

ANALISIS DE LA DINAMICA Y GEOMETRIA DEL ANILLO MITRAL POR ECO-TRANSESOFAGICO 3D

Martín Lombardero, Carlos Boissonet

Introduccion

El anillo mitral (AM) es estructura compleja y asimétrica, que separa la Aurícula Izquierda (AI) del Ventrículo Izquierdo (VI). Se le ha adjudicado un rol clave para que la valvula mitral sea competente¹⁻². Sin embargo el conocimiento de la fisiología y la dinámica del AM es aún limitado³. La evaluación del AM ha sido difícil con técnicas de imagen, en un campo quirúrgico o inclusive post-mortem. Los estudios con Eco 2D han demostrado ser muy limitados en la cuantificación y valoración del AM⁸. Los primeros trabajos de Ecocardiografía con reconstrucción en 3D han sido pioneros en la descripción del AM con morfología en “silla de montar”, pero utilizaban programas muy sofisticados que insumían mucho tiempo en la reconstrucción de la imagen y tenían importantes dificultades generadas por los artefactos de gatillado del ECG y respiratorio⁴. En la actualidad, el Eco-Transesofágico 3D (ETE3D) en tiempo real ofrece la posibilidad de evaluar el AM a partir de un práctico programa que mide en forma semiautomática el anillo en múltiples puntos de su contorno. Nuestro objetivo fue evaluar con ETE3D, la dinámica y geometría del AM durante toda la sístole ventricular en pacientes con corazón estructuralmente normal.

Materiales y Métodos:

Fueron incluidos 13 pacientes (p) consecutivos y prospectivos, de 42 (29-47) años, (7 mujeres), con indicación de Ecotransesofágico (9 p por búsqueda de fuente embolígena y 4 por síndrome febril), que tenían un Eco Transtoracico 2D (ETT2D) normal, ritmo sinusal y estaban normotensos al momento del estudio. Si presentaban arritmia que pudiera afectar el gatillado de la captura, eran excluidos.

Se realizó de manera sucesiva un ETT2D, ETE2D y 3D, con Ecocardiógrafo Philips IE33 (Philips Ultrasound USA) con plataforma 3D, que adquiere imágenes digitales en 2D, 3D tiempo real (“vivo”) y a través del modo gatillado de “adquisición del volumen completo”. Esta captura completa en 3D fue transferida y posteriormente analizada en una estación de trabajo a través del programa QLAB 8.1 (Philips Medical System). En primer término se realizó ETT2D según protocolo convencional. Inmediatamente después se realizó un ETE con sonda Transesofágica multiplanar X7-2t, con sedación (a cargo de Médico Anestesiista). Se adquirieron volúmenes completos en 0, 45, 90, 120 y 180 grados del ETE2D. La mejor captura (sin artefactos de ensamble) fue elegida para el análisis del aparato mitral. El análisis del anillo mitral se realizó en una estación de trabajo, utilizando el programa MVQ (Mitral Valve Quantification, QLAB Philips) que evalúa de manera semiautomática el AM, marcando en forma manual 18 puntos del contorno del anillo, mientras giramos 9 planos del corazón de forma sincronizada. La medición del AM por MVQ se realizó en cada cuadro (“frame”) del ciclo cardiaco (15 cuadros promedio por p). En el inicio del análisis de cada cuadro se alinearon siempre los mismos planos ortogonales. Se estimó el

diámetro intercomisural (DIC), diámetro anteroposterior (DAP), altura máxima del anillo (H), el área mínima del anillo (denominada por el programa QLAB MVQ: A3D) y el área en plano del proyección (denominada por el programa QLAB MVQ:A2D). Habitualmente el análisis del anillo por MVQ se realiza desde la cara auricular del AM, colocando en forma manual los puntos en los sitios de inserción de la valva anterior y posterior en los 9 planos del corazón sincronizados (18 puntos en el contorno del anillo). Hicimos también el mismo análisis en todos los pacientes pero desde la cara ventricular del AM, en sístole y también cuadro por cuadro. En este caso cada uno de los 18 puntos del contorno del anillo de los 9 planos sincronizados del corazón se colocó también en el sitio de inserción de ambas valvas pero del lado ventricular. No fue confiable diferenciar el plano ventricular del auricular del AM durante la diástole, por lo cual se midió de una única manera. A fin de determinar la morfología del AM se determinó un índice de circularidad determinado por el cociente entre DIC/DAP.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se tomó en cuenta el cuadro/frame de los períodos de contracción y relajación isovolumétrica (PCI y PRI); y los frames 3, 5 y 7 de sístole y 2, 4 y 6 de diástole. Se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para determinar diferencias entre variables numéricas, además se informaron las medias, desvíos standard, e intervalos de confianza 95% de los valores de interés o de sus diferencias, según correspondiera.

