

seram 34

Sociedad Española de Radiología Médica

Congreso Nacional

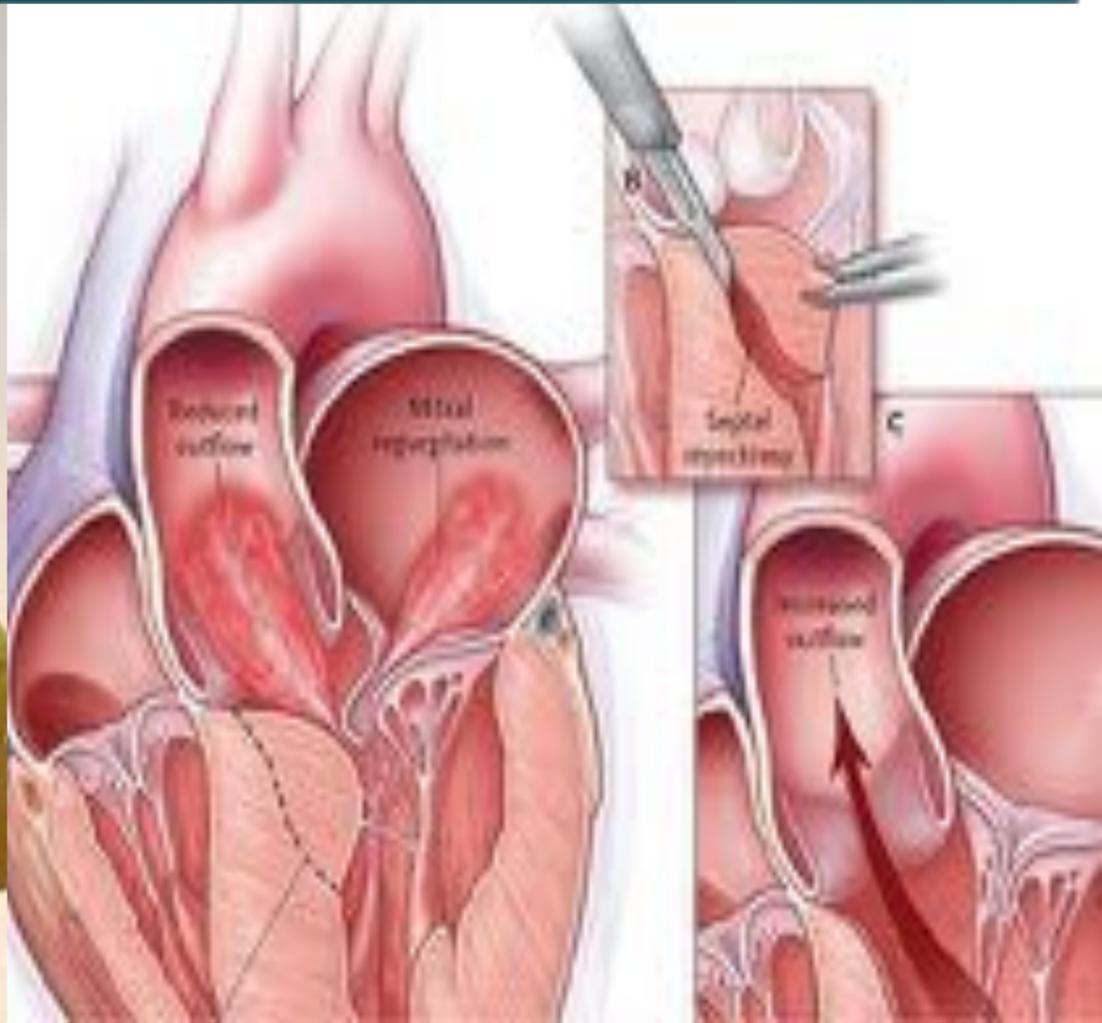
PAMPLONA 24 MAYO
27 2018

Palacio de Congresos Baluarte

23 mayo Cursos Precongreso

IMPRESIÓN 3D

EN LA PLANIFICACIÓN QUIRÚRGICA DE LA MIOCARDIOPATÍA HIPERTRÓFICA OBSTRUCTIVA (MHO)



biocruces

health research institute



Ainhoa Gandiaga Mandiola, Luis Angel Rubio Romero, Marta Lazaro Serrano, Roberto Voces Sanchez, Alain Cubero Idoiaga, Ruben García Fernandez

Hospital Universitario de Cruces, Barakaldo, España

OBJETIVO:

Valorar los beneficios que aportan los modelos de impresión 3D en la planificación quirúrgica de la miocardiopatía hipertrófica obstructiva (MCHO).

REVISIÓN DEL TEMA:

El tratamiento quirúrgico de la MCHO mediante miectomía ha demostrado ser la técnica más eficaz para resolver el gradiente intraventricular y la insuficiencia mitral asociados a la hipertrofia, pero, pocas veces se logran unos resultados óptimos por tratarse de una cirugía compleja, donde se trabaja con un campo de visión muy limitado accediendo desde una aortotomía transversa a nivel de la unión sinotubular.

En nuestro hospital imprimimos modelos 3D del ventrículo izquierdo basándonos en exploraciones de cardioTC con sincronización ECG prospectiva en telediástole, lo cual permite al cirujano una mejor planificación quirúrgica.

Para una mejor valoración de los diferentes aspectos a tener en cuenta en la cirugía, imprimimos dos modelos de cada paciente: un modelo de dos piezas cortado en un eje longitudinal (3cámaras) para valorar la relación de la hipertrofia con respecto al plano valvular aórtico y un segundo modelo con 3 piezas en eje corto que permite una medición exacta del septo.

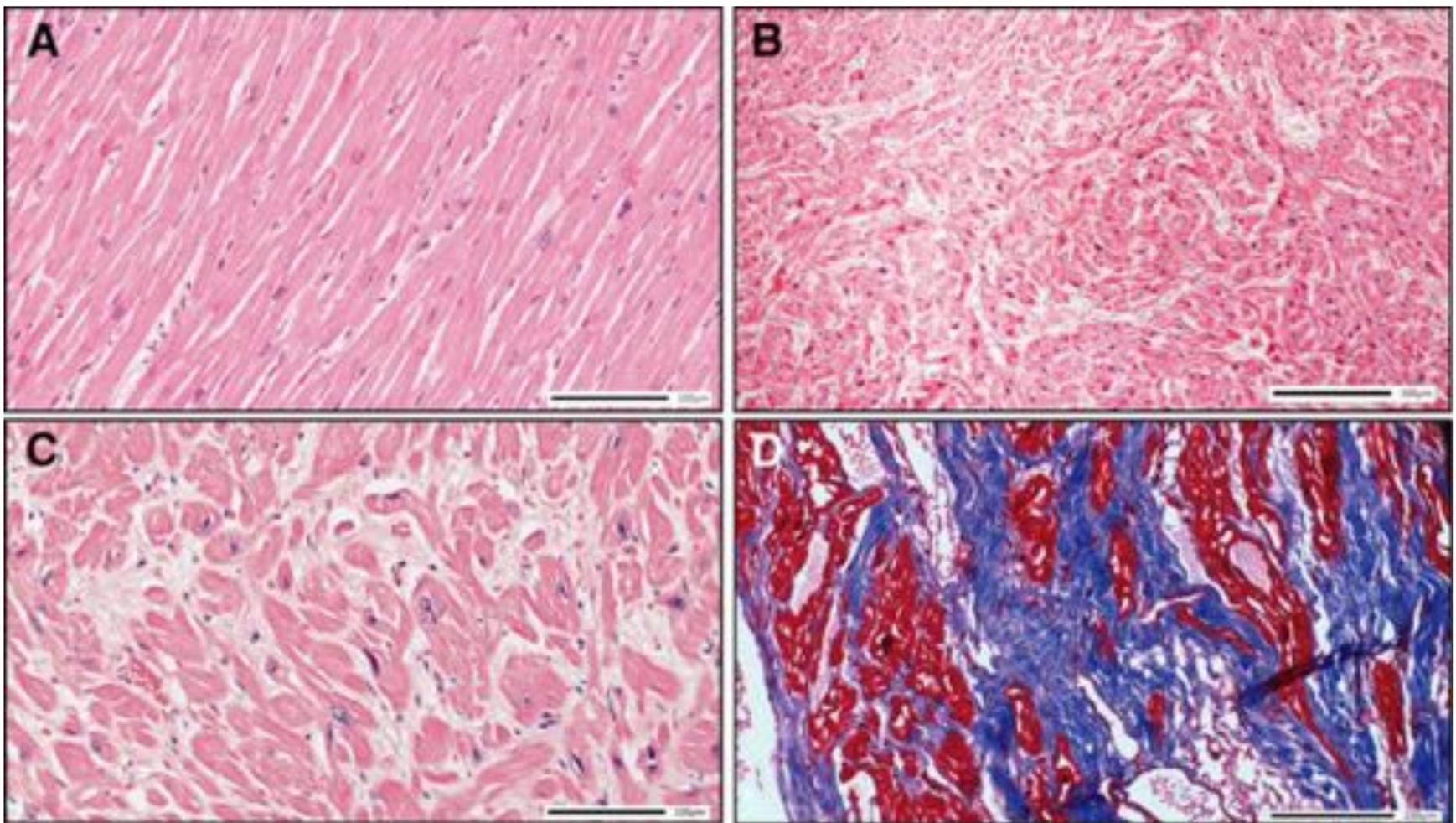
CONCLUSIÓN:

Los modelos de impresión 3D permiten al cirujano cardiaco realizar una mejor planificación tanto prequirúrgica como durante la cirugía de la MCHO. Conocer con exactitud la anatomía de cada paciente y poder palparla en el modelo antes y durante la cirugía permite una resección más exacta, agresiva y segura con mejores resultados, evidenciándose menores gradientes intraventriculares, menor insuficiencia mitral, mayor capacitancia ventricular y un menor riesgo de complicaciones.

INTRODUCCIÓN

Definición:

La MH es una enfermedad del sarcómero cardíaco, frecuentemente familiar, que se caracteriza por un aumento de la masa miocárdica, con desorganización de miocitos y miofibrillas, aumento de la matriz colágena y alteraciones en las arterias coronarias intramiocárdicas.



Anatomía patológica: tinción de hematoxilina-eosina y Masson:

A, miocardio normal;

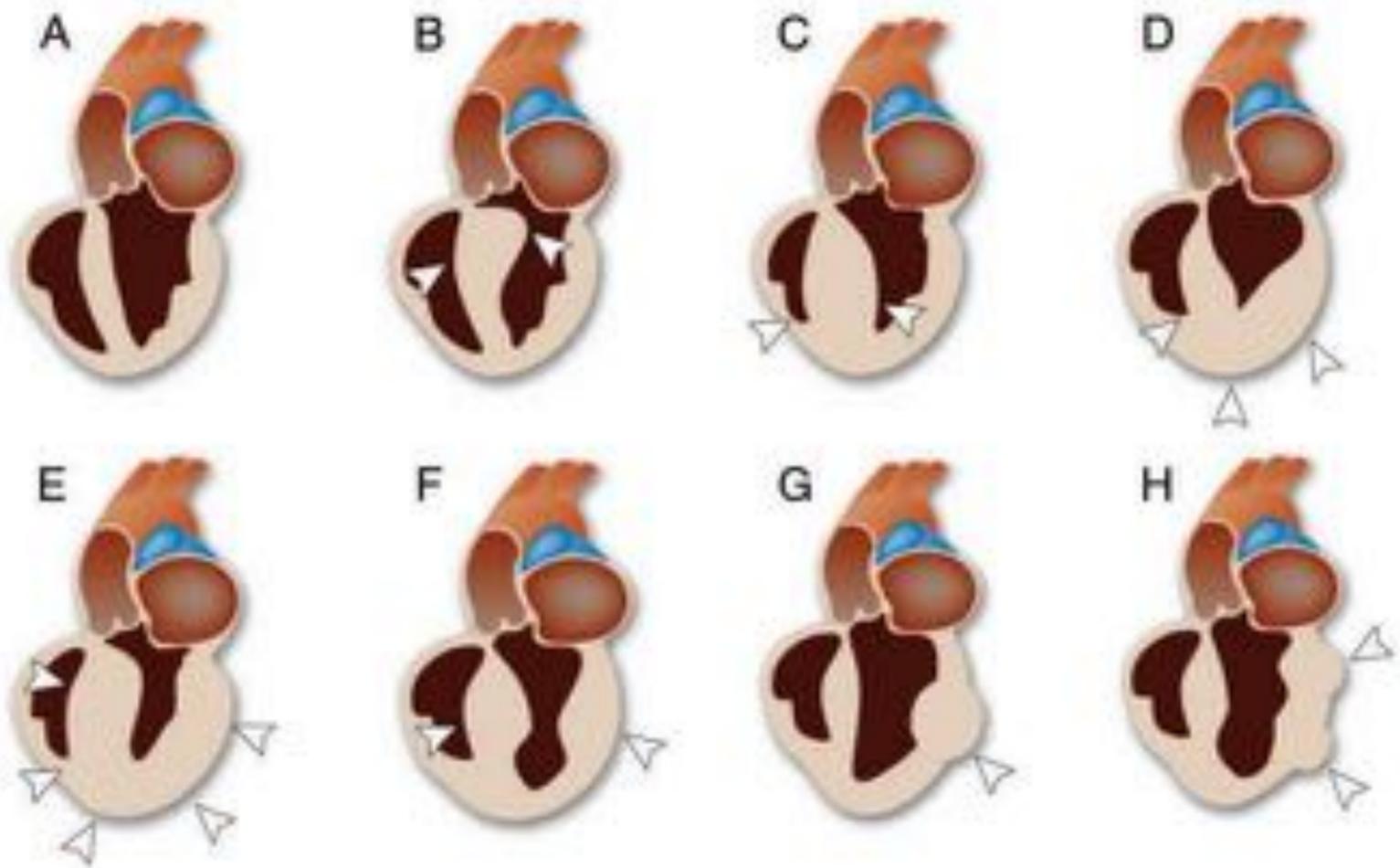
B,C y D: MCH. Arquitectura miocárdica desorganizada y fibrosis intersticial.

