

seram 34

Sociedad Española de Radiología Médica

Congreso Nacional

PAMPLONA 24 MAYO
27 2018

Palacio de Congresos Baluarte

23 mayo Cursos Precongreso

Aplicaciones de la impresión 3D en Cardiología y Cirugía Cardiovascular: la experiencia en nuestro centro.

Autores: Luis Ángel Rubio Romero, Ainhoa Gandiaga Mandiola, Marta Lázaro Serrano, Roberto Voces Sánchez, Rubén García Fernández, Mercedes López Ferreras



Osakidetza

GURUTZETAKO UNIBERTSITATE OSPITALEA
HOSPITAL UNIVERSITARIO CRUCES

biocruces

osasan ikerketa institutua
instituto de investigación sanitaria

instituto de investigación sanitaria
instituto de investigación sanitaria

Objetivos docentes:

- Desarrollar los pasos necesarios para la creación de modelos 3D.
- Describir la experiencia de nuestro centro de la tecnología de impresión 3D aplicada al área de Cardiología y Cirugía Cardíaca.

Declaro que no existe ningún interés comercial o asociativo que presente un conflicto de intereses con el trabajo presentado.

Aplicaciones generales impresión 3D

- Planificación y simulación procedimientos quirúrgicos.
- Modelo de prueba para la elección de dispositivos implantables.
- Generación de material protésico a medida.
- Fines educativos y de investigación.
- Facilitar información sobre procedimientos y patología al paciente.



Aplicaciones específicas a Cardiología y Cirugía Cardiovascular.

Potencialmente aplicable a cualquier situación que requiera de **tratamiento individualizado**. En nuestro centro:

- Planificación y guía intraoperatoria en remodelamiento ventricular en miocardiopatía hipertrófica
- Selección de dispositivos percutáneos para sellado de defectos o cavidades (comunicación interventricular, orejuelas cardiacas...)
- Planificación de intervenciones en patología aórtica compleja

En otros centros:

- Selección-diseño de dispositivo TAVI, diseño personalizado de prótesis mitrales...

Equipo multidisciplinar interconectado

- Sistema de petición **unificado**.
- Almacenamiento de modelos .STL y base de datos
- Herramienta de **comunicación** entre profesionales

Impresión 3D

Esitaren duen Zerbitzua

Servicio que solicita

Martxamendatarako pertsona

Pertsona de contacto

Martxamendatarako telefonoa

Teléfono de contacto

Martxamendatarako helbide elektronikoa

Correo de contacto

Pasienteari erreferentzia kodetua (beharrezkoa bada)

Referencia del Paciente Codificada (si lo requiere)

Segmentatu beharrezko eremua (beharrezkoa bada)

Zona de interés a segmentar (si lo requiere)

Eredua zehaztarako esitatzaren den

Para qué se solicita el modelo:

- Biomodelo para abordaje quirúrgico
- Biomodelo para entrenamiento quirúrgico
- Biomodelo para docencia
- Biomodelo para comunicación con paciente
- Biomodelo para el preconformado de placas
- Instrumentos de guiado/lapaja en intervención
- Otros

Eredua nolako behar den (ezker eguna)

Fecha límite requerida para el modelo

Segmentatu Eremua

Archivo segmentado:

ii haga clic aquí para adjuntar un archivo

Enviar



Adquisición del estudio

- Cualquier técnica multiplanar (CT, MR, US)
 - **Cardio-CT:** Pared miocárdica, Tracto de salida ventrículo izquierdo, raíz aórtica y aorta ascendente.
 - Durante cirugía asistolia → adquisición en telediástole

Protocolo Cardio-TC

- Hélice, 64 x 0,625 mm
- Kv 120
- Gating cardiaco prospectivo
 - FC <65 lpm
- Modulación dosis mA
 - Start 90-End 10
 - No modulación



Alternativas

Protocolo RM

- 3D Balanced Turbo FFE (SPIR).
- Navegador respiratorio (5-10 '),
- Gating cardiaco.