Resultados

En las Tablas 1 y 2 se resumen los resultados. La Tabla 1 muestra las mediciones del anillo mitral desde la cara auricular y ventricular durante la sístole y en ambos periodos de relajación isovolumétrica (PCI y PRI). Los cuadros/frames 3, 5 y 7 corresponden a la proto, meso y tele sístole. La Tabla 2 muestra la dinámica en diástole y los frames 2, 4 y 6 corresponden a proto, meso y tele diástole.

Cuando evaluamos el AM desde la cara auricular (método convencional), vemos que tanto el DAP como el área del AM (A2D y A3D) aumentan durante la sístole ($p < 0.05$) y también comparando PCI vs PRI ($p < 0.05$), mientras que el índice de circularidad disminuye ($p < 0.05$) y es significativamente más esférico en el final de la sístole (PRI vs PCI: $p < 0.05$). La altura también disminuye al final de sístole (PCI vs PRI y meso vs tele sístole $p < 0.05$). En cambio el DIC no varía ($p:ns$).

Cuando evaluamos el AM desde la cara ventricular, obtuvimos en la altura y el índice de circularidad la misma respuesta que en la evaluación de la cara auricular: disminuyen durante la sístole y también comparando PCI vs PRI ($p < 0.05$). El DAP aumentó de proto a meso sístole ($p < 0.05$) y con una tendencia creciente (aunque estadísticamente no significativa) hacia el final de la sístole. A diferencia de la vista auricular, el área del AM (tanto A2D como A3D) disminuyen al

final de la sístole ($p < 0.05$), como en la comparación PCI vs PRI ($p < 0.05$). El DIC también disminuye durante la sístole. ($P < 0.05$ proto vs meso y meso vs tele sístole) a diferencia del lado auricular

La altura en sístole del AM tuvo el mismo comportamiento tanto desde la vista auricular como ventricular, disminuyendo en forma progresiva hacia el final de la sístole. (La mayor altura es al inicio y la menor altura es al final de la sístole).

La comparación del índice de circularidad del PCI: $1.19 (\pm 0.19)$ vs PRI: $1.07 (\pm 0.15)$: $p < 0.005$, siendo más esférico el anillo en el final de la sístole.

En diástole se observó menor altura y aumento del DIC de proto a meso diástole ($p < 0.1$). Durante la diástole las áreas (A2D y A3D) no variaron, pero el índice de circularidad aumentó en el transcurso de la diástole (el AM es más oval al final de la diástole)

Discusion

El anillo mitral tiene una geometría compleja y límites no bien definidos. Ha sido comparado con una parábola hiperbólica, y con una “silla de montar”⁴. Se le han atribuido al AM movimientos de traslación hacia el ápex del VI, de plegado anular (movimiento anteroposterior que toma como bisagra el eje intercomisural) y de cierre concéntrico (“simil esfínter”)⁷. Sin embargo, su dinámica es aún controvertida.

Este trabajo fue diseñado para evaluar la dinámica del anillo mitral con ETE 3D (QLAB MVQ) en pacientes con corazón estructuralmente normal. Hicimos el análisis en sístole desde dos lados diferentes (separados por apenas por 1 mm: desde la cara auricular (análisis habitual del AM en ETE3D) y desde la cara ventricular) porque en análisis previos, notábamos que el área del AM “en face” aumentaba durante la sístole.