Hypertrophic Cardiomyopathy

Circulation Research. 2017;121:749-770

Su diagnóstico se basa en la presencia de una hipertrofia ventricular (>15mm), generalmente asimétrica y con distribución muy variable, no explicada por otra causa.

Algunos pacientes presentan gradientes intraventriculares e insuficiencia mitral, y son frecuentes las alteraciones de la función diastólica ventricular y la isquemia miocárdica.

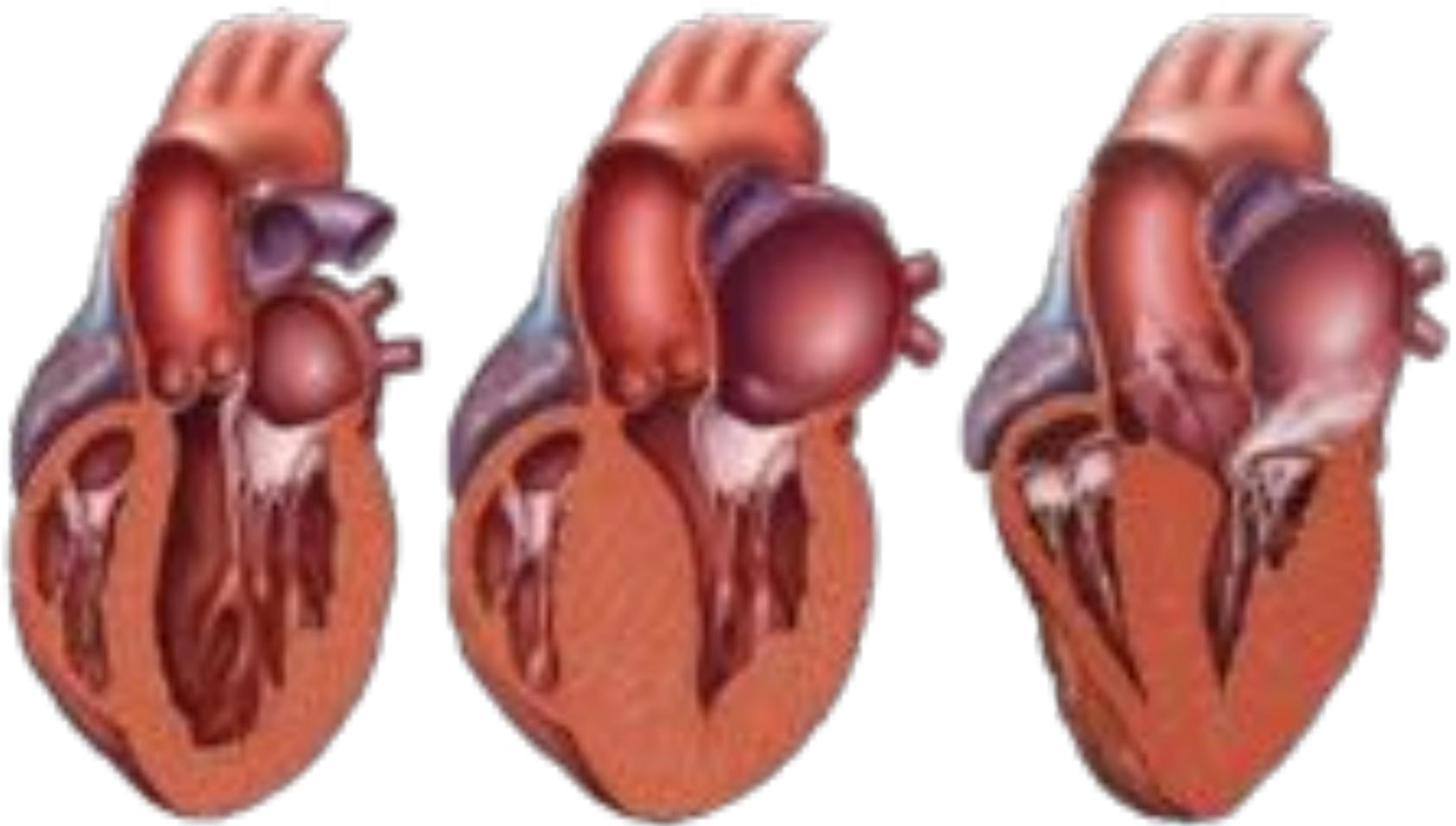


Esquema de corazón normal y varios fenotipos de MCH:

- Se diagnostica con un grosor parietal igual o mayor a 15mm en telediastole.
- **A**, normal; **B**, MCH septal asimétrica con obstrucción del tracto de salida; **C**, MCH septal asimétrica sin obstrucción del tracto de salida; **D**, MCH apical; **E**, MCH concéntrica; **F**, medioventricular; **G**, MCH que simula masa; **H**, MCH discontinua.

Los componentes fisiopatológicos que determinan los síntomas y el curso clínico de la MH son:

- la disfunción diastólica
- la isquemia miocárdica
- las arritmias (es una de las causas mas frecuentes de muerte súbita en jóvenes)
- la obstrucción al tracto de salida ventricular izquierdo



A

B

C

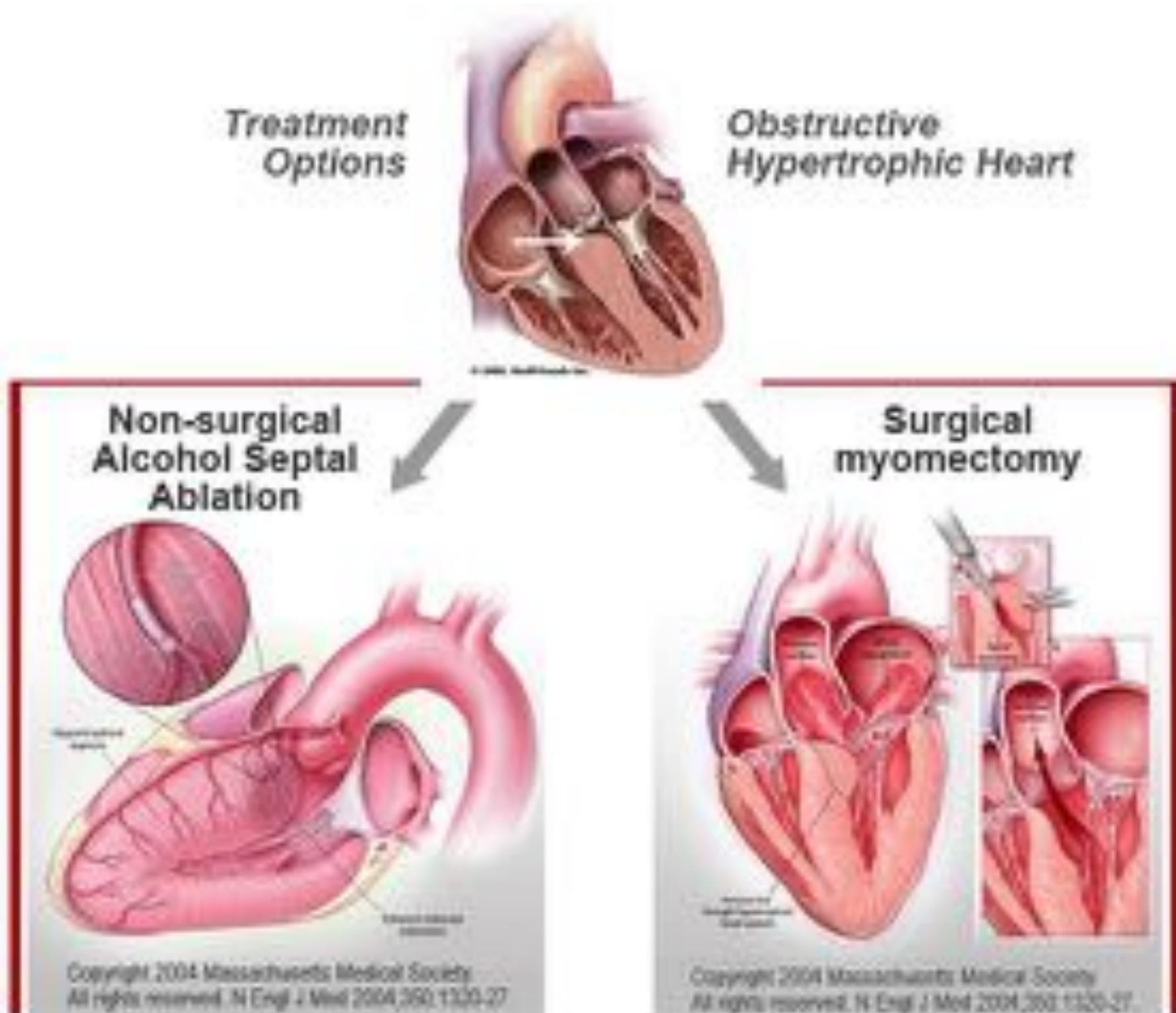
A: VI normal en diastole

B: MCH en diástole

C: MCH con SAM (movimiento anterior sistólico) de la valva mitral anterior que condiciona insuficiencia mitral.

TRATAMIENTO DE LA MCH

- La 1. elección es el tto **farmacológico**: mejora la disfunción diastólica y previene la arritmia. Consigue un adecuado control de los síntomas en la mayoría de los casos.:
- Los que no responden a tto médico (5% aproximadamente) son candidatos a una terapia invasiva:
 - **Marcapasos DDD**
 - **Ablación miocárdica septal transluminal percutánea**
 - **Cirugía**



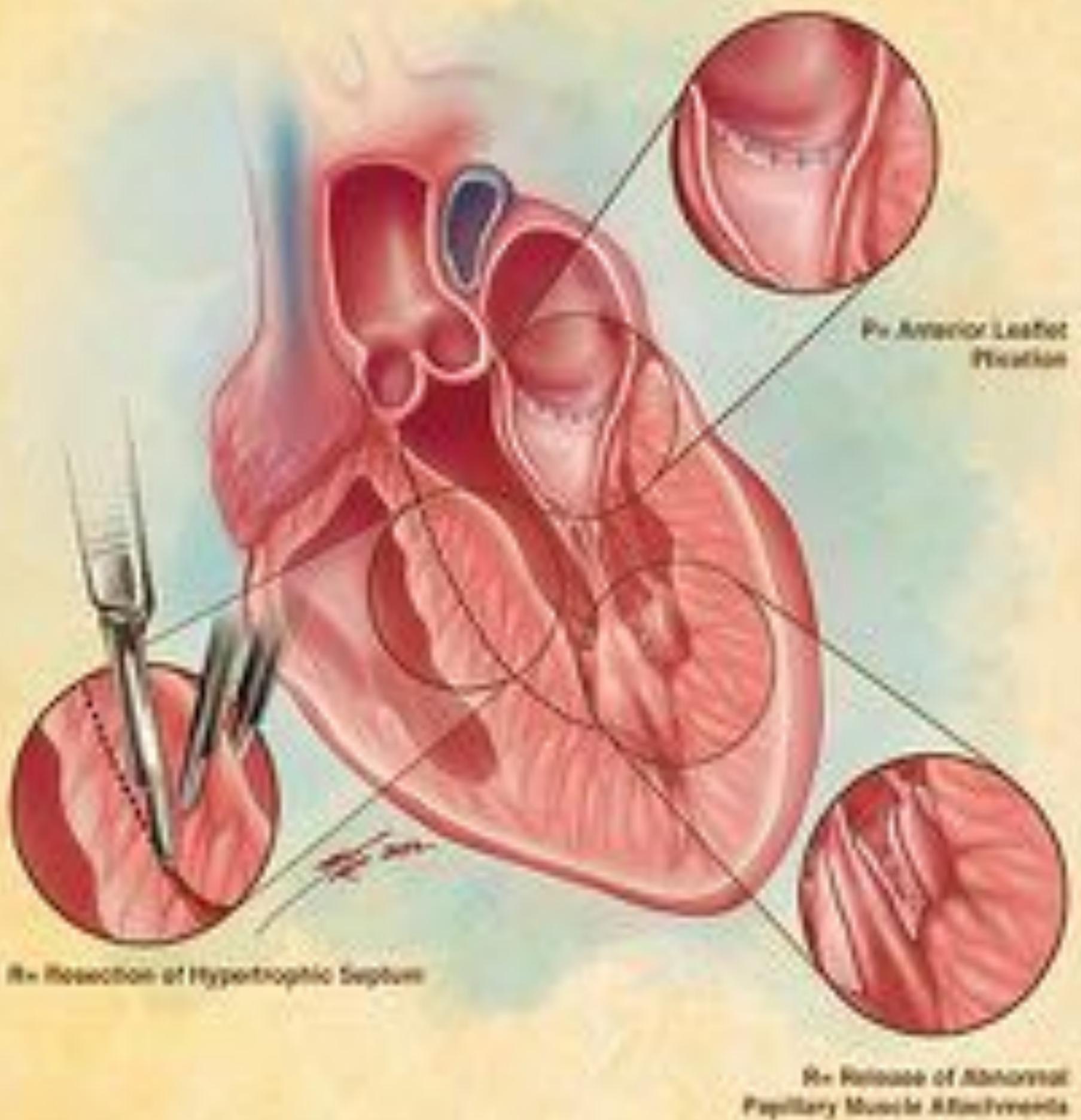
TRATAMIENTO QUIRÚRGICO DE LA MCH

- **La indicación** general es la coexistencia de:
 - Un gradiente severo de al menos 50 mmHg,
 - Síntomas limitantes y/o
 - Síncope recurrente a pesar de un tratamiento médico adecuado.
- **Los objetivos :**
 - Alivio de la obstrucción subaórtica
 - Resolver la insuficiencia mitral
 - La normalización de las presiones ventriculares aumentadas.
- **La técnica quirúrgica:**
 - Más ampliamente utilizada es la [miectomía septal transaórtica o intervención de Morrow](#), la cual se realiza a través de una aortotomía, sin apertura del ventrículo y con escasa visibilidad.
 - Se han logrado excelentes resultados combinando diferentes técnicas: [«Resection-Plication-Release operation »](#) (RPR):
 - Resección miocárdica
 - Plicatura de la valva mitral
 - Recolocación-resección parcial del musculo papilar anterior.