Ecocardiografía transesofágica

Modo 3D: Patología valvular



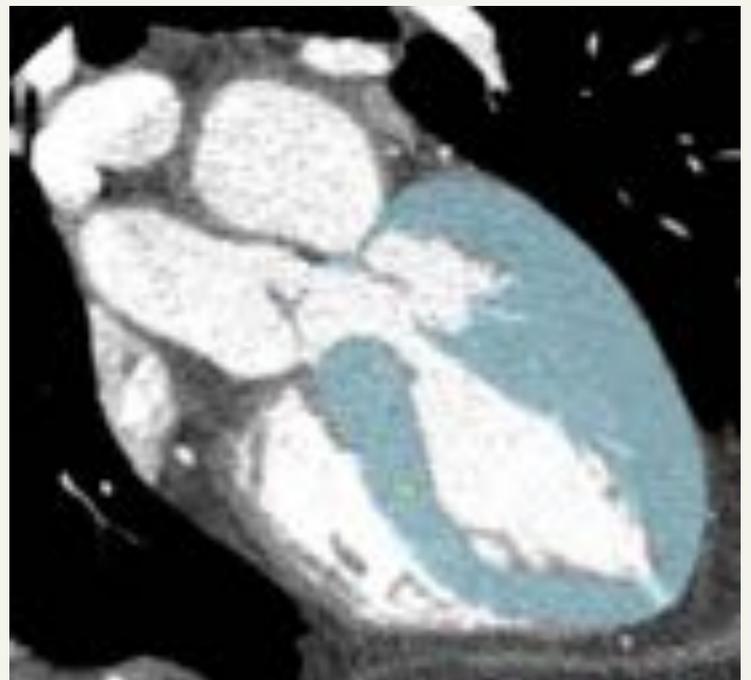
Válvula aórtica mixomatosa
adquisición volumétrica ETE

Segmentación:

- Extracción de modelo .STL volumétrico a partir de estudio de imagen (DICOM).
- Software diagnóstico vs dedicado
 - IntelliSpace Portal[®], Osirix[®], AW4.5[®]...
 - Materialise Mimics[®], 3D Slicer[®], Vítrea[®]...
- Segmentación **directa** vs **indirecta**
"Hollowing"

Segmentación directa:

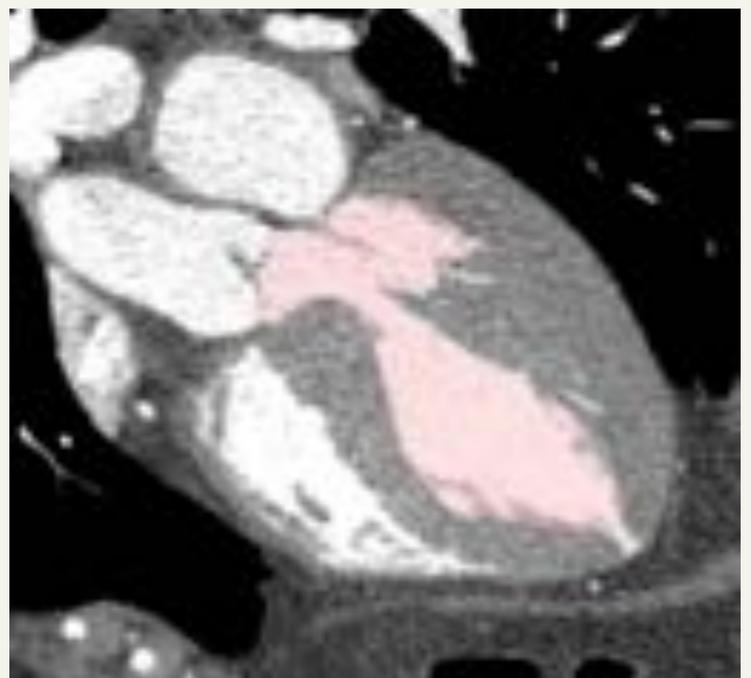
- Estructura de atenuación intermedia (pool contraste y grasa epicárdica).
- Mayor precisión de endo-exocontornos.
- Permite comprobación del modelo en MPR previo a postproceso.
- Mayor dificultad y tiempo necesario.