El análisis del AM desde la cara auricular mostró el aumento durante la sístole del DAP a la vez que disminuye la altura. Esto se interpreta como un movimiento de plegado/desplegado en sentido anteroposterior sobre una “bisagra” intercomisural. En sístole “se estira”(despliega) disminuyendo la altura (y quizás explique el origen del aumento del DAP). Comprobamos que desde la cara auricular crece el área del AM durante la sístole (tanto el área en plano del anillo como el área de superficie mínima), en contra de lo descrito como movimiento “simil esfínter”. Pero si medimos el anillo desde la vista ventricular (medición no convencional), vemos que disminuye el área durante la sístole (interpretándolo como dinámica “simil esfínter”). Desde la cara ventricular y auricular, el AM disminuye progresivamente la altura del AM hacia tele sístole, lo cual sugiere que la mayor profundización o acentuación de la morfología en “silla de montar” ocurre en el inicio de la sístole, momento del ciclo que mayor volumen debe soportar el aparato mitral.

Cuanto más pronunciada es la morfología en “silla de montar”, mayor será la altura (es decir la distancia del punto del cuerno del caballo (h) a la línea intercomisural (w) y mayor sería el alivio del estrés del aparato mitral en sístole. El estrés que soportan ambas valvas se puede medir en una relación h/w , que cuando es mayor a 0.2 atenúa el estrés en ambas valvas¹⁰. En nuestro

trabajo se observó en PCI una relación h/w de 0.298 desde la cara ventricular y 0.295 desde la cara auricular que disminuye progresivamente durante la sístole, con 0.269 y 0.262 respectivamente en PRI. (Es decir: el anillo esta preparado para disminuir el estrés valvular en el inicio de la sístole cuando mayor volumen VI existe, y luego, mientras se vacía el VI, la morfología en silla de montar se atenúa a medida que disminuye el volumen ventricular)

Este trabajo coincide con los reportes que afirman que el movimiento del AM es enteramente pasivo. Y que estaría determinado por la contracción y relajación del tejido muscular y auricular adyacente (anillo posterior) y por el movimiento de la Raíz de Aorta (acoplamiento en continuo de la fibrosa mitra-aórtica)⁶. El movimiento descrito previamente como “contracción anular” se llevaría a cabo por el acortamiento de las fibras helicoidales de la base del VI en sístole¹¹ (dinámica que observamos a través de la disminución progresiva del área durante la sístole desde el lado ventricular e inclusive acortando el DIC, dato no demostrado desde la aurícula). La explicación del aumento del área del AM desde la cara auricular podría interpretarse por el estiramiento de la fibra auricular relacionado con el aumento del volumen auricular durante su diástole (sístole ventricular).

Un dato interesante de este trabajo (y no descrito previamente) es el hallazgo del cambio de morfología del AM: de un aspecto más oval a uno más circular, que fue demostrado a través de un índice de circularidad (DIC/DAP). Tanto desde la vista auricular como ventricular, el anillo se hace mas circular en el final de la sístole. Esta característica es vista inclusive a simple vista desde un adquisición completa por ETE3D, cuadro por cuadro. (ver Figura 2). El momento de mayor esfericidad del AM en telesístole coincide con el mayor DAP y la menor altura. Como el DAP es algo menor al DIC, probablemente la mayor esfericidad del anillo en sístole se deba a que al desplegarse el AM se incrementa el DAP. También es mas esférico el AM en protodiastole vs telediastole. Es decir que el AM oscila entre una morfología predominantemente oval (fin de diástole-inicio sístole) y una mas circular (fin de sístole-inicio de diástole). (Figura 3). Del punto de vista funcional, el momento mas circular del anillo coincide con el final de la contracción VI (y de menor volumen) . Es probable que la contracción de las fibras miocárdicas helicoidales de la base del VI (con contracción “simil esfínter”) y de las fibras longitudinales (que acortan el musculo) traccione al AM disminuyendo su altura, aumentando el DAP, y haciéndolo mas circular. La disminución del DIC visto solo desde el VI se puede explicar también por contracción de fibras helicoidales basales. Como en el inicio de la diástole la morfología del AM continua siendo esférica (vs tele diástole), podría favorecerse el perfil hemodinámico del flujo de llenado VI (justo en el momento en el que, rápida y pasivamente, mayor volumen atraviesa)

