabajo tiene la limitación de corresponder a un solo centro, con un escaso número de pacientes incorporados. La lectura de la motilidad parietal fue cualitativa y subjetiva realizada por ecocardiografistas expertos en la técnica; y aunque la lectura no se realizó por medio de un comité central, los resultados de los estudios fueron revisados y consensuados con el operador de mayor experiencia. La imposibilidad de una correlación anatómico-funcional, que no fue un objetivo del presente trabajo, deberá ser evaluada en próximos estudios.

Técnicamente debemos decir que la deformación longitudinal 2D es dependiente de la calidad de la imagen, que ante FC elevadas puede generar artefactos, especialmente en sectores basales y que por ahora no puede considerarse aisladamente como marcador inequívoco de isquemia debido a la escasa experiencia comunicada.

CONCLUSIONES

El análisis de la deformación longitudinal 2D resultó factible en el posesfuerzo inmediato. La falta de aumento o de disminución en la deformación longitudinal 2D de los segmentos apicales fue concordante con presencia de isquemia detectada visualmente. Las FC altas fueron responsables de la obtención de resultados poco específicos en los segmentos inferoposterolaterales, mediales y basales, por lo que la deformación longitudinal 2D solo sería de ayuda para analizar territorio irrigado por la arteria descendente anterior.

ABSTRACT**Feasibility and Contribution of Global and Regional 2D Strain during Exercise Stress Echocardiography****Introduction**

The feasibility of longitudinal 2D strain analysis during exercise and the contribution of the information provided to detect ischemia at elevated heart rate are not well established. Although pharmacologic stress echocardiography has been used to evaluate ischemia and viability in several studies, the use of longitudinal 2D strain for the diagnosis of myocardial ischemia during exercise stress echocardiography has not been analyzed.

Objectives

The goal of this study was to determine the feasibility of analyzing longitudinal 2D strain and to evaluate its performance during exercise stress echocardiography.

Methods

Between February and March 2012, 93 consecutive patients (59 men, 54.9%), with mean age 58.8 ± 11.8 years, underwent supine exercise stress echocardiography, in 150 kgm stages. Wall motion was visually evaluated using a semi-quantitative analysis at baseline, peak exercise and immediately after exercise. Longitudinal 2D deformation was analyzed in 16 segments at rest and immediately after exercise using a tracking algorithm of acoustic markers (AFI: automatic functional images, GE). Symptoms, 12-lead electrocardiogram and blood pressure were simultaneously evaluated in each stage.

Results

Baseline heart rate was 76 ± 18 bpm, increased to 133 ± 25 bpm during peak exercise and was 117 ± 15 bpm immediately after exercise. The target heart rate was achieved in 64 (68.8%) of the 93 patients evaluated; in the 29 patients who did not achieve target heart rate, 9 tests were positive and 20 were negative for coronary artery disease. Twenty-one patients (22.5%) developed ischemia diagnosed as transient regional asynergies during exercise stress echocardiography: 7 patients in the anterior, septal and/or apical territories, 7 in the inferior, posterior and/or lateral territories and 7 in segments corresponding to both territories. These patients were older (63.5 ± 8.7 vs. 57.4 ± 12.2 years; $p = 0.03$) and the prevalence of previous myocardial infarction (14.3% vs. 7%; $p = 0.01$) and myocardial revascularization surgery (14.3% vs. 2.77%; $p = 0.04$) was higher compared to those without ischemia. There were no significant differences in the history of hypertension, diabetes, dyslipidemia or smoking habits. The value of longitudinal 2D strain in the apical segments increased in 79 (85%) of the 93 patients evaluated: only 3 of these patients (3.8%) developed new wall motion abnormalities in the same region. In the 14 patients in whom longitudinal 2D strain did not increase or decreased, 11 (78.6%) presented apical ischemia in the visual analysis (sensitivity 79%, specificity 96%; $p = 0.0001$). Among the 53 patients presenting increased longitudinal 2D strain in the inferior, posterior and/or lateral segments, 6 (11.3%) presented wall motion abnormalities in the same sites, whereas in the 40 patients in whom longitudinal 2D strain did not increase, 8 (20%) presented transient dyssynergias which were visually detected in the same region (sensitivity 43%, specificity 41%). Longitudinal 2D strain could be evaluated in 1472 of 1488 segments at rest (feasibility 99%), in 1452 after exercise (feasibility 97.5%) and in 1147 of 1488 (77%) during peak exercise (this stage was not considered for the analysis).

Conclusions

The analysis of longitudinal 2D strain is feasible immediately after exercise. The lack of increase or decrease in longitudinal 2D strain in the apical segments was consistent with the presence of visually detected ischemia. Elevated heart rates were responsible of the lack of specificity in the inferior, posterior and lateral basal and mid segments. Thus, longitudinal 2D strain would only help to analyze the territory irrigated by the left anterior descending coronary artery.