Segmentación indirecta

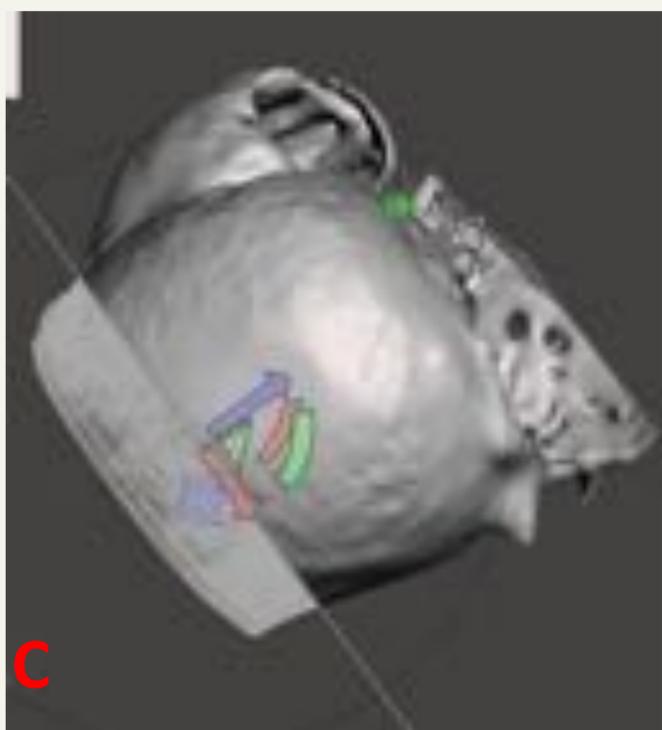
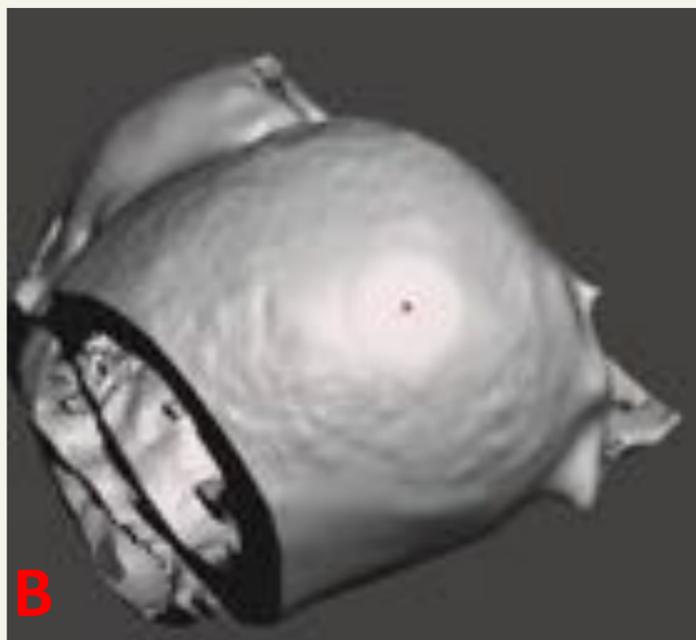
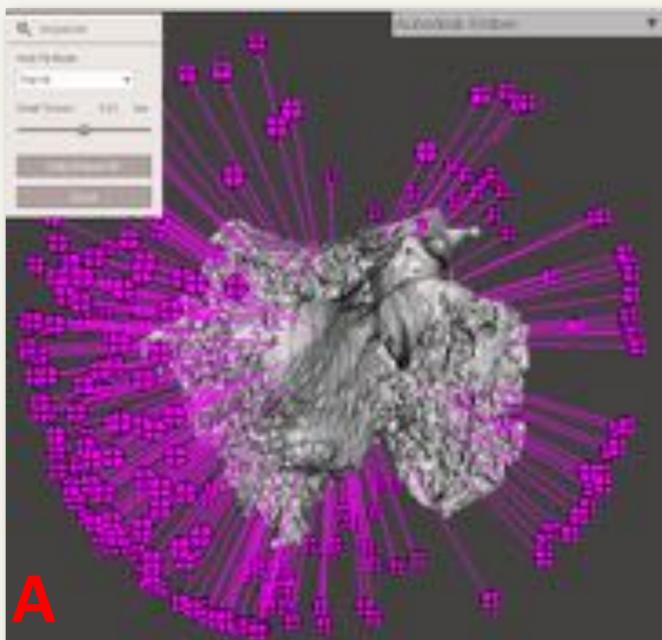
"Hollowing":

- Segmentación pool de contraste.
- Requiere mucho menos tiempo y es más automatizable.
- Menor precisión exocontorno-pared
- Requiere software específico para comprobar modelo en MPR.



Postproceso

- Adecuación del modelo (3D mesh) para impresión física
- Software para CAD (*computed assisted design*)
 - MeshMixer[®], Meshlab[®]...
- Ajuste de la densidad de la malla
- Eliminación de errores geométricos
- Ajuste final (alisado de superficies, separación de piezas, generación moldes...)



