



## CARDIOLOGÍA DEL ADULTO - REVISIÓN DE TEMAS

### *Strain y strain rate para dummies* *Strain and strain rate for dummies*

Pastor Olaya, MD.<sup>(1)</sup>; Jairo Sánchez, MD.<sup>(2)</sup>; Luis Fernando Osio, MD.<sup>(2)</sup>

Cali, Colombia.

Desarrollos recientes en el campo de la ecocardiografía han permitido a los cardiólogos cuantificar de manera objetiva la función miocárdica regional y global con base en los conceptos de deformación (strain) y velocidad de deformación (strain rate) que pueden calcularse de manera no invasiva tanto en el ventrículo izquierdo como en el derecho, y suministrar valiosa información en múltiples escenarios clínicos. Dado que esta técnica novedosa y promisoriosa se utiliza cada vez más en la clínica y en estudios de investigación, se hace necesario el conocimiento adecuado de sus principios, así como de sus aspectos técnicos, alcances y limitaciones para una mejor implementación. En este artículo se busca dar explicación a los conceptos fundamentales y las potenciales aplicaciones clínicas de la strain y la strain rate derivados por *speckle tracking* (strain 2D).

**PALABRAS CLAVE:** strain, strain rate, speckle tracking.

Recent developments in the field of echocardiography have allowed cardiologists to objectively quantify regional and global myocardial function based on the deformation (strain) and strain rate which can be calculated non-invasively in both the left or right ventricle, and provide valuable information in multiple clinical settings. Since this new technique is promising and is being increasingly used in clinical and research studies, the adequate knowledge of its principles and its technical aspects, scope and limitations are necessary for its better implementation. This article seeks to explain fundamental concepts and potential clinical applications of strain and strain rate derived by speckle tracking (2D strain).

**KEY WORDS:** strain, strain rate, speckle tracking.

(Rev Colomb Cardiol 2011; 18: 340-344)

Con fórmulas de la física moderna es posible cuantificar los cambios en el tamaño de un objeto que bajo ciertas influencias cambia su tamaño y su forma, o ambas; la medición del grado o porcentaje de cambio de tamaño de un objeto, lo mismo que la velocidad a la cual ocurre este cambio, corregidos por el tamaño original del objeto, es lo que se conoce como *strain* y *strain rate*, respectivamente (1). La fibra miocárdica es

uno de esos objetos que repetidamente cambia su tamaño y su forma; durante una contracción cardiaca normal la fibra miocárdica cambia su tamaño simultáneamente en varias direcciones: longitudinal (base-ápex), circunferencial y radial; además de ello, las fibras también se "tuercen" y rotan. Cada uno de estos desplazamientos o deformaciones puede estudiarse por separado (recientemente se está usando el término deformación para describir estos fenómenos), de manera que se puede medir la *strain* y la *strain rate* de los ventrículos y aún de las aurículas, en cada una de las direcciones en que se deforman; es más, una vez conocidos los patrones normales de una población podrán encontrarse los patrones anormales o patológicos y correlacionarlos con la clínica para usarlos en diagnóstico, pronóstico, entre otros (2) (Figura 1).

(1) Unidad Cardiovascular, Fundación Valle del Lili. Cali, Colombia.

(2) Universidad CES - Unidad Cardiovascular, Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia.

Correspondencia: Dr. Luis Fernando Osio Jiménez. Cra 98 N° 18 - 49. Cali, Colombia. Correo electrónico: paposio@hotmail.com

Recibido: 28/01/2011. Aceptado: 22/08/2011.

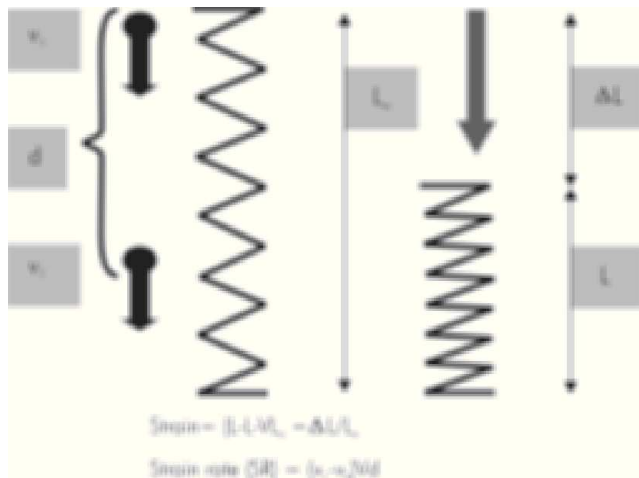


Figura 1. Se explican gráficamente los conceptos de *strain* y *strain rate*.