Miectomía septal transaórtica o intervención de Morrow



Resection-Plication-Release (RPR) Repair for Hypertrophic Cardiomyopathy



Surgical Myectomy for Hypertrophic Cardiomyopathy in the 21st Century,
the Evolution of the 'RPR' Repair:
Resection, Plication, and Release.
Swistel D, Balaram S
Progress in Cardiovascular Disease, 2012

EL RIESGO QUIRÚRGICO

- La complicación más frecuente de la cirugía son los **trastornos de la conducción** intraventricular. Hasta un 70% bloqueo de rama izquierda posquirúrgico. Los grados mayores de bloqueo son menos frecuentes y, de ellos, sólo el 3-5% precisan un marcapasos definitivo.
- El otro gran grupo de complicaciones son las mecánicas, como **regurgitación mitral** importante, **insuficiencia aórtica** severa secundaria a la aortotomía, disfunción ventricular, perforación de pared libre o **comunicación interventricular** por resección excesiva de un septo no demasiado hipertrófico. La incidencia de comunicación interventricular varía entre el 1 y el 5%.
- La **mortalidad** perioperatoria es del orden del 7-8%.



**TAC cardiaco.
Proyección 3
cámaras: Flecha
roja:
Comunicación
interventricular
como complicación
posquirúrgica de
una miectomía de
Morrow**

¿PARA QUÉ EL MODELO 3D?

Si bien en casi todos los casos con el tto quirúrgico la mejoría clínica es notable, rara vez alcanzamos el resultado morfológico y funcional ideal o que hubiésemos deseado antes del procedimiento debido a las **limitaciones técnicas** y el **riesgo de complicaciones**.

Todo ello hace que hayamos buscado un método que nos ayude a solventar dichos problemas.

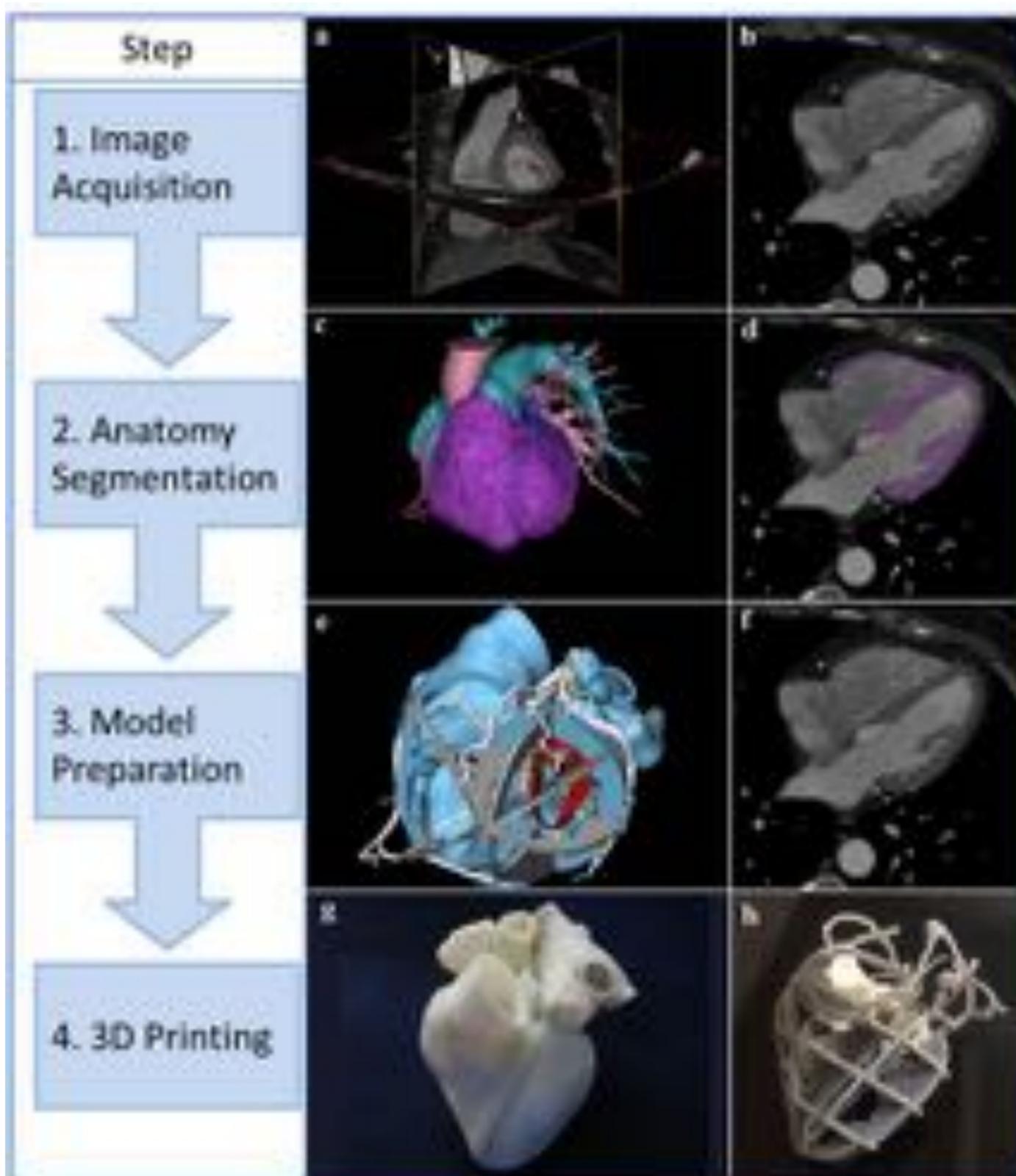
Creemos haberlo logrado empleando **modelos impresos en 3D** que aportan una información hasta ahora inimaginable.

La reconstrucción de imágenes multiplanares y volumétricas del corazón nos aporta una gran información; sin embargo, el empleo de biomodelos impresos en 3D nos ofrece la **posibilidad de** tener esa información plasmada en un modelo tangible y a tamaño real que permitirá al cirujano:

- **Explicar al paciente su patología y la cirugía**
- **Estudiar las posibles variantes anatómicas que condicionan el tto (p.e. músculo papilar accesorio)**
- **Valorar mejor las relaciones entre septo hipertrófico, valva mitral y musculo papilar.**
- **Planificar más detalladamente la técnica quirúrgica**
- **Ensayar los cortes**
- **Disponer en el mismo quirófano de un modelo de referencia .**

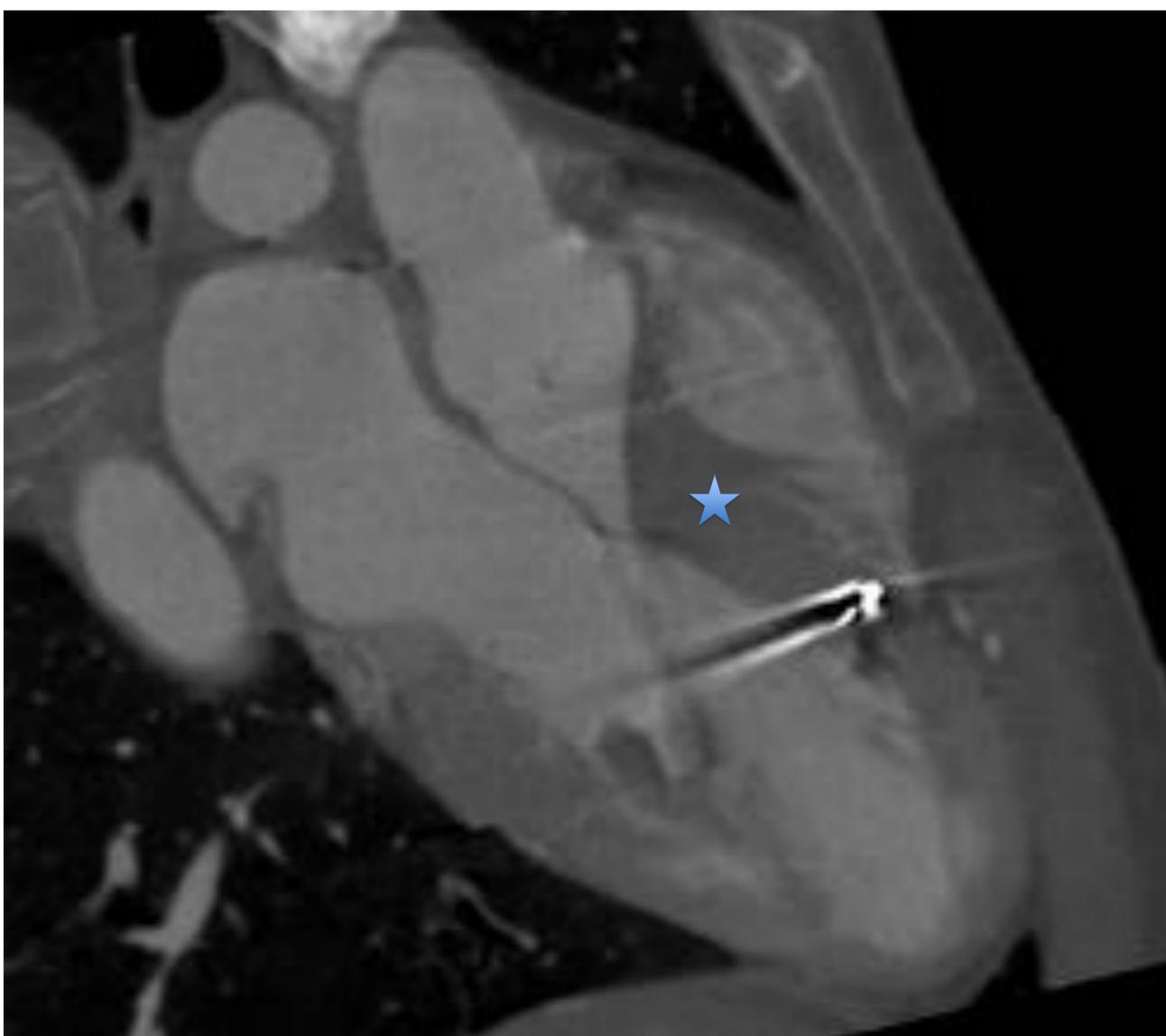
CÓMO PREPARAR UN BIOMODELO 3D

1. ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN: DICOM 3D
2. SEGMENTACIÓN DE LA IMAGEN A IMPRIMIR
3. PREPARACIÓN PARA LA IMPRESIÓN
4. IMPRESIÓN