Hay muy pocos trabajos en la literatura que evalúen la dinámica del anillo en todo el ciclo cardiaco. El trabajo de Jasmine Grewal et col⁹ es el que mas se asemeja. Realizaron el analisis del AM desde la vista estandar (lado auricular) con el mismo software, en todo el ciclo cardiaco y compararon los hallazgos de 15 pacientes normales (control) vs pacientes con insuficiencia mitral. En el análisis de los 15 pacientes control, observaron similares hallazgos con profundización de la morfología en silla de montar en el inicio y atenuación al final de la sistole, con aumento del DAP y sin cambios en el DIC durante la sístole. Tambien observaron mayor área del AM al final de sístole

e interpretaron este hallazgo como aumento de la tracción del anillo por fibras longitudinales del VI. En cambio en nuestro trabajo, al ver que durante la sístole disminuye el área del AM desde la vista ventricular (simil esfínter) y a la inversa, aumenta desde la vista auricular, creemos que se trata de contracción y relajación relacionados con los tejidos adyacentes a cada cámara (VI o AI). Tsakiris et col ¹¹ describieron una contracción pre-sistólica del AM como una contribución a la competencia valvular. Pero tanto en el trabajo de Grewal como en el nuestro, no se encontraron datos que confirmen su existencia.

Existe el anillo mitral como entidad?

Los límites del AM son difíciles de establecer. La parte anterior del anillo se continua con el anillo aórtico en el plano más alto (“cuerno del caballo” de la silla de montar), en la zona denominada fibrosa mitro-aórtica, con un desplazamiento en “continuo” de toda la estructura ⁵. La porción posterior del anillo coincide con su porción más baja (comisura lateral y medial) y con el “cuerno” posterior de la silla. A diferencia del anillo anterior, la porción posterior está íntimamente relacionada con las fibras del tracto de entrada del VI de un lado y por las fibras de la AI del otro, y se encuentra anclado de manera más débil al tejido circundante. Esto le permitiría mayor libertad de movimiento y podría explicar los cambios geométricos que ocurren durante el ciclo cardíaco. ⁶ Por otra parte, el anillo posterior está compuesto por tejido fibroso interrumpido por células grasas ¹² y es el lado del AM proclive a dilatarse y remodelarse. Es decir: la estructura histológica del AM responde al aparato fibroso del corazón, y actúa como sostén de estructuras cardíacas y sin movilidad intrínseca “per se”. Sería una parte del esqueleto fibroso. Su movimiento es enteramente pasivo y dependería de la contracción y relajación del tejido circundante. (Es decir: el AM se puede estirar, plegar, subir y bajar, hacerse más esférico, cambiar el área... según el movimiento de las estructuras vecinas). Algunos autores dudan de su existencia como anillo, y lo definen como una estructura de transición entre la AI y el VI, y no como una entidad anatómica propiamente dicha. Refieren que sería más adecuado describirlo con el término de “Plano Atrioventricular”⁷⁻¹³⁻¹⁴. Pero independientemente de se trate de una parte de un todo (del aparato fibroso del corazón), que lo denominemos Plano Atrioventricular, o que tenga identidad propia (como Anillo Mitral), su presencia es clave en el sostén y competencia de la válvula mitral.

Limitaciones:

El número de pacientes es limitado dado que el análisis completo cuadro por cuadro de cada paciente es muy extenso. Los estudios fueron realizados y posteriormente analizados por un único operador experimentado. De ahí que la principal limitación sea la falta de variabilidad interobservador. El programa QLAB MVQ para medición del anillo mitral está recomendado para ser utilizado en sístole y en este trabajo hemos hecho una adaptación para medirlo en diástole.