El porcentaje de cambio de tamaño de la fibra corregido por el tamaño original puede representarse en la fórmula:  $strain = (L1-L0)/L0$ , donde  $L1$  es igual al tamaño de la fibra durante su máximo estiramiento y  $L0$  es el tamaño de la fibra en reposo. El valor de *strain* se expresa en porcentaje de cambio de tamaño y puede ser positivo o negativo dependiendo de si el desplazamiento se acerca o se aleja de un punto de referencia (1, 3).

Por otro lado, si se conoce la longitud basal de una fibra ( $L0$ ) y las velocidades inicial y final ( $V0, V1$ ) a las cuales se deforma esta fibra, se puede calcular el cambio en velocidad entre los dos puntos y corregirlo por la longitud de la fibra:  $V0-V1/L0$ ; esta es la fórmula de la *strain rate* (4).

### ¿Cómo se miden la *strain* y la *strain rate* en el corazón?

Se pueden medir por ecocardiografía-doppler o por resonancia nuclear magnética; en este escrito se hace referencia exclusivamente a los datos obtenidos mediante ecocardiografía.

Por ecocardiografía se tienen dos técnicas independientes que pueden usarse para medir la *strain* y la *strain rate* (3, 5):

1. Doppler de tejidos (en Inglés se le conoce con la sigla DTI) (recuérdese que el Doppler sólo mide la velocidad a la cual se mueve un objeto) que es la antigua técnica ecocardiográfica del Doppler pulsado aunque con algunos trucos tecnológicos que le permiten eliminar interferencias generadas por el movimiento del corazón dentro del tórax y además captar velocidades muy bajas

como las del miocardio en sístole y en diástole. El Doppler de tejidos fue el primero en utilizarse con este fin pero, como bien se sabe, las técnicas de Doppler son altamente sensibles al ángulo que se forma entre el rayo de ultrasonido emitido por el ecocardiógrafo y la dirección del objeto en movimiento; cuanto más paralelos sean el rayo de ultrasonido y el objeto en movimiento más confiable será la medición; y cuanto más cercano a la perpendicular de dicho ángulo, menos confiable será la misma. En la práctica clínica se encontró que la angulación entre rayo de ultrasonido y dirección del movimiento miocárdico es poco reproducible (gran variabilidad intra e interobservador) por lo que este método entró en desuso (3, 4, 6).

2. El método rastreo del moteado (*speckle tracking*) es una técnica muy reciente (2004), desarrollada sobre ecocardiografía bidimensional, que es capaz de detectar pequeñas diferencias en la textura o moteado de cada segmento miocárdico diferenciando claramente un segmento de otro; es algo así como si la máquina de ecocardiografía detectara la "huella digital" de cada segmento (Figura 2). Una vez identificada la "huella digital" de un segmento miocárdico, se la puede rastrear (*tracking*) y medir en múltiples momentos del ciclo cardiaco y calcular su estiramiento o retracción (deformación) a partir de un punto cero que se debe conocer o fijar previamente (1, 7, 8).

Por el método de *speckle tracking* el procedimiento para calcular el *strain* es el siguiente: sobre imágenes de ecocardiografía bidimensional que reúnan ciertas características de profundidad, *frame rate*, entre otras, y archivadas en formato digital, bien sea directamente en el

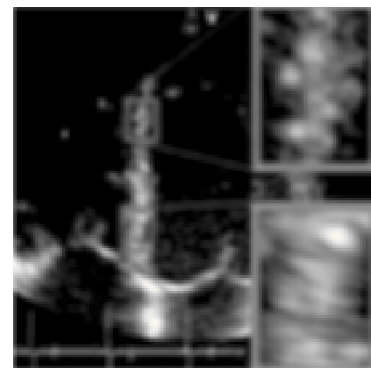


Figura 2. Muestra la diferencia entre dos segmentos miocárdicos por su patrón distinto de moteado (*speckle*) o huella digital.