CÓMO PREPARAR UN BIOMODELO 3D

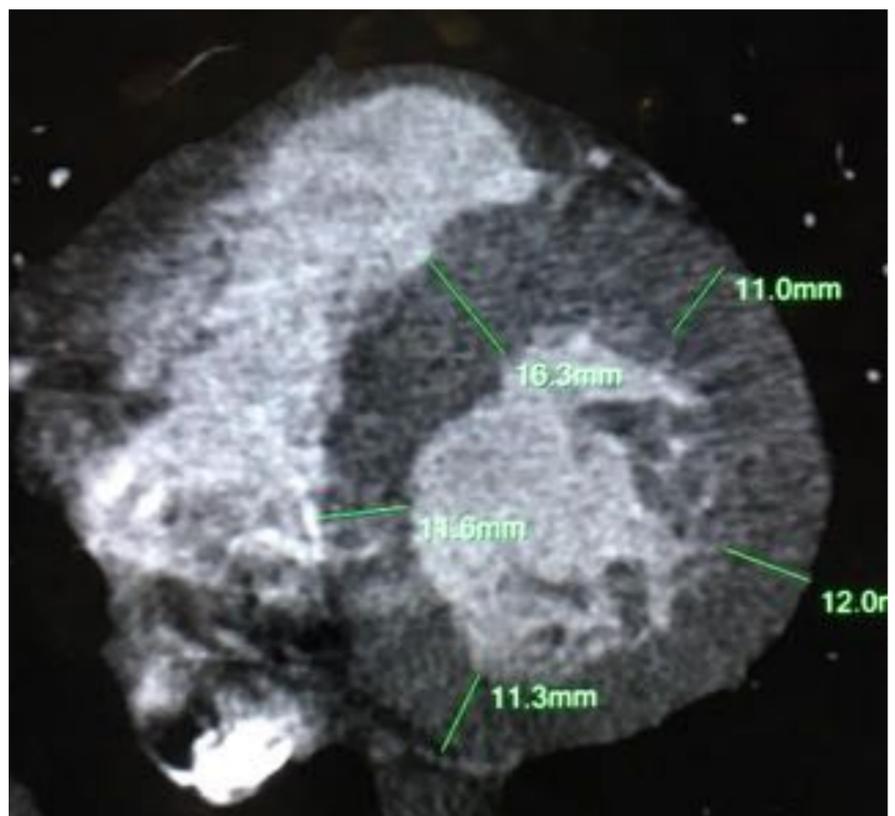
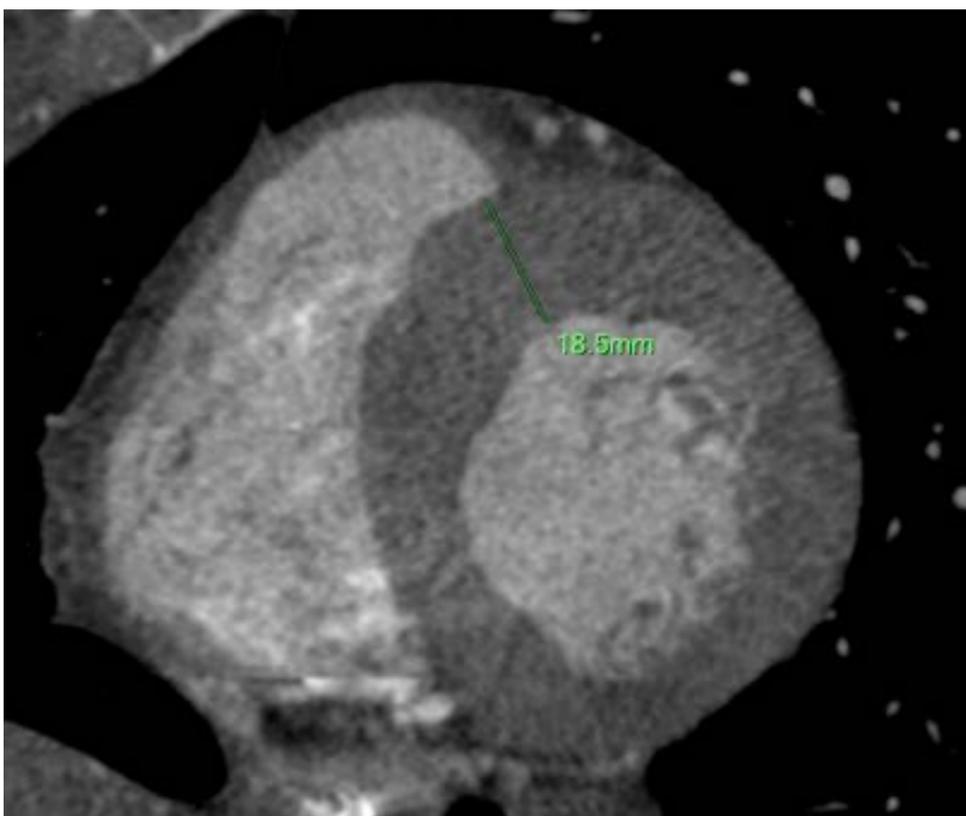
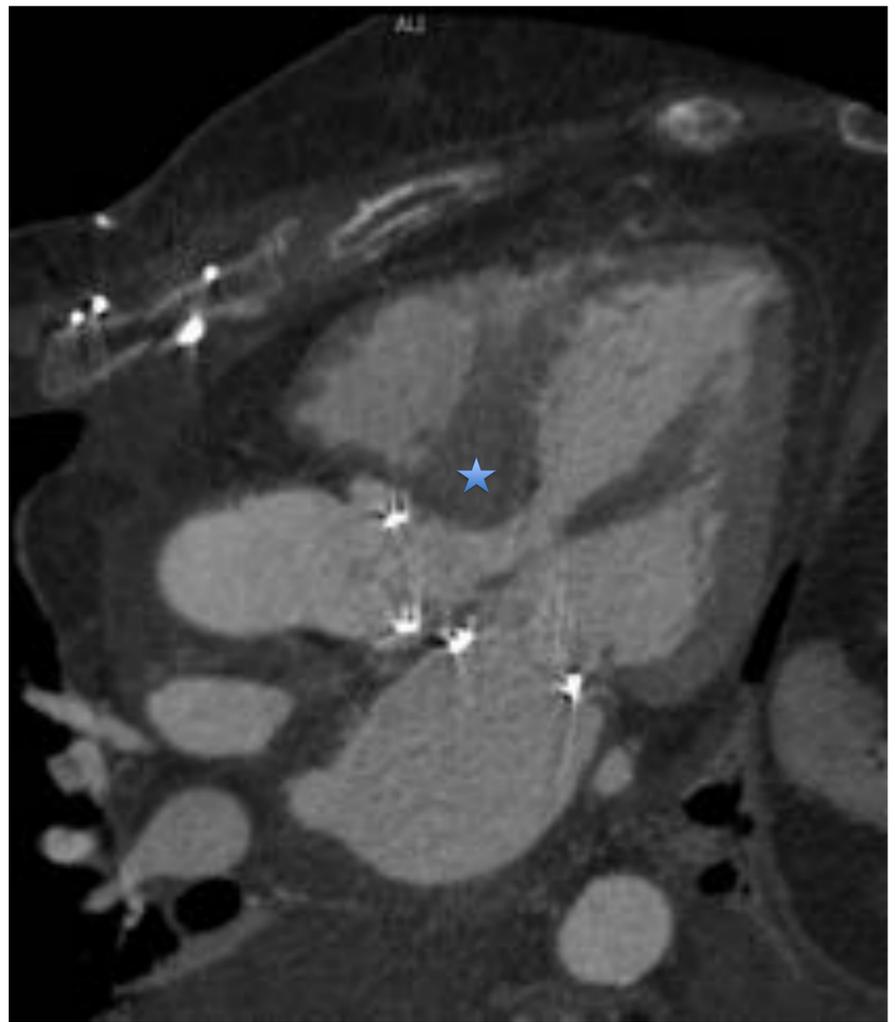
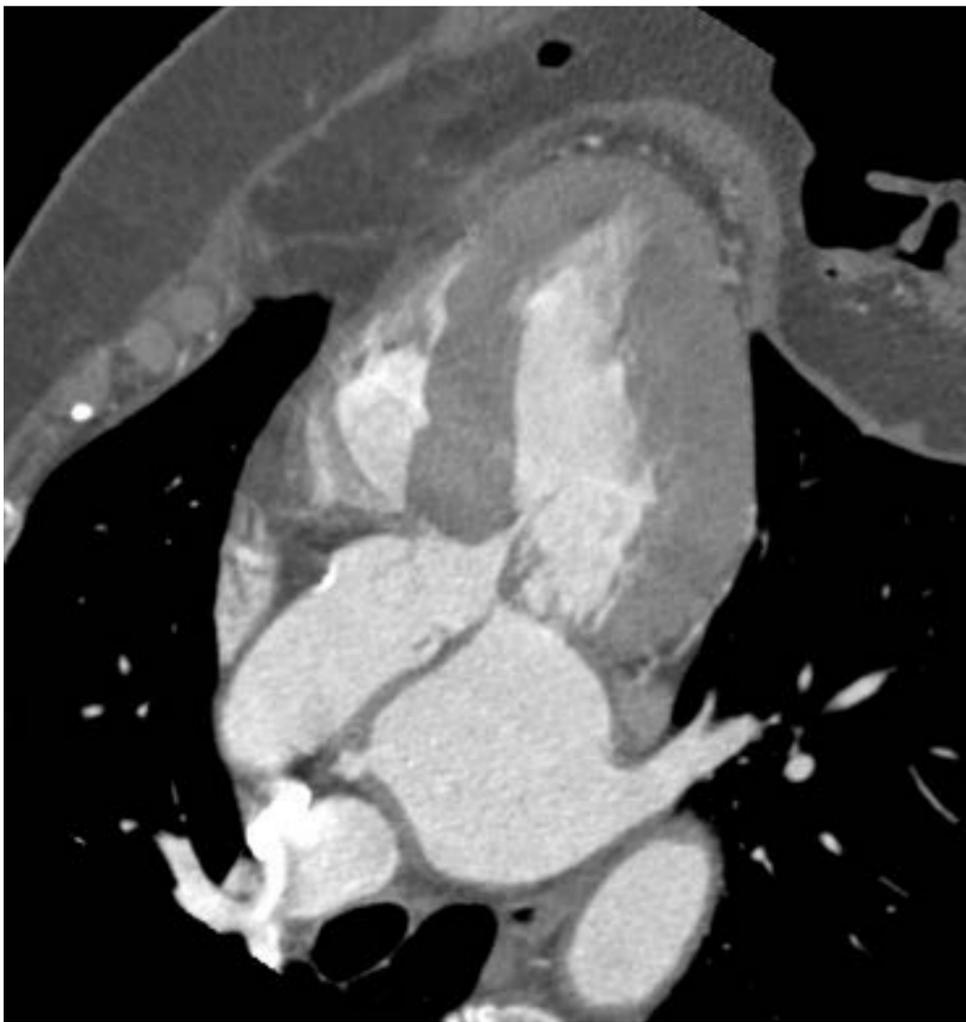
- Adquirimos las imágenes mediante **TAC 64 detectores**: Por su mayor resolución espacial consideramos la TCMD la técnica de elección para segmentar e imprimir modelos cardiacos en 3D, pero pueden emplearse imágenes de RM o ecocardiografía.
- Realizamos el estudio con sincronización ECG: prospectiva en telediástole (centrado en 90%-10% del intervalo RR) si solo nos interesa la anatomía del miocardio y retrospectivo de todo el ciclo cardiaco si también queremos estudiar la función y el comportamiento de la cavidad ventricular a lo largo del ciclo cardiaco.
- Este estudio nos permite a su vez valorar las arterias **coronarias**.



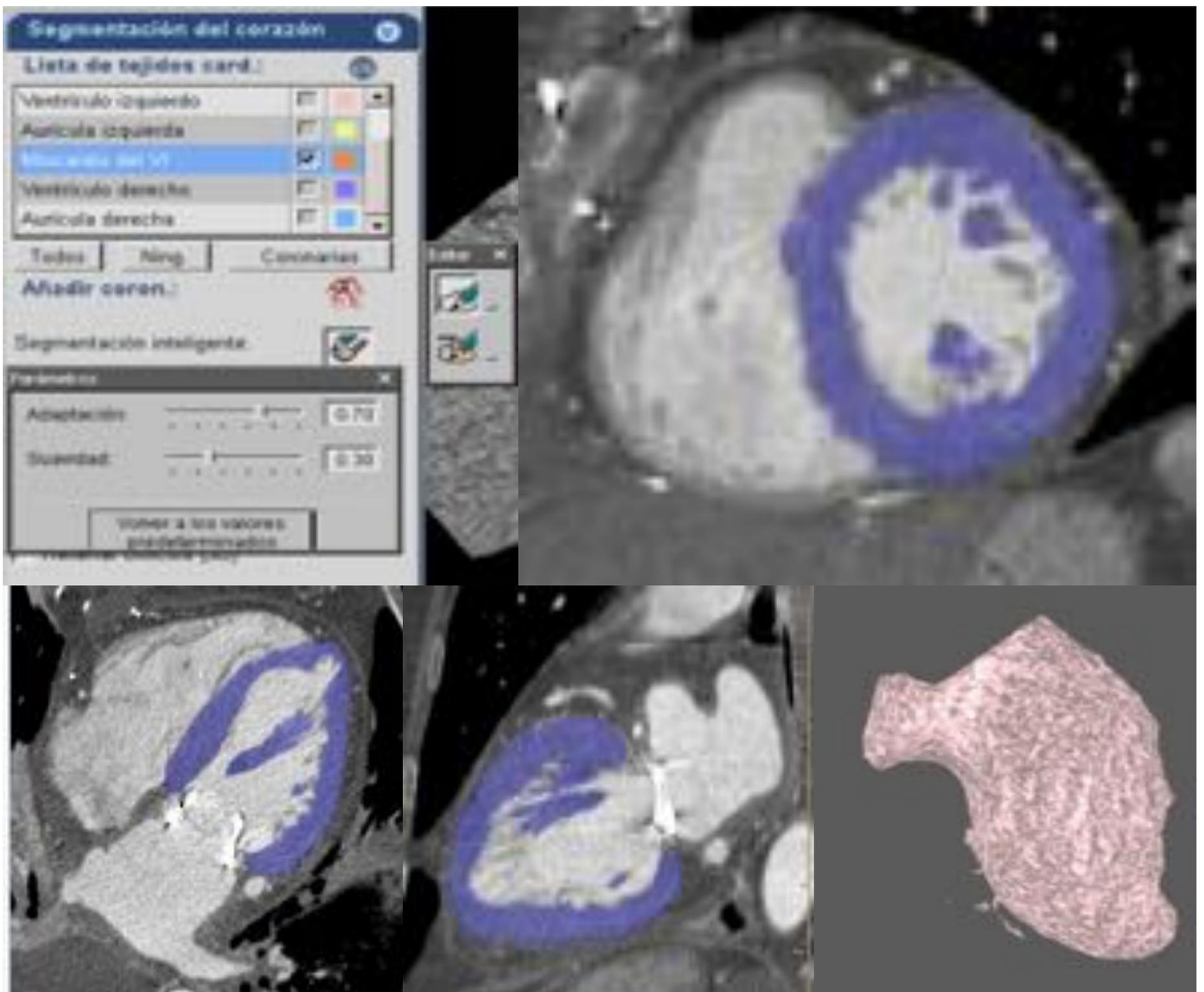
TCMD cardiaco
proyección 3C en
paciente con MCHO
para planificación
quirúrgica
★ Septo hipertrófico

Posteriormente procesamos las imágenes en una estación de trabajo. Esta es la fase más laboriosa en la preparación de los modelos :

Las proyecciones multiplanares **3 cámaras (3C)** y **eje corto (EC)** son las más apropiadas para valorar la extensión de la hipertrofia del septo y su relación con los músculos papilares y valva mitral anterior.