Conclusiones:

Evaluado con ECO TE3D, el anillo mitral parece ser una estructura de transición que acompaña el movimiento de la cámara y fibras musculares adyacentes y sin movilidad intrínseca “per se”. Los cambios geométricos del anillo durante la sístole responderían a la necesidad de disminuir el estrés valvar, generado por el aumento de presión y volumen del VI durante la sístole. A pesar de los avances en Técnicas de Imagen y Técnicas Quirúrgicas aun existen discrepancias en la literatura para entender la dinámica intrínseca del anillo mitral. Futuros estudios en la misma dirección nos ayudaran a entender aun mas la fisiología para poder interpretar la fisiopatología de esta compleja estructura, en las diferentes enfermedades de la valvula mitral.

CARA AURICULAR	PCI	FR3	FR5	FR7	PRI
DIC	30.8 ± 2.8	31.1 ± 3.0	31.4 ± 2.8	31.7 ± 2.9	31.6 ± 2.7
DAP	26.1 ± 3.7	26.7 ± 2.9	28.7 ± 2.8 *	29.5 ± 2.5 *	29.4 ± 2.5 #
Altura	9.1 ± 2.2	9.3 ± 2.9	9.6 ± 3.1	8.9 ± 3.3 *	8.3 ± 2.6 *
Area A2D	6.24 ± 0.81	6.56 ± 0.77 *	7.00 ± 0.75 *	7.27 ± 0.82 *	7.16 ± 0.68 ‡ #
Area A3D	6.77 ± 0.92	7.19 ± 0.92 *	7.63 ± 0.93 *	7.80 ± 0.94 ‡	7.70 ± 0.84 #
Indice de Circ.	1.19 ± 0.19	1.18 ± 0.20	1.10 ± 0.16 *	1.09 ± 0.18	1.08 ± 0.16 #
CARA VENTRICULAR					
DIC	32.5 ± 3.0	32.4 ± 2.3	31.7 ± 2.2 *	31.2 ± 2.4 *	30.8 ± 2.2 ‡ #
DAP	28.0 ± 2.2	29.2 ± 2.5 *	29.4 ± 3.0	29.9 ± 2.5	29.3 ± 3.1
Altura	9.7 ± 2.3	9.5 ± 2.2	9.2 ± 2.6	8.4 ± 2.8 *	8.1 ± 2.9 * #
Area A2D	7.25 ± 0.57	7.35 ± 0.68	7.23 ± 0.74 *	7.16 ± 0.64 ‡	6.90 ± 0.64 * #
Area A3D	7.80 ± 0.58	7.91 ± 0.72	7.70 ± 0.77 *	7.54 ± 0.68 *	7.33 ± 0.67 * #
Indice de Circ.	1.17 ± 0.17	1.12 ± 0.15 *	1.08 ± 0.16 ‡	1.05 ± 0.15	1.06 ± 0.16 #

Tabla 1: Medidas del AM en sístole desde cara auricular y ventricular. Referencias: * p <0.05 versus el frame de la columna anterior. ‡ p > 0.05 < 0.1 versus el frame de la columna anterior. # P<0.05 en la comparación de PCI vs PRI

	PRI	FR2	FR4	FR6
DIC	31.5 ± 2.66	30.3 ± 3.33‡	31.1 ± 3.21‡	31.55 ± 2.85
DAP	29.3 ± 2.52	26.7 ± 2.74 ‡	26.6 ± 3.63	25.0 ± 8.69
Altura	8.25 ± 2.64	9.26 ± 1.75	7.79 ± 1.99 ‡	7.88 ± 3.08
Area A2D	7.16 ± 0.68	6.42 ± 0.63*	6.60 ± 0.73	6.95 ± 0.49
Area A3D	7.69 ± 0.84	7.01 ± 0.75*	7.01 ± 0.83	7.36 ± 0.54
Indice de Circ	1.079 ± 0.15	1.15 ± 0.22‡	1.19 ± 0.24*	1.18 ± 0.30

Tabla2: Medidas del AM en diástole. Referencias: * p <0.05 versus el frame de la columna anterior. ‡ p > 0.05 < 0.1 versus el frame de la columna anterior. # P<0.05 en la comparación de PCI vs PRI