ecocardiógrafo o en una estación de trabajo (siempre es un estudio off line). Primero se activa una función que identifica el moteado o "huella digital" de cada segmento y luego la función de rastreo de la huella (tracking) que requiere que el operador seleccione unos sitios del miocardio en donde la máquina hará las mediciones; como resultado de éstos dos procesos la máquina informará la *strain* o deformación de cada uno de los segmentos estudiados durante ese ciclo cardíaco, tanto en sístole como en diástole y, de manera simultánea, informará la *strain* promedio o global de todos los segmentos (9, 10). Este proceso se hace por separado para calcular cada uno de los tipos de *strain*: el longitudinal, el radial, el circunferencial y la torsión. La *strain* longitudinal y la torsión se estudian desde proyecciones apicales (cuatro y dos cámaras y eje largo apical), mientras que las *strain* radial y circunferencial se estudian en eje corto paraesternal izquierdo en un corte que usualmente se hace a nivel de los músculos papilares (3, 11). El tipo de *strain* más usado en investigación básica y clínica es el longitudinal ya que brinda información completa sobre los 17 segmentos en que usualmente se divide el ventrículo izquierdo, así como sobre su función global, en tanto que los otros tipos de *strain* (radial, circunferencial y torsión) lo mismo que la *strain rate* han sido menos estudiados en la clínica, en parte porque no informan la función global sino la de unos pocos segmentos y porque hay dificultades técnicas para su implementación.

### Tipos de *strain*

Durante sístole el músculo cardíaco normal se desplaza por lo menos en tres direcciones simultáneas:

- Longitudinal (sentido ápex-base).
- Radial (las fibras tienden a converger hacia un punto en el centro del ventrículo).
- Circunferencial (las fibras se acortan en el sentido de la circunferencia de la cavidad).

Además, durante sístole el ventrículo izquierdo rota y se "tuerce" como exprimiendo una toalla: el ápex gira en una dirección y la base gira en dirección contraria (2, 4, 5); durante diástole suceden desplazamientos opuestos a los de sístole y la fibra retorna a su estado "basal", que por definición es la longitud y grosor de la fibra al final de la diástole; cada uno de estos desplazamientos o deformaciones de la fibra puede estudiarse con *strain* y *strain rate*, particularmente con el advenimiento del *speckle tracking* que es muy poco ángulo-dependiente (Figura 3).

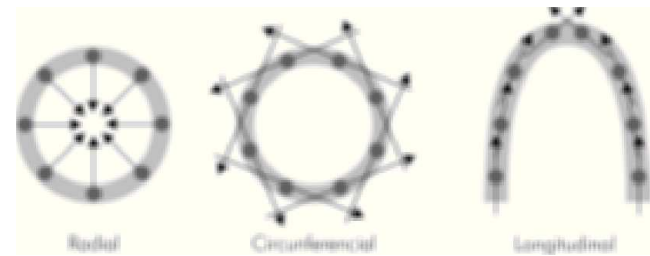


Figura 3. Diferentes direcciones o deformaciones de la fibra miocárdica durante sístole; cada una de ellas puede ser estudiada con *strain*.

La técnica del rastreo del moteado puede aplicarse también al ventrículo derecho, a las aurículas y a imágenes ecocardiográficas tridimensionales pero aún no se cuenta con validación ni aplicaciones clínicas de estas mediciones.

### ¿Cómo se informan la *strain* y la *strain rate* en un ecocardiograma?

El ventrículo izquierdo se divide en segmentos y a cada uno de éstos se le informa la *strain* y/o la *strain rate* según el caso; este informe por segmentos es útil en las enfermedades miocárdicas segmentarias (ejemplo en la enfermedad coronaria). En condiciones normales el valor de la *strain* sistólica longitudinal global (promedio de 17 segmentos vistos desde proyecciones apicales) debe ser más negativo que -18% y en la mayoría de la población adulta está entre -18 y -25%; el valor promedio de la *strain* radial es de 44,5%, en tanto que para la *strain rate* longitudinal y radial los valores promedio son 1 y 2,45 seg<sup>-1</sup>, respectivamente (12, 13) (Figuras 4 y 5).

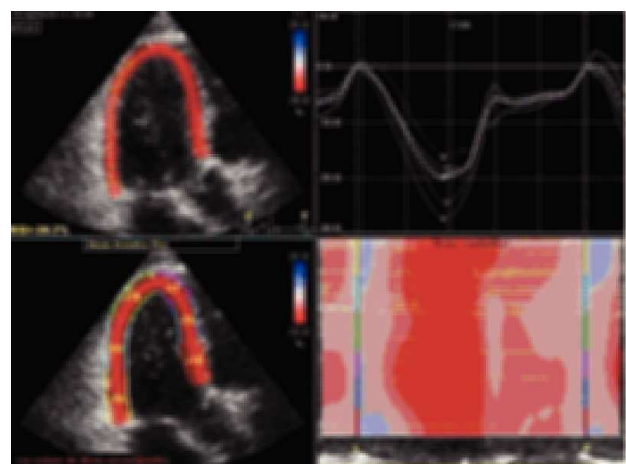
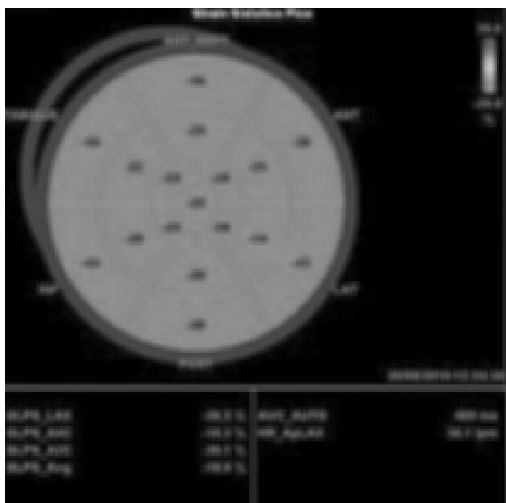