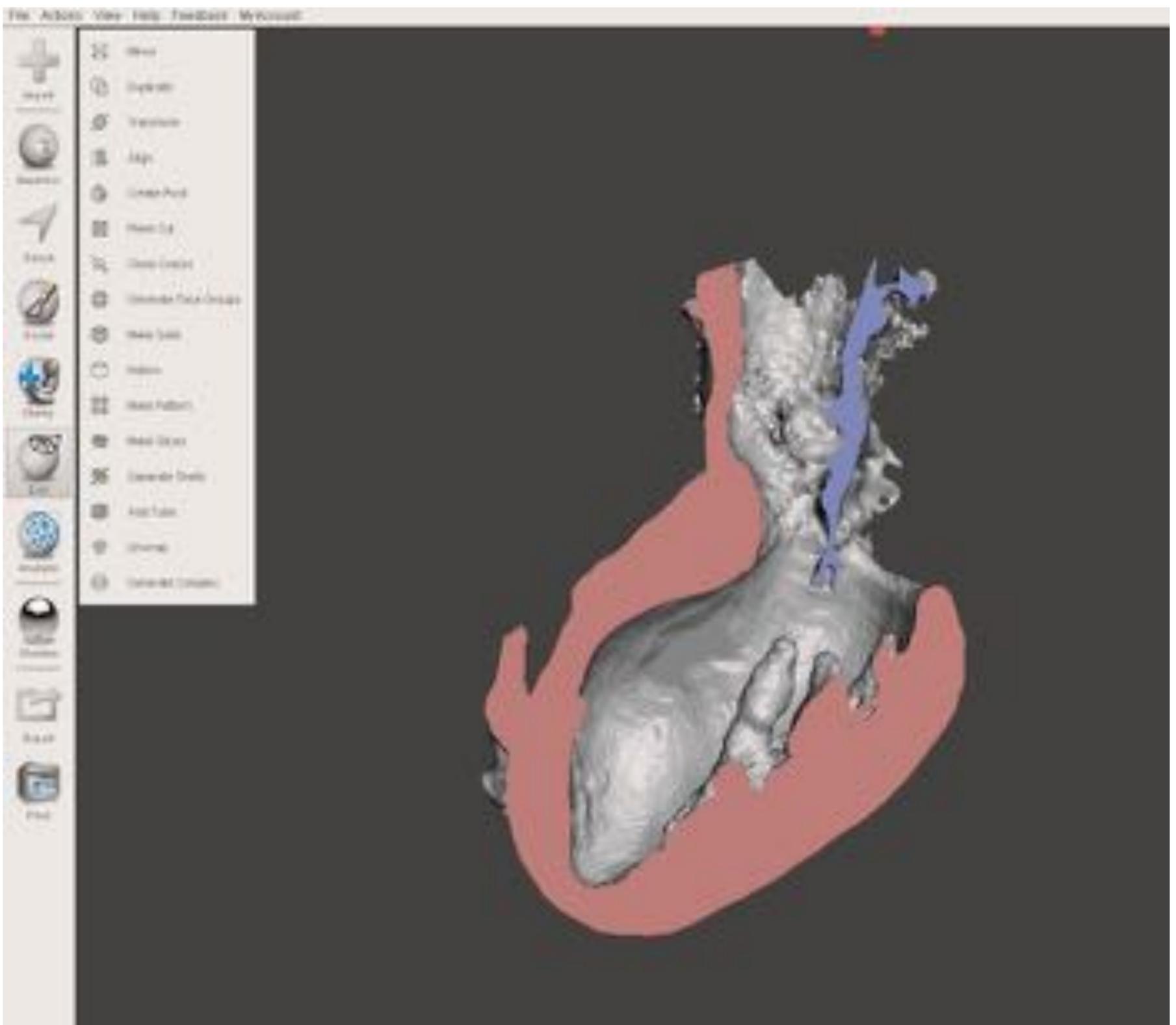


- Realizar una buena **segmentación** de lo que queremos imprimir es la clave en la impresión 3D:
 - Inicialmente realizamos una segmentación **semiautomática** grosera (mediante umbrales), para posteriormente añadir/restar estructuras con mayor **precisión**, para obtener una imagen volumétrica (volumen rendering, VR) en formato DICOM de la fase telediastólica.
- Guardaremos dicha reconstrucción en **formato STL** Stereolithography (.stl)



Posteriormente, mediante la herramienta de **CAD** (*Computer Aided Design*) (software gratuito), preparamos la imagen STL para la impresión:

Nos permite “suavizar” bordes, corregir contornos, añadir conectores entre estructuras separadas, realizar cortes en diferentes planos, abrir ventanas...

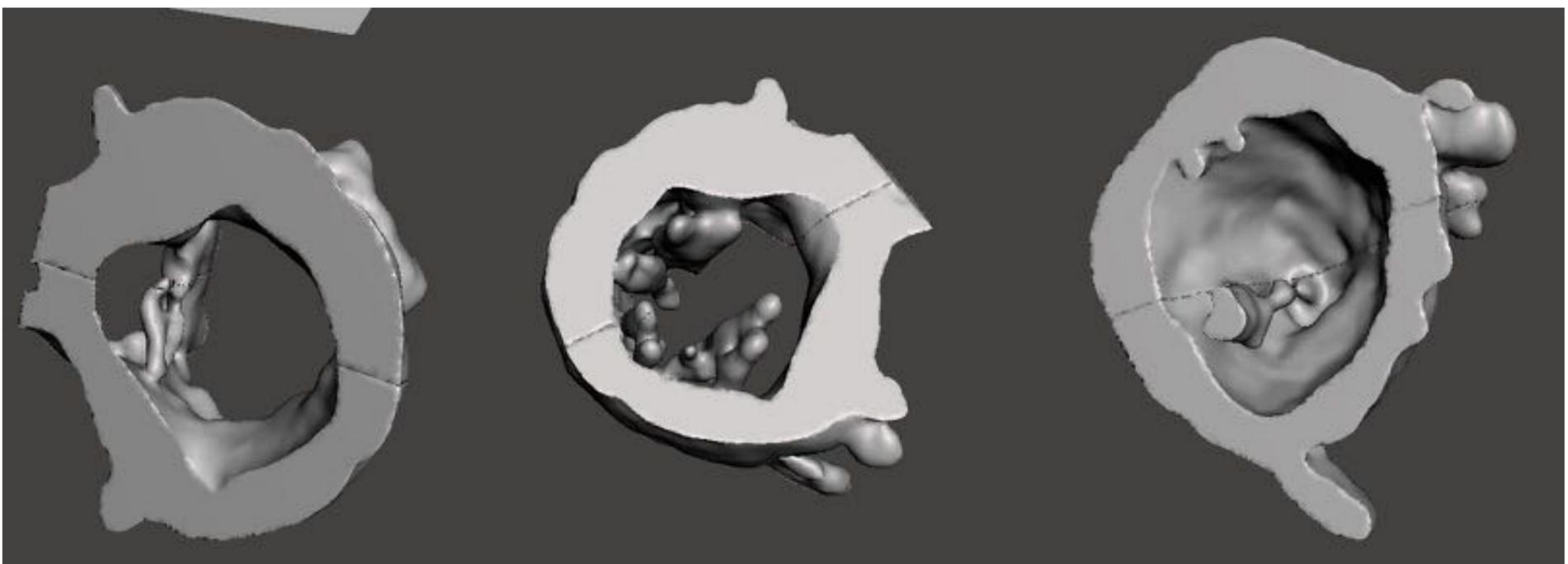
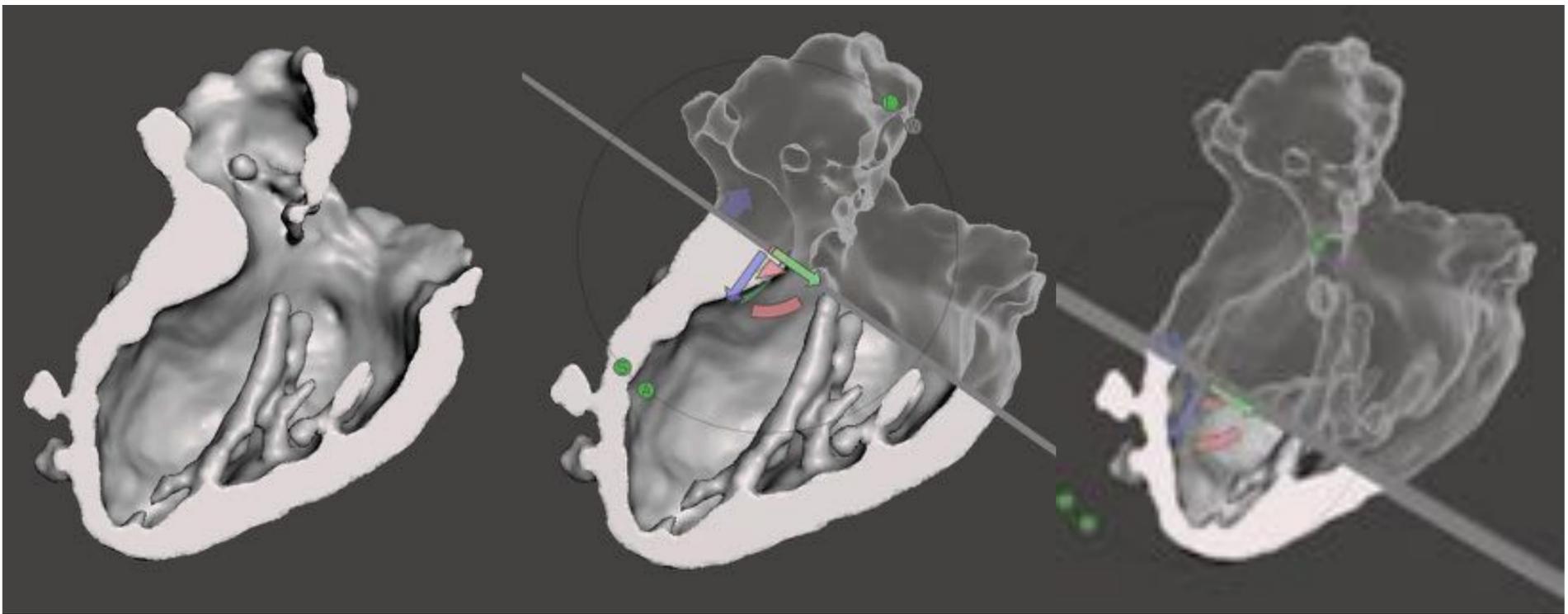


Software gratuito de CAD:

Preparamos para impresión las diferentes piezas:

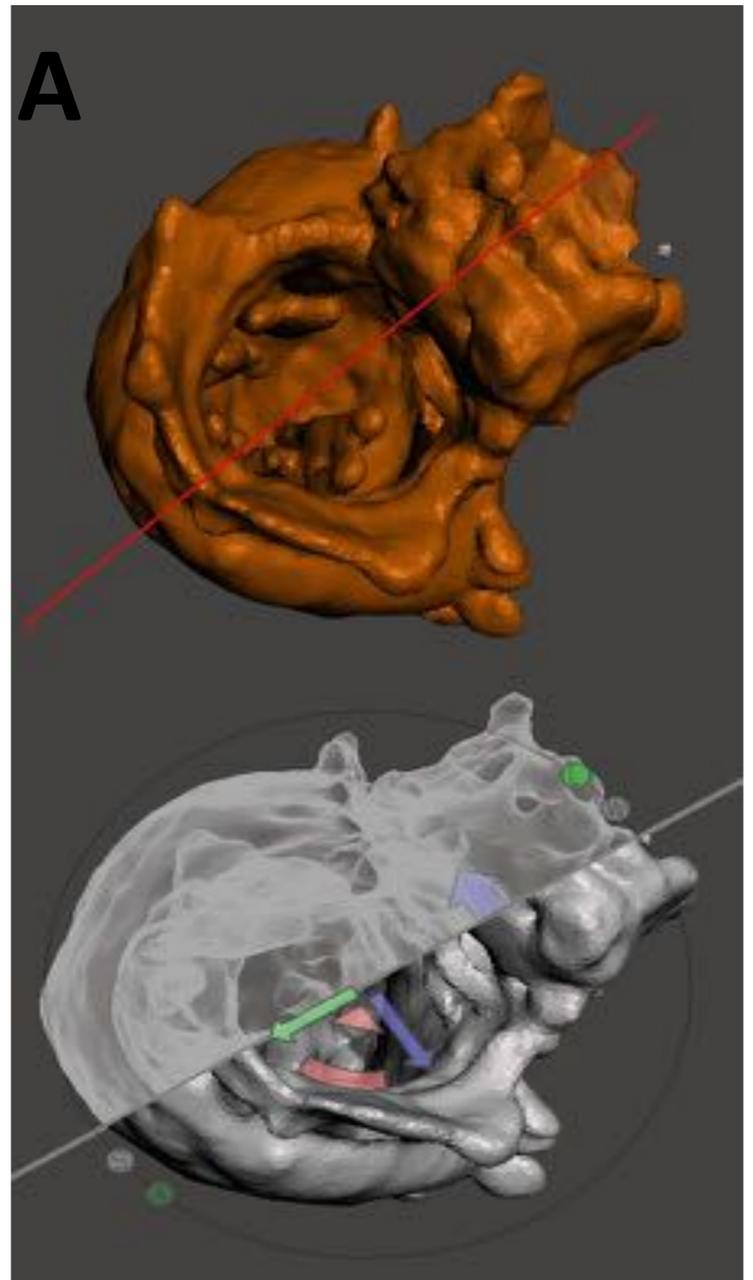
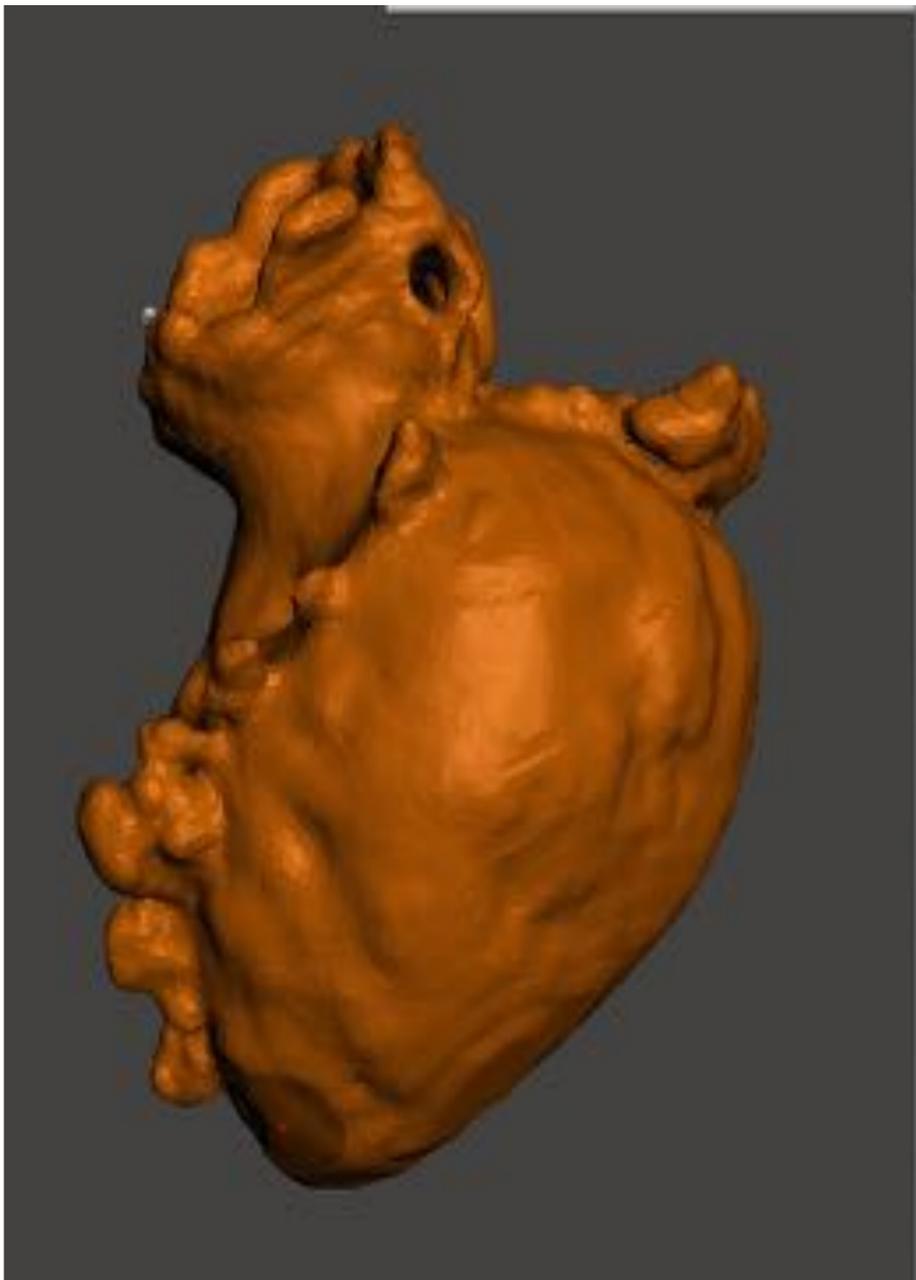
-2 piezas en 3C: anterior y posterior