Key words > Stress Echocardiography, Stress - Coronary Disease - Myocardial Ischemia - Risk Assessment

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no poseen conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Lowenstein J, Darú V, Amor M, Carlessi A, Descalzo M, Zambrana G y cols. Análisis simultáneo del strain 2D, de la reserva coronaria y de la contractilidad parietal durante el eco estrés con dipiridamol. Resultados comparativos. *Rev Argent Cardiol* 2010;78:499-506.
- Moonen M, Lancellotti P, Zacharakis D, Pierard L. The value of 2D strain imaging during stress testing. *Echocardiography* 2009;26:307-14. <http://doi.org/cb5wd6>
- Cianciulli T, Prezioso H, Lax J. Nuevas técnicas en ecocardiografía. 1.ª ed. 2012. Cap 8: Enfermedad coronaria. p. 161.
- Ran H, Zhang PY, Fang LL, Ma XW, Wu WF, Feng WF. Clinic value of two-dimensional speckle tracking combined with adenosine stress echocardiography for assessment of myocardial viability. *Echocardiography* 2012;29:688-94. <http://doi.org/qxr>
- Reant P, Labrousse L, Lafitte S, Bordachar P, Pillois X, Tariosse L, et al. Experimental validation of circumferential, longitudinal, and radial 2-dimensional strain during dobutamine stress echocardiography in ischemic conditions. *J Am Coll Cardiol* 2008;51:149-57. <http://doi.org/frgd5x>
- Hanekom L, Cho GY, Leano R, Jeffriess L, Marwick TH. Comparison of two-dimensional speckle and tissue Doppler strain measurement during dobutamine stress echocardiography: an angiographic correlation. *Eur Heart J* 2007;28:1765-72. <http://doi.org/ds4q7g>
- Yu Y, Villarraga HR, Saleh HK, Cha SS, Pellikka PA. Can ischemia and dyssynchrony be detected during early stages of dobutamine stress echocardiography by 2-dimensional speckle tracking echocardiography? *Int J Cardiovasc Imaging* 2013;29:95-102. <http://doi.org/qxs>
- Ng AC, Sitges M, Pham PN, Tran da T, Delgado V, Bertini M, et al. Incremental value of 2-dimensional speckle tracking strain imaging to wall motion analysis for detection of coronary artery disease in patients undergoing dobutamine stress echocardiography. *Am Heart J* 2009;158:836-44. <http://doi.org/b6h2wn>
- Bansal M, Jeffriess L, Leano R, Mundy J, Marwick TH. Assessment of myocardial viability at dobutamine echocardiography by deformation analysis using tissue velocity and speckle-tracking. *JACC Cardiovasc Imaging* 2010;3:121-31. <http://doi.org/ftd65d>
- Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Poldermans D, et al; European Association of Echocardiography. Stress echocardiography expert consensus statement: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). *Eur J Echocardiogr* 2008;9:415-37. <http://doi.org/dvxvq8>
- Armstrong WF, Pellikka PA, Ryan T, Crouse L, Zoghbi WA. Stress echocardiography: recommendations for performance and interpretation of stress echocardiography. Stress Echocardiography Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1998;11:97-104. <http://doi.org/d7njcn>
- Pellikka PA, Nagueh SF, Elhendy AA, Kuehl CA, Sawada SG; American Society of Echocardiography. American Society of Echocardiography recommendations for performance, interpretation,

and application of stress echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2007;20:1021-41. <http://doi.org/bn7jkg>

13. Stoylen A. Measurements of strain and strain rate by ultrasound. Norwegian University of Science and Technology.

14. Lowenstein J, Tiano C, Marquez G, Presti C, Quiroz C. Simultaneous analysis of wall motion and coronary flow reserve of the left anterior descending coronary artery by transthoracic Doppler echocardiography during dipyridamole stress echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2003;16:607-13. <http://doi.org/d2g25c>

15. Caniggia C, Lowenstein Haber D, García A, Amor M, Casso N, Porley C y cols. El grado de reducción de la reserva coronaria es la llave pronóstica del eco estrés farmacológico (resumen). *Rev Argent Cardiol* 2011;79 (Suplemento 3):100.

16. Rigo F, Cortigiani L, Pasanisi E, Richieri M, Cutaia V, Celestre M, et al. The additional prognostic value of coronary flow reserve on left anterior descending artery in patients with negative stress echo by wall motion criteria. A Transthoracic Vasodilator Stress Echocardiography Study. *Am Heart J* 2006;151:124-30. <http://doi.org/b2rx3k>

17. Cortigiani L, Rigo F, Sicari R, Gherardi S, Bovenzi F, Picano E. Prognostic correlates of combined coronary flow reserve assessment on left anterior descending and right coronary artery in patients with negative stress echocardiography by wall motion criteria. *Heart* 2009;95:1423-8. <http://doi.org/fkwf59>

18. Picano E. ¿Es el comienzo del eco estrés de tercera generación? (editorial). *Rev Argent Cardiol* 2010;78:474-5.

Lázaro Spallanzini (Módena, 1729-1799), sacerdote, fue el primero en comprobar visualmente la circulación sanguínea en 1771. Él mismo lo refiere: *“La habitación no tenía suficiente luz. Entonces decidí examinar el huevo a la luz directa del sol. Una vez dispuesto el huevo en la maquineta de Lyonnet, le dirigí la lente y pude ver correr la sangre por el circuito completo de los vasos umbilicales, arteriales y venosos. Preso entonces de inesperada alegría exclamé ieureka! ieureka!”*.