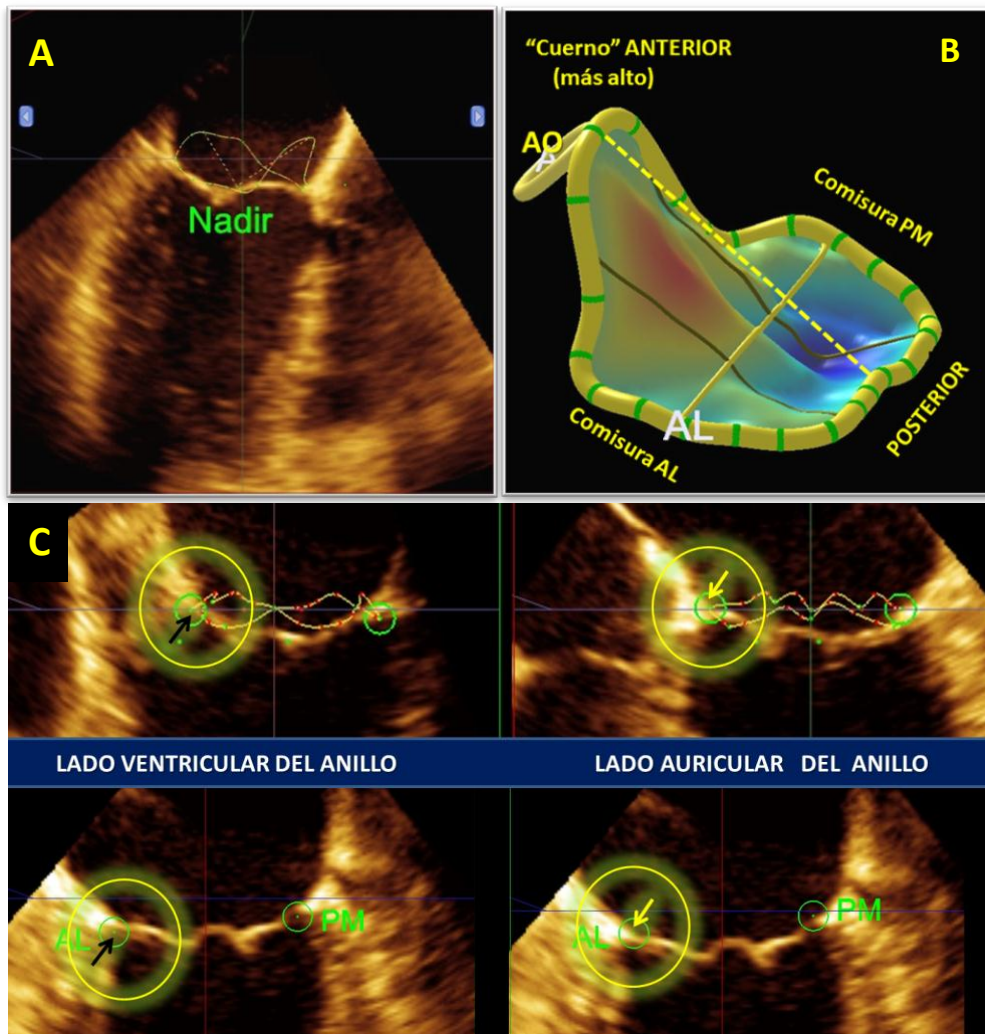


Figura 1: A: AM con morfología en silla de montar luego de la reconstrucción punto por punto. B: Modelo del Anillo Mitral en 3D por el programa QLAB MVQ. C: Demostración de como se marcaron los puntos del anillo desde el lado ventricular (izquierda) y lado auricular (derecha)