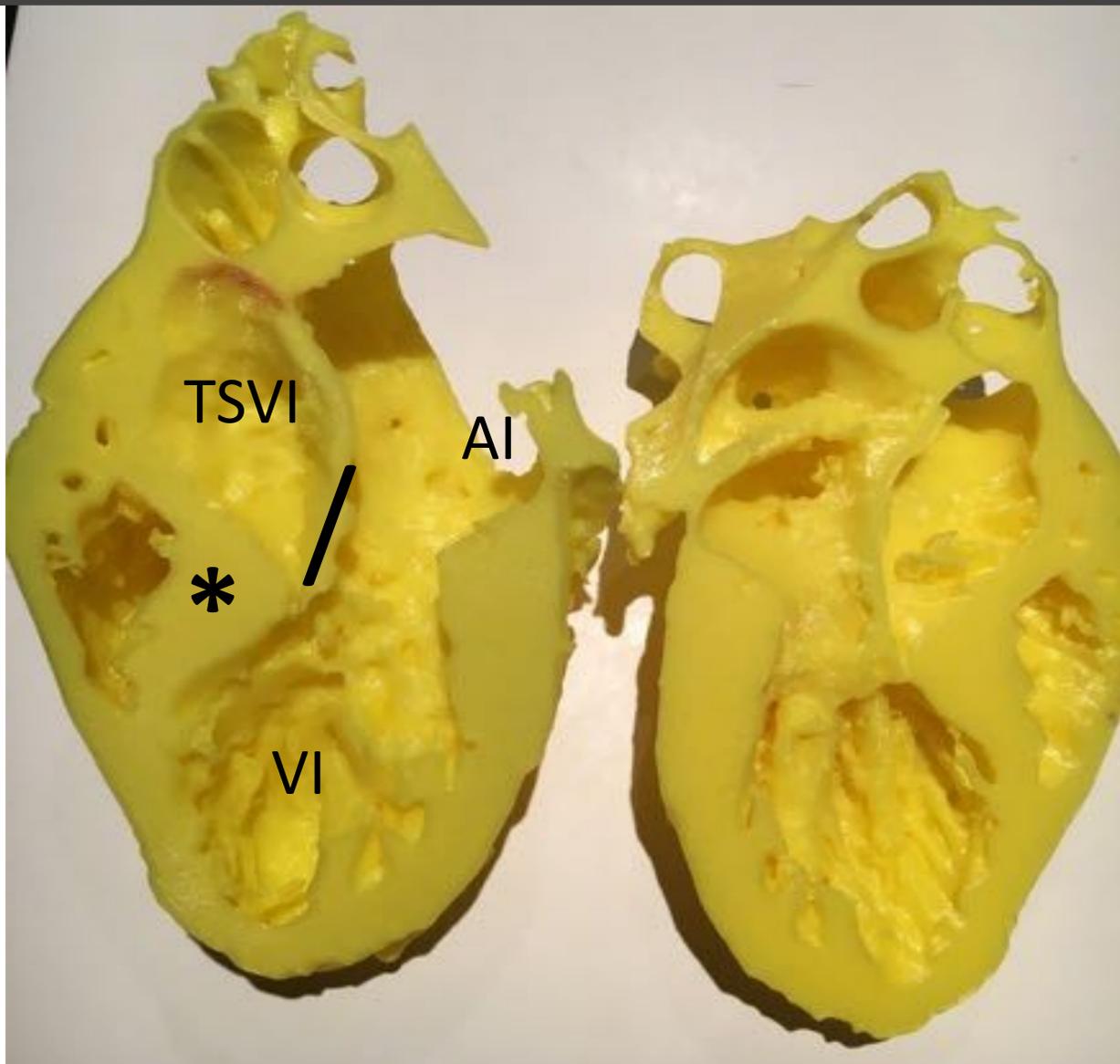
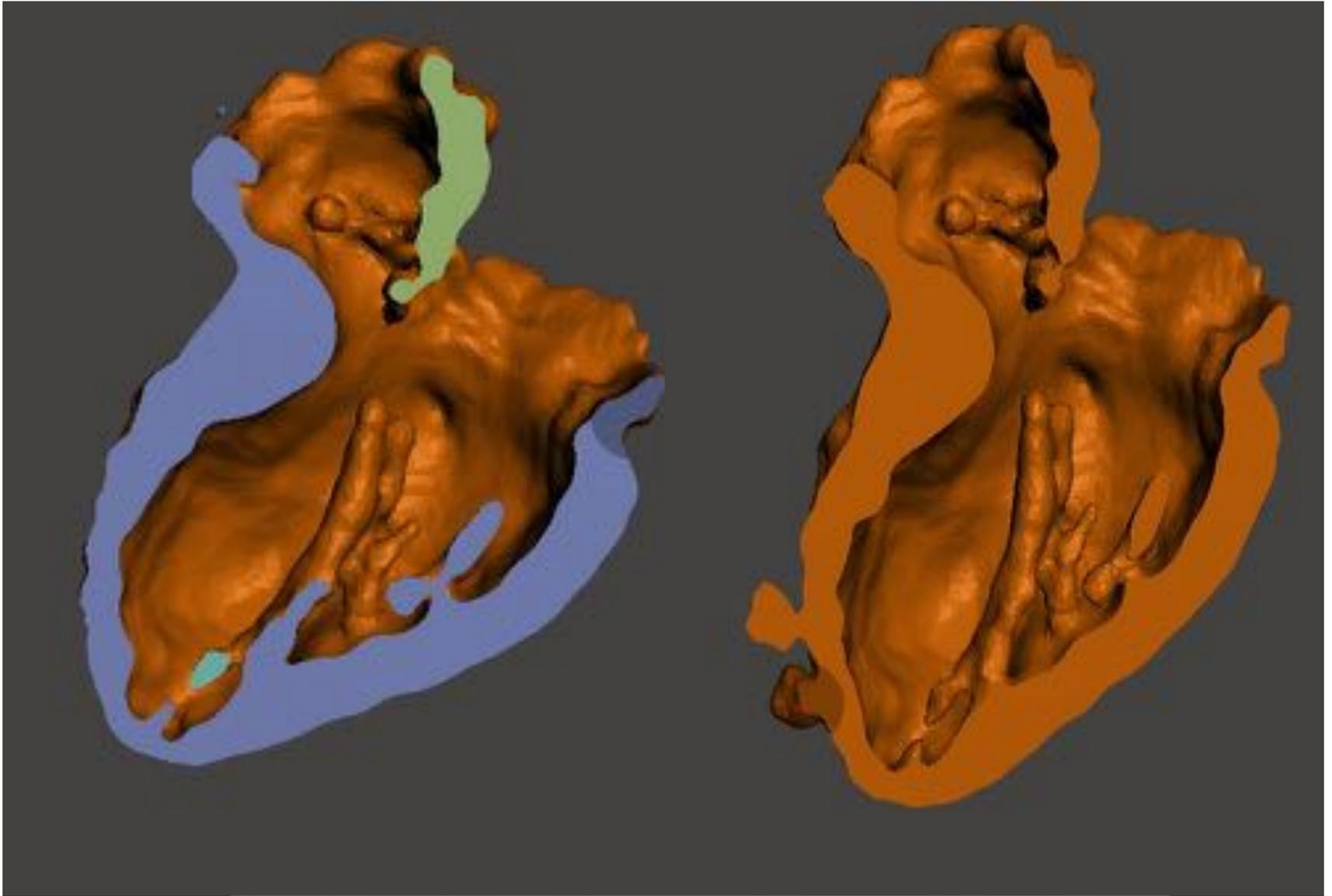
-3 piezas en eje corto: basal, media y apical



SEGMENTAMOS E IMPRIMIMOS los modelos 3D en dos ejes:

a-3 Cámaras: realizamos un corte (A) perpendicular a la valva mitral anterior dejando a cada lado el musculo papilar anterolateral y posteroinferior respectivamente: Permite alinear válvula aortica, TSVI, válvula mitral y ápex, debiendo ser clara la situación del anillo aórtico, pues nos informará a que nivel respecto al plano aórtico comienza y finaliza la hipertrofia, el tamaño de la valva anterior y la anatomía y posición de los músculos papilares. Especial interés tiene el septo membranoso por el riesgo de dañarlo en la resección.





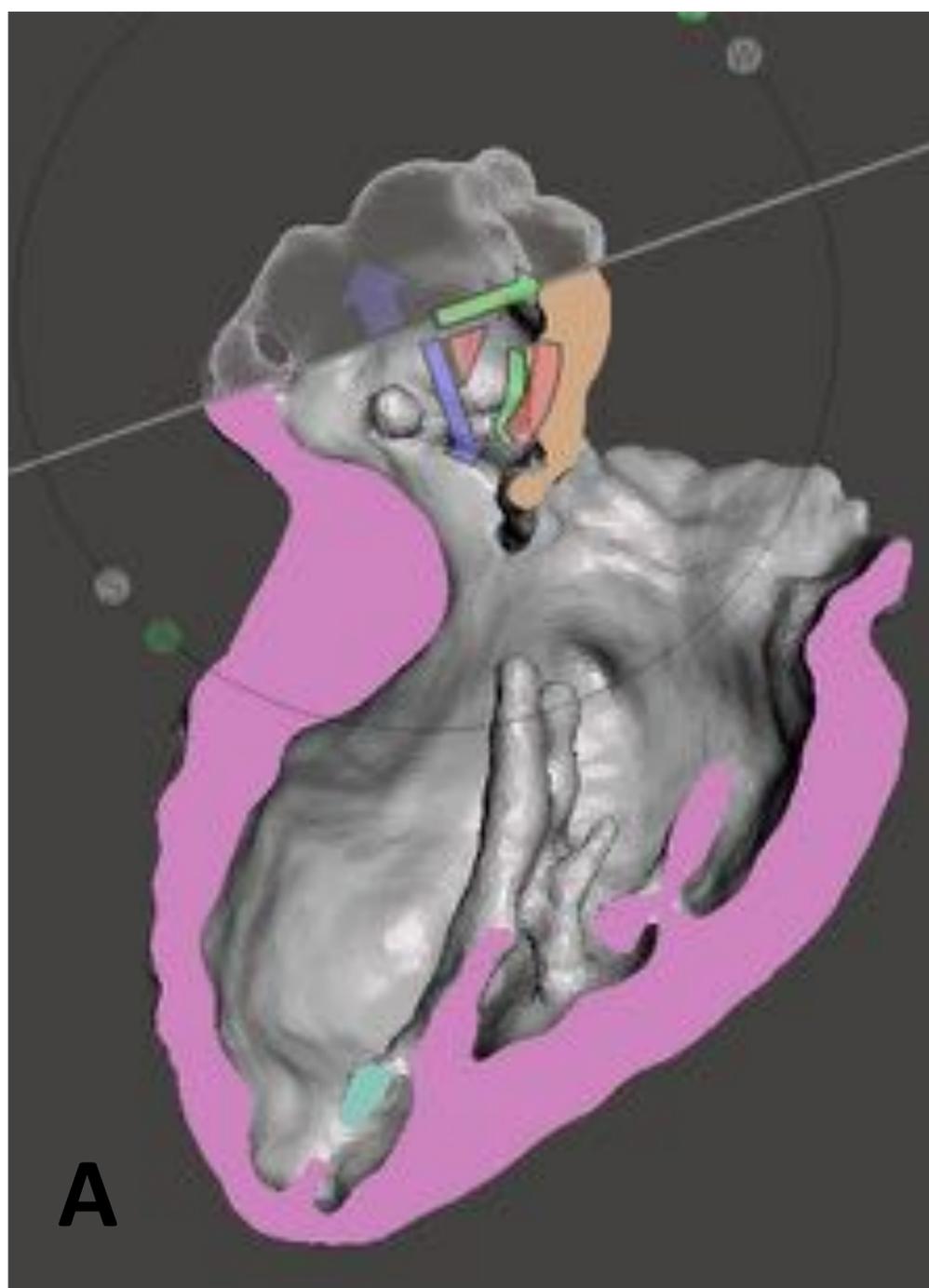
Biomodelo impreso:

Visión 3C :