Figura 4. Se muestra una *strain* longitudinal por *speckle tracking* en proyección de eje largo apical. Nótese la delimitación por segmentos miocárdicos, curvas de *strain* y modo M color.



**Figura 5.** Representación en ojo de buey de la *strain* sistólica longitudinal de 17 segmentos vistos desde tres proyecciones apicales (cuatro cámaras, dos cámaras y eje largo apical); también se muestra el promedio (Avg. -18,9%).

### Validación

El estándar de oro para *strain* y *strain rate* cardiaca es la resonancia magnética nuclear y con ella se han comparado los datos que se obtienen mediante ecocardiografía, tanto de segmentos miocárdicos normales como anormales con muy buena correlación ( $r= 0,87$ ,  $p < 0,001$ ), lo cual valida el método ecocardiográfico (14).

### Usos clínicos

Debido a que esta tecnología es muy nueva, los usos clínicos aprobados y aceptados son pocos pero la investigación es tan profusa en todo el mundo que cabe esperar que en muy poco tiempo se tendrán usos y aplicaciones clínicas muy concretos, particularmente con la *strain* longitudinal (aunque las *strain* circunferencial y radial se han estudiado en el laboratorio, sus estudios clínicos han sido menos contundentes que con la *strain* longitudinal); de todas formas, recientes consensos de expertos opinan que esta tecnología aún debe considerarse como experimental y que salvo en contadas excepciones, puede aplicarse a la práctica clínica. Se mencionarán dos casos en los que la evidencia es suficiente para recomendar su uso en la clínica.

### Evaluación de pacientes sometidos a quimioterapia

La disminución de la *strain* radial y longitudinal es indicador temprano y altamente sensible de toxicidad miocárdica por antracíclicos a pesar de que la fracción de eyección del ventrículo izquierdo se conserve dentro de límites normales (15).

### Evaluación del pronóstico pos-infarto agudo del miocardio

Recientemente Antoni y colaboradores evaluaron la importancia pronóstica de la *strain* y la *strain rate* longitudinal global sistólica pico luego de un infarto agudo del miocardio y se demostró que los pacientes que tenían una *strain* global mayor de -15,1% y una *strain rate* global mayor de -1,06 s<sup>-1</sup> tenían cinco veces más riesgo de presentar eventos cardiovasculares adversos a un año que los pacientes con valores menores; éstos dos parámetros fueron mejores que la fracción de eyección y el índice de movimiento sistólico de la pared en estratificación de riesgo para desenlaces a largo plazo (16).

### Posible utilidad clínica en el futuro

Virtualmente todas las enfermedades cardiacas están siendo estudiadas con esta tecnología con el objetivo de mejorar los criterios diagnósticos de algunas de ellas, hacer diagnóstico diferencial, detectar de manera precoz o en fase subclínica y determinar el pronóstico. Algunos autores creen que en el futuro la función de los ventrículos no se medirá con la fracción de eyección ni con los nebulosos estudios de diastología sino con *strain* global, que integrará la sístole y la diástole en una sola función miocárdica; y que las áreas isquémicas o viables, o necróticas, transmurales o subendocárdicas, serán localizadas y cuantificadas con más precisión con *strain* segmentaria que con la ecocardiografía o la medicina nuclear actuales. Lo mismo sucede para la diferenciación entre pericarditis constrictiva y miocardiopatía restrictiva y entre corazón de atleta vs. cardiopatía hipertrófica. Así mismo, se cree que el momento quirúrgico de las valvulopatías será predicho por los diferentes tipos de *strain* (en particular la torción y la rotación), entre otros.