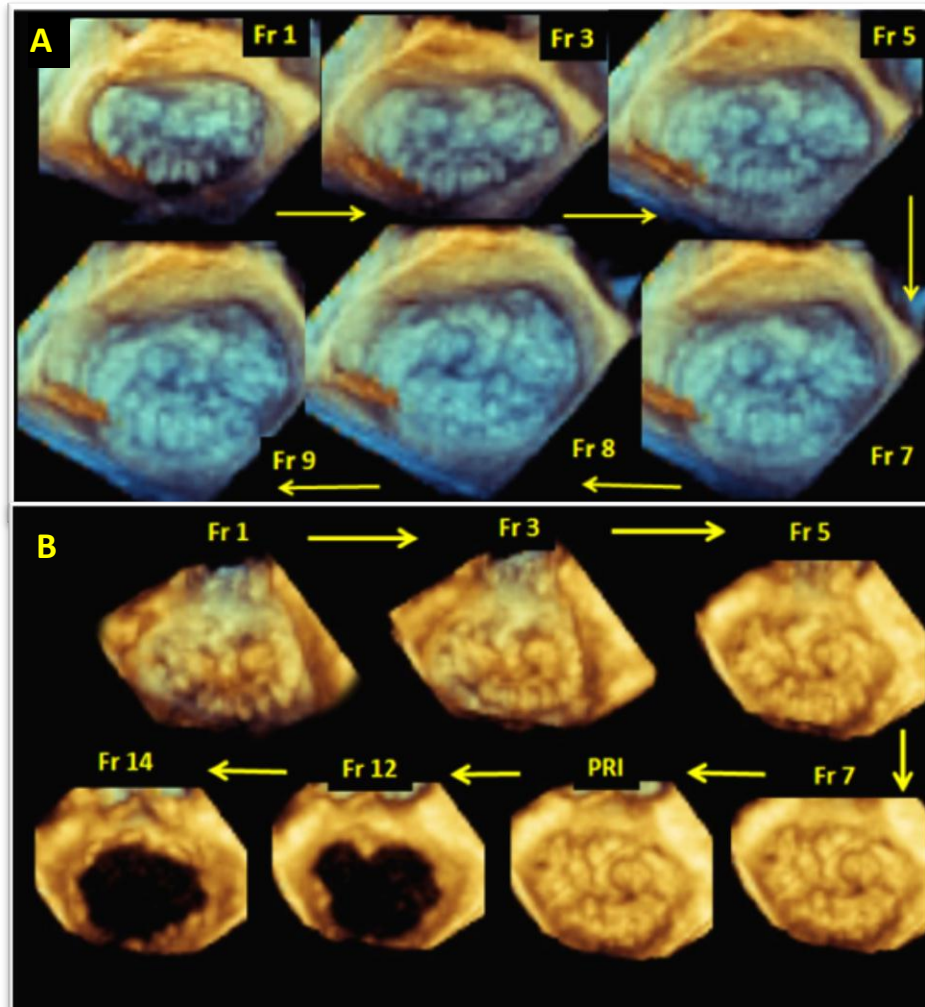


Figura 2. (Fr corresponde a un frame/cuadro) A: Vista Auricular cuadro por cuadro del Anillo Mitral en Sístole. A simple vista se observa el aumento del tamaño del anillo durante la sístole, a diferencia de B (Vista Ventricular) donde presenta menor tamaño hacia fin de sístole. En ambos lados se observa morfología de oval a circular desde inicio hacia fin de sístole. Los cuadros Fr12 y Fr14 corresponden a proto (mas circular) y meso diástole (mas oval). Estos datos subjetivos fueron comprobados a través un índice de circularidad (DIC/DAP). Las imágenes fueron insertas sin modificar su tamaño original

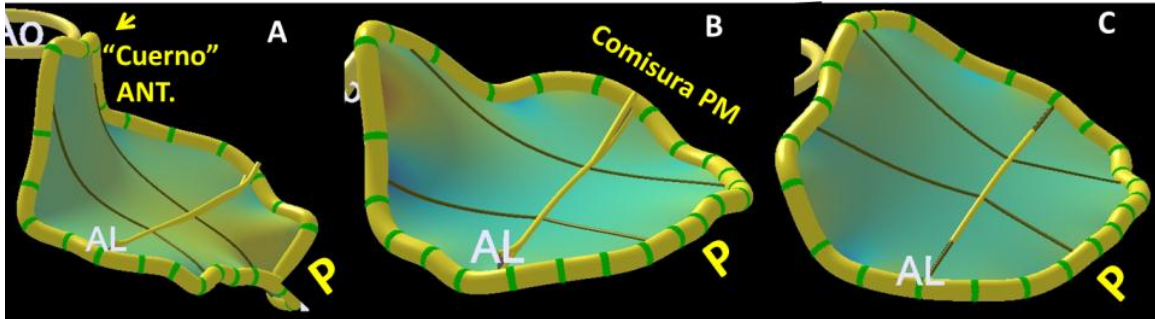


Figura 3. Modelo de reconstrucción del AM en 3D desde vista Auricular. A: Proto Sístole, B: Tele Sístole y C: Proto Diástole. Observese como disminuye la altura, aumenta el tamaño y se hace mas circular de proto a telesístole. El anillo en Proto Diástole (E) presenta morfología circular.