*Hipertrofia asimetrica del septo
/ Valva mitral anterior

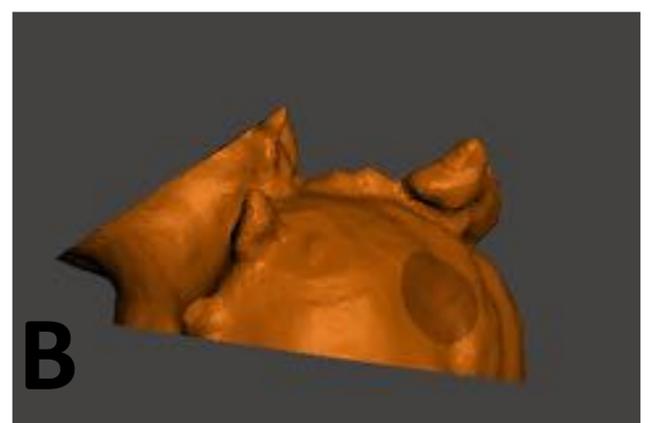
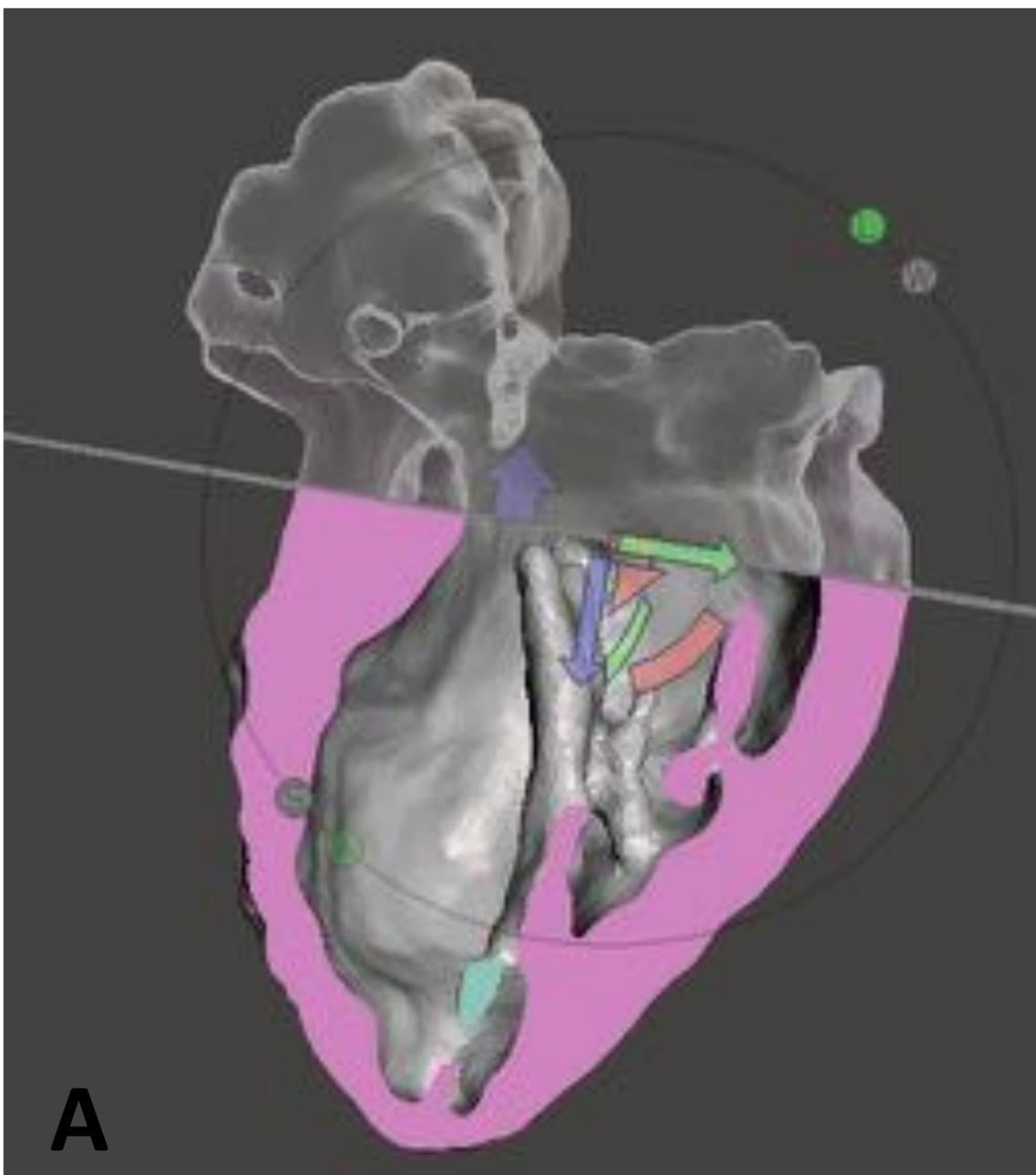
b- Eje corto: totalmente perpendicular al septo, pues permitirá visualizar el grosor real de este. Realizaremos tres cortes, de forma que se obtienen cuatro segmentos que conforman el modelo total:

1,Primer corte (A): a nivel de la válvula aórtica. Obtendremos así el segmento que denominamos **grandes vasos**, de escasa utilidad en esta patología por lo que no es impreso



b- Eje corto:

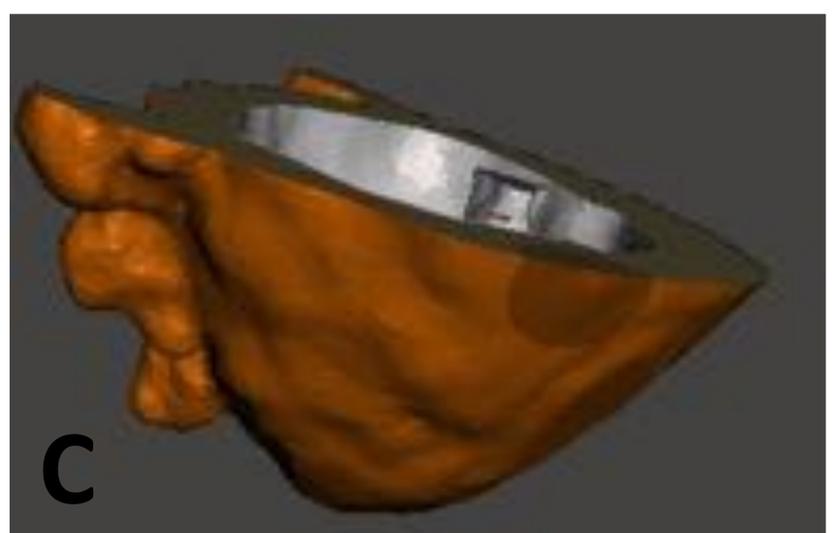
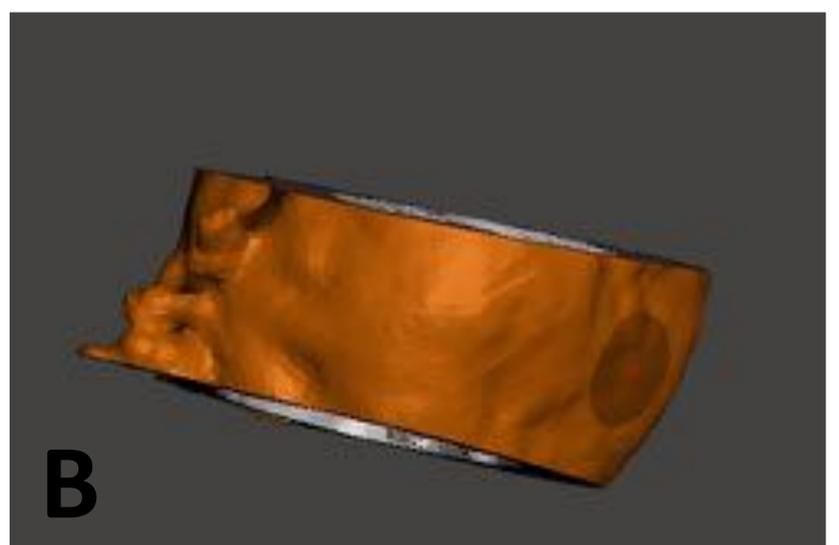
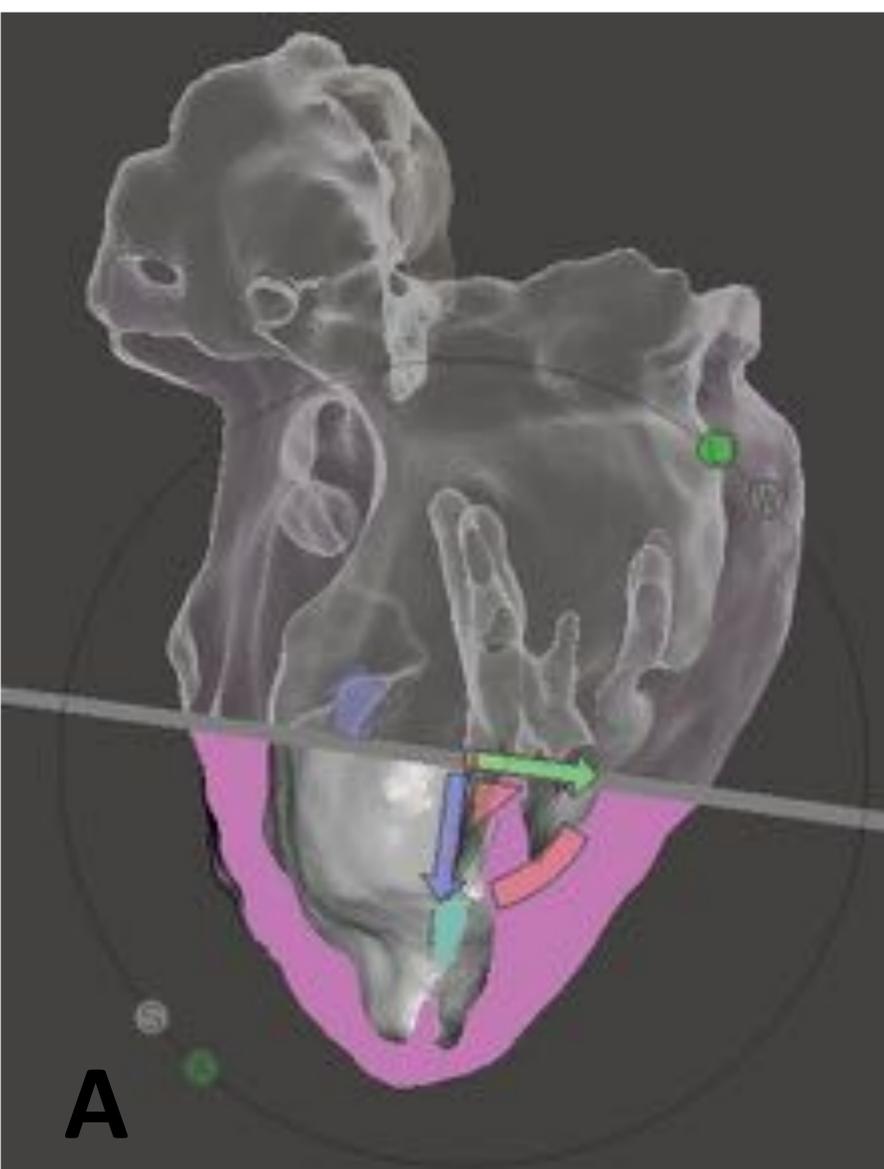
2, Segundo corte (A): a nivel de donde finaliza la valva anterior mitral cuando se encuentra totalmente abierta. Entre el corte anterior y este obtendremos el segmento basal (B), donde se haya el septo membranoso, y la zona donde la valva anterior mitral contacta con el septo durante el SAM.



b- Eje corto:

3, Tercer corte (A): a nivel de la implantación de los músculos papilares. Entre este corte y el anterior obtendremos el **segmento medial (B)** que describe la anatomía de dichos músculos: grosor, ubicación, separación del resto de pared libre, número de cabezas, así como la existencia de músculos accesorios. El segmento medial contiene habitualmente en la cara superior la zona de mayor grosor, incluso la existencia de cuerdas entre valva anterior y septo y en la cara inferior músculos papilares accesorios.

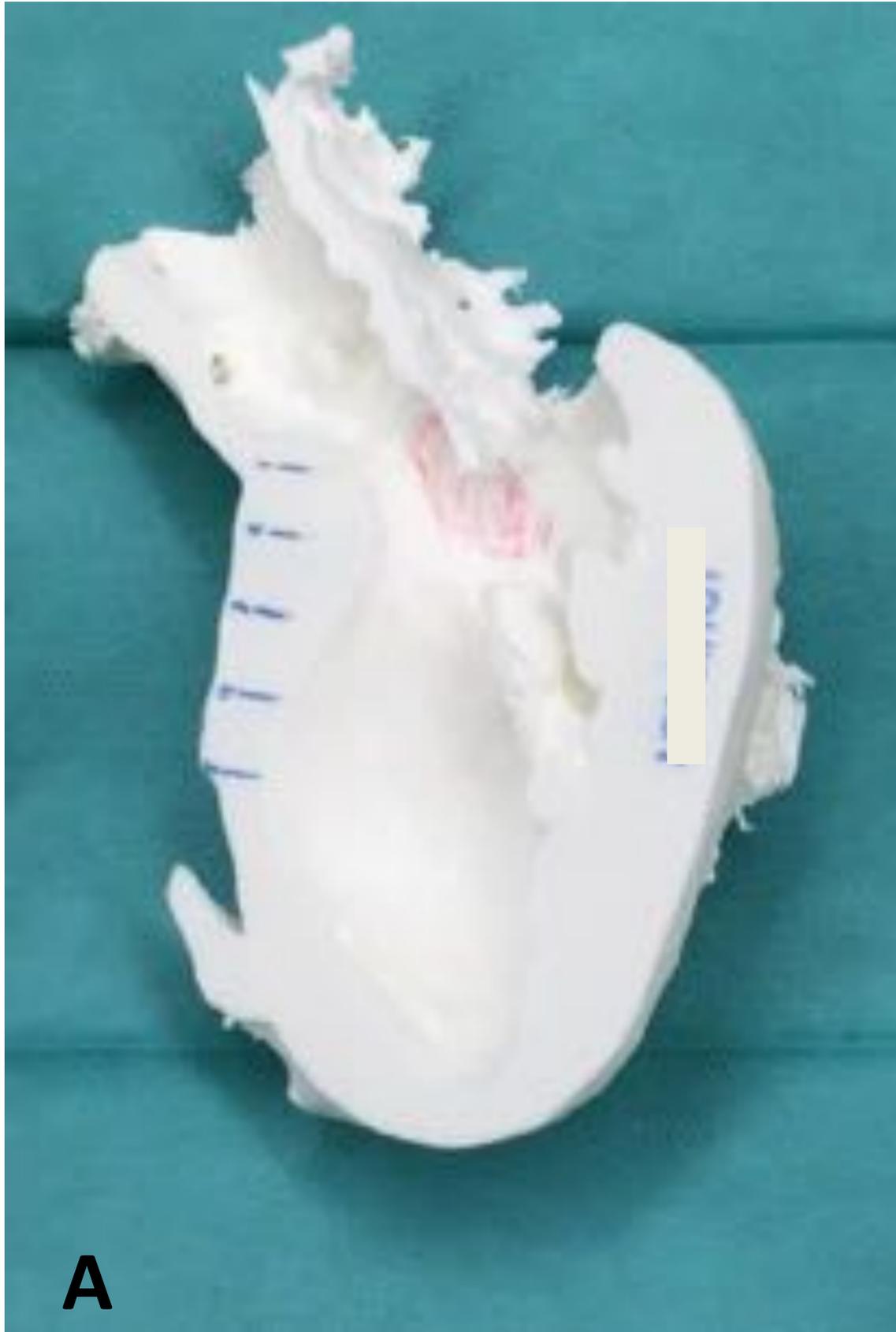
El segmento restante es el **segmento apical (C)** y muestra la hipertrofia de las trabéculas y la cavidad existente a ese nivel, valorando incluso el posible acceso a la cavidad ventricular por el ápex si fuese necesario.