### Limitaciones de la técnica

Esta técnica aunque promisoría, tiene sus limitaciones:

1. Cada compañía fabricante de máquinas de ecocardiografía ha desarrollado su propio algoritmo para identificar la "huella digital" y también la forma de rastrearla (en cada sístole la "huella" se deforma o se corrompe, de manera que es necesario crear mecanismos para identificarla aún estando deformada); esto hace que los datos obtenidos con una máquina de ecocardiografía no sean iguales a los obtenidos con otras, lo cual puede confundir al investigador y al clínico (9).

2. Si bien la técnica es muy precisa, no está exenta de cierta variabilidad intra e interobservador (en todo caso, mucho menores que las que se observan con Doppler tisular) (10).

3. Requiere buenas imágenes de eco 2D (no es aplicable a pacientes con mala ventana apical).

4. Hacen falta estudios que estandaricen los valores normales, independientemente de la máquina utilizada, para los diferentes grupos étnicos y posiblemente también según el género, particularmente con *speckle tracking*.

5. La evidencia de su utilidad clínica aún es pobre.

### Conclusiones

Las imágenes de strain y strain rate por ecocardiografía con la técnica del rastreo del moteado (*speckle tracking*) son una herramienta promisoría para la evaluación de la función miocárdica. El espectro de las aplicaciones clínicas potenciales es muy amplio debido a su capacidad para diferenciar entre movimiento activo y pasivo de los segmentos miocárdicos, cuantificar la disincronía ventricular y evaluar componentes de la función miocárdica como el acortamiento miocárdico longitudinal el cual no es visiblemente evaluable. La alta sensibilidad de la *strain* y la *strain rate* derivada por ecocardiografía para la detección temprana de disfunción miocárdica, hará que en el futuro cercano este nuevo método diagnóstico no invasivo gane uso clínico rutinario.

### Bibliografía

- Pavlopoulos H, Nihoyannopoulos P. Strain and strain rate deformation parameters: from tissue Doppler to 2D speckle tracking. *Int J Cardiovasc Imaging* 2008; 24: 479-91.
- Sengupta PP, Krishnamoorthy VK, Korinek J, et al. Left ventricular form and function revisited: applied translational science to cardiovascular ultrasound imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20: 539-51.
- Teske AJ, De Boeck B, Melman PG, Sieswerda GT, Doevendas PA, Cramer JM. Echocardiographic quantification of myocardial function using tissue deformation imaging, a guide to image acquisition and analysis using tissue Doppler and speckle tracking. *Cardiovascular Ultrasound* 2007; 5 (27): 1-19.
- Holly G, Giuseppe C, Haruhiko A, Susan W, Scipione C, Federico G, et al. Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: fundamentals and clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr* 2010; 23: 351-69.
- Dandel M, Lehmkühl, Knosalla C, Suramashvili N, Hetzer R. Strain and strain rate imaging by echocardiography. Basic concepts and clinical applicability. *Curr Cardiol Rev* 2009; 5: 133-148.
- Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, Zamorano JL, Cardim NM, Marwick T, et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese society of echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2011; 24: 277-313.
- Marwick TH. Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 1313-27.
- Leitman M, Lysyansky P, Sidenko S, et al. Two-dimensional strain—a novel software for real-time quantitative echocardiographic assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; 17: 1021-9.
- Manovel A, Dawson D, Smith B, Nihoyannopoulos P. Assessment of left ventricular function by different speckle-tracking software. *Eur J Echocardiogr* 2010; 11: 417-21.
- Belghithia H, Brette S, Lafitte S, et al. Automated function imaging: a new operator-independent strain method for assessing left ventricular function. *Arch Cardiovasc Dis* 2008; 101: 163-9.
- Notomi Y, Lysyansky P, Setser RM, et al. Measurement of ventricular torsion by two-dimensional ultrasound speckle tracking imaging. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45: 2034-41.
- Hurlburt HM, Aurigemma GP, Hill JC, et al. Direct ultrasound measurement of longitudinal, circumferential, and radial strain using 2-dimensional strain imaging in normal adults. *Echocardiography* 2007; 24: 723-31.
- Marwick TH, Leano RL, Brown J, et al. Myocardial strain measurement with 2-dimensional speckle-tracking echocardiography: definition of normal range. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 80-4.
- Amundsen BH, Helle-Valle T, Edvardsen T, Torp H, Crosby J, Lyseggen E, et al. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 789-93.
- Sawaya H, Sebag I, Plana JC, et al. Early detection and prediction of cardiotoxicity in chemotherapy treated patients. *Am J Cardiol* 2011; 107 (9): 137580.
- Antoni ML, Mollema SA, Delgado V, Atary JZ, Boersma E. Prognostic importance of strain and strain rate after acute myocardial infarction. *Eur Heart J* 2010; 31: 1640-1647.