Bibliografía

1. Salgo IS, Gorman JH, Gorman RC, Jackson BM, Bowen FW, Plappert T, St John Sutton M, Edmunds LH. Effect of annular shape on leaflet curvature in reducing mitral leaflet stress. *Circulation*. 2002;106: 711–717.
2. Levine R, Stathogiannis E, Newell J, Harrigan P, Weyman A. Reconsideration of echocardiographic standards for mitral valve prolapse: lack of association between leaflet displacement isolated to the apical four chamber view and independent echocardiographic evidence of abnormality. *J Am Coll Cardiol*. 1988;11:1010 –1019.
3. Jasmine Grewal, Rakesh Suri, Sunil Mankad, Akiko Tanaka, Douglas W. Mahoney, Hartzell V. Schaff, Fletcher A. Miller and Maurice Enriquez-Sarano. Mitral Annular Dynamics in Myxomatous Valve Disease: New Insights With Real-Time 3-Dimensional Echocardiography. *Circulation* 2010;121;1423-1431.
4. Levine RA, Handschumacher MD, Sanfilippo AJ, et al. Three-dimensional echocardiographic reconstruction of the mitral valve, with implications for the diagnosis of mitral valve prolapse. *Circulation* 1989;80:589–98.
5. Kopuz C, Erk K, Baris YS, et al. Morphometry of the fibrous ring of the mitral valve. *Ann Anat* 1995;177: 151–4.
6. Jacob P. Dal-Bianco, MD, Robert A. Levine, MD. Anatomy of the Mitral Valve Apparatus. Role of 2D and 3D Echocardiography. *Cardiol Clin* 31 (2013) 151–164.
7. Anatomy, mechanics, and pathophysiology of the mitral annulus. Jeffrey J. Silbiger, MD New York, NY. *Am Heart J* 2012;164:163-76.
8. Lombardero Martin, Perea Gabriel y Tinetti Matias. *¿Dónde está el Orificio Mitral Efectivo? Origen de la divergencia entre el volumen del Tracto de Salida y el Tracto de Entrada del Ventrículo Izquierdo por Ecocardiografía: Eco 2D vs Eco 3D.* *Rev Arg Cardiol* 2014
9. Lang RM, Badano LP, Tsang W, Adams DH, Agricola E, Buck T, Faletra et col EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012; 25:3– 46.
10. Salgo IS, Gorman JH, Gorman RC, et al. Effect of annular shape on leaflet curvature in reducing mitral leaflet stress. *Circulation* 2002; 102:711-7.

11. Tsakiris AG, Von Bernuth G, Rastelli GC, et al. Size and motion of the mitral valve annulus in anesthetized intact dogs. *J Appl Physiol* 1971;30:611-618

12. Angelini A, Ho SY, Anderson RH, et al. A histological study of the atrioventricular junction in hearts with normal and prolapsed leaflets of the mitral valve. *Br Heart J* 1988;59:712-6.

13. McCalpine WA. Heart and coronary arteries: an anatomical atlas for clinical diagnosis, radiological investigation, and surgical treatment. New York: Springer-Verlag; 1975. p. 39-56.

14. Pai RG, Varadarajan M, Tanimoto M. Effect of atrial fibrillation on the dynamics of mitral annular area. *J Heart Valve Dis* 2003;12:21-7.

Grewal J, Suri R, Mankad S, et al. Mitral annular dynamics in myxomatous disease: new insights with real-time 3-dimensional echocardiography. *Circulation* 2010;121:1423-31.