- Tras revisar las pieza 3D virtuales resultantes en formato STL, las imprimimos. Disponemos de 2 tipos de impresora:
 - **FDM (fused deposition modeling)** que emplean un material termoplástico **PLA** (ácido poliláctico) con una altura de capa de 0.15mm y densidad interior del 15%.
 - **SLA (stereolitografía)** que imprime con **resina**.



- Dichos modelos serán **valorados conjuntamente por el equipo quirúrgico, el radiológico y el ingeniero** para validarlos, comparando las medidas de referencia y las del modelo.



El cirujano emplea los biomodelos para planificar con exactitud la cirugía de la MCHO:

A- modelo 3 cámaras: septo hipertrófico centrimetrado.

B- modelos eje corto



Biomodelos eje corto:

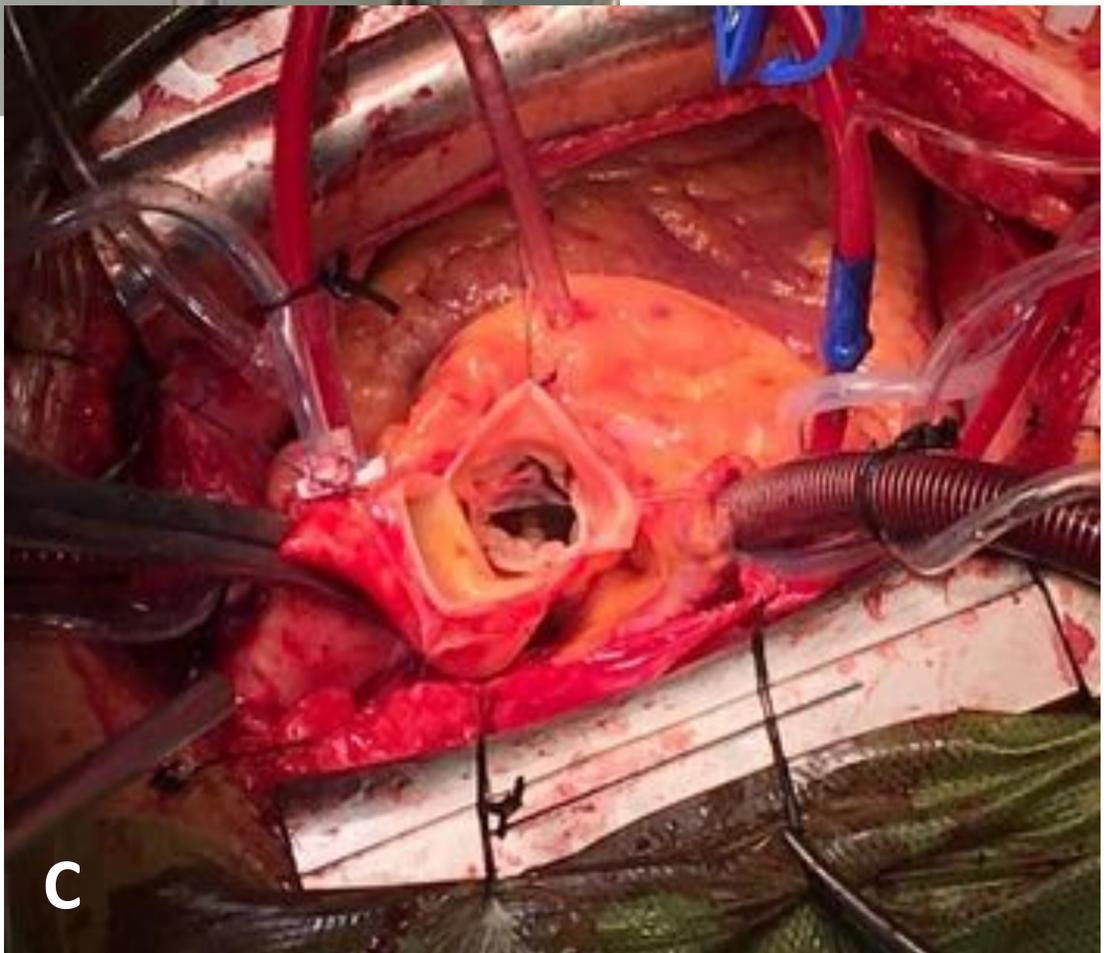
Segmentos apical, medio y basal respectivamente.



A



B



C

(A) El cirujano emplea en quirófano los modelos impresos como referencia anatómica.

(B) Se escoge el asa de diatermia adecuada al espesor de la miectomía (habitualmente 10 - 12mm) que se llevará a cabo, realizando marcas centimetradas en dichas asas para indicarnos el nivel de inicio y finalización de la resección según el modelo impreso.

(C) Acceso al campo quirúrgico a través de la aortotomía, con una visibilidad muy limitada.

seram 34

Sociedad Española de Radiología Médica

Congreso Nacional

PAMPLONA 24 MAYO
27 2018

Palacio de Congresos Baluarte

23 mayo Cursos Precongreso



En quirófano se emplea ecocardiograma transesofágico para verificar nuevamente el modelo y hacer el seguimiento del procedimiento.

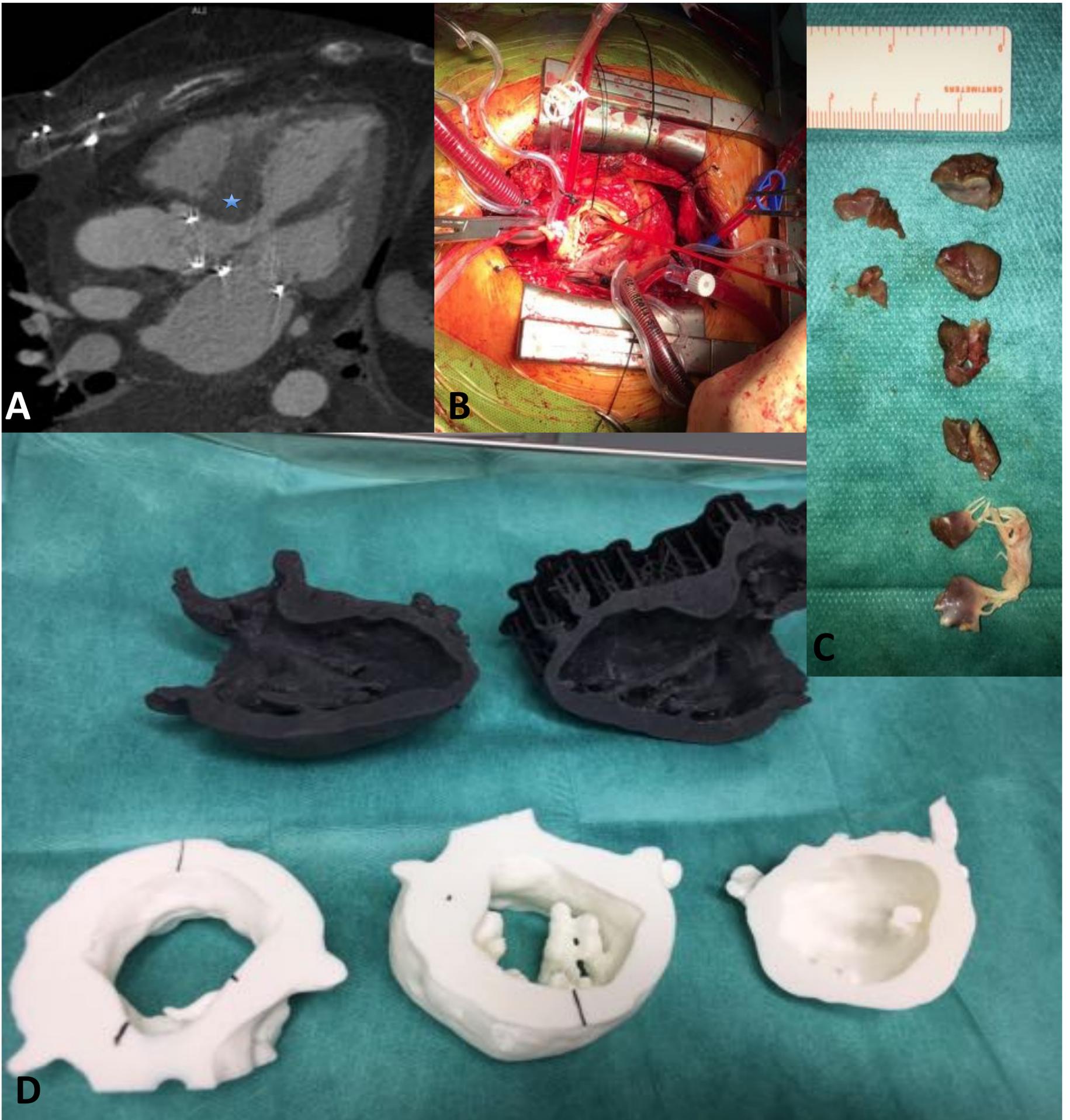


Segmentos miocárdicos extirpados.

El biomodelo 3D permite una resección más agresiva obteniendo una mayor cantidad de miocardio.

En la esquina superior derecha imagen de pequeño musculo accesorio.

Se realizará una ecocardiografía el día del alta hospitalaria para valorar la existencia de gradiente, SAM y la posibilidad de disminuir la medicación.



Paciente con MCHO:

- (A) TAC cardiaco 3C. La estrella representa el septo hipertrófico. Prótesis biológicas aórtica y mitral.
- (B) Fotografía de la aortotomía.
- (C) Segmentos resecados: se resecaron segmentos miocárdicos del septo, músculos papilares accesorios, valva mitral anterior nativa y cuerdas tendinosas.
- (D) Modelos 3D impresos en quirófano: 3C con resina y ejes cortos con PLA.

RESULTADOS

A pesar de que este planteamiento solo lo hemos aplicado en 4 enfermos, los resultados son alentadores, pues todos ellos permitieron una resección mucho mayor que de la forma habitual, hasta tal punto que ninguno de los casos así tratados, requirieron una resección a mayores en el mismo procedimiento, sin provocar daño a ninguna estructura adyacente, ni perforación o CIV y por supuesto en ningún caso requirió sustituir la válvula mitral.

La base de un óptimo resultado es el trabajo en equipo multidisciplinar con una adecuada coordinación de cardiólogos, cirujanos cardiacos, radiólogos e ingenieros biomédicos.



CONCLUSIÓN

Los modelos de impresión 3D permiten al cirujano una mejor planificación quirúrgica, antes y durante la cirugía de miocardiopatía hipertrófica obstructiva.

Conocer con exactitud y poder palpar en el modelo la anatomía exacta de cada paciente en esta cirugía en la que el campo quirúrgico está muy limitado, permite una resección más exacta, agresiva y segura, con mejores resultados y menos complicaciones.



BIBLIOGRAFÍA

- Estrategias terapéuticas en la miocardiopatía hipertrófica obstructiva sintomática. Rev Esp Cardiol. 2001;54:1311-26 - Vol. 54 Núm.11
- Tratamiento quirúrgico de la miocardiopatía hipertrófica obstructiva Rev Esp Cardiol. 2004;57:751-6 - Vol. 57 Núm.08 DOI: 10.1157/13064827
- Contrast-enhanced computed tomography with myocardial three-dimensional printing can guide treatment in symptomatic hypertrophic obstructive cardiomyopathy
ESC Heart Failure 2017; 4: 665–669
- Cardiothoracic Applications of 3-dimensional Printing.
(J Thorac Imaging 2016;31:253–272)
- Medical 3D Printing for the Radiologist
RadioGraphics 2015; 35:1965–1988
- Three-dimensional Physical Modeling: Applications and Experience
at Mayo Clinic¹
RadioGraphics 2015; 35:1989–2006
- Cardiac 3D Printing and Its Future Directions JACC Cardiovasc Imaging. 2017 February ; 10(2): 171–184.
doi:10.1016/j.jcmg.2016.12.001.

seram 34

Sociedad Española de Radiología Médica

Congreso Nacional

PAMPLONA $\frac{24}{27}$ MAYO 2018

Palacio de Congresos Baluarte

23 mayo Cursos Precongreso

FIN

¡¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!!