Herramientas de postproceso:

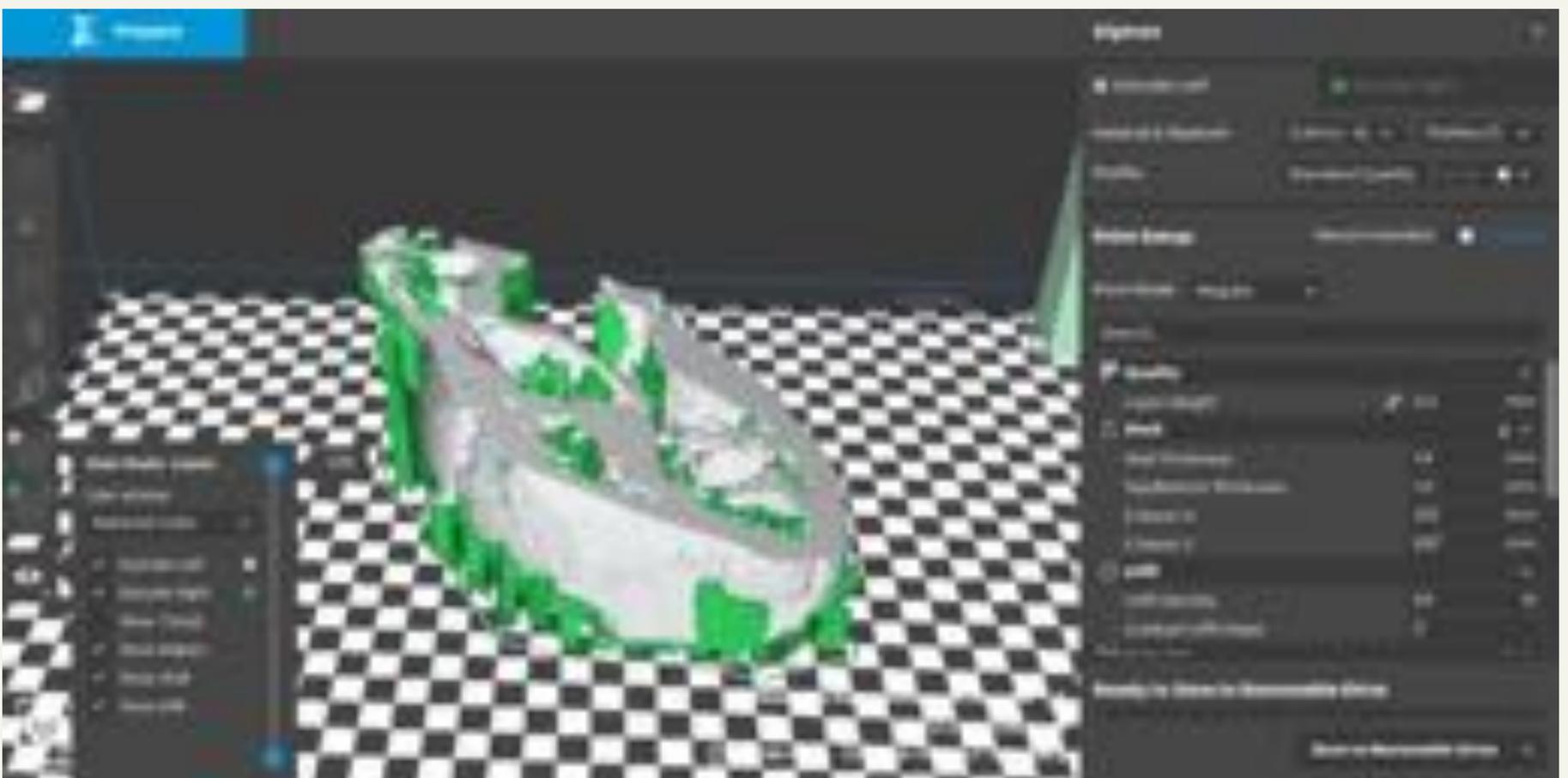
A: Autocorrector de errores geométricos

B: Herramienta de alisado de superficies

C: Herramienta de corte para generación de distintas piezas a partir de un mismo STL.

Impresión del Modelo

- Elección del **tipo de impresora y material** más adecuado para la aplicación deseada.
- En nuestro centro tecnología de extrusión con material PLA
- Ajuste **parámetros de impresión**
 - **Densidad de relleno**
 - A mayor densidad se consigue mayor solidez estructural pero requiere un mayor tiempo de impresión.
 - **Altura de capa:**
 - A menor altura mayor resolución pero mayor tiempo impresión
 - **Material de soporte (foto)**
 - Necesario durante la impresión, aumenta tiempo de impresión.



Visión del modelo previa a su impresión tras selección de los parámetros de impresión y generación de material de soporte (verde)

MIOCARDIOPATÍA HIPERTRÓFICA

- Crecimiento 1º de la pared de ventrículo izquierdo.
- Origen genético (múltiples mutaciones genéticas implicadas) con distintos fenotipos (obstructivo, arritmogénico...).
- **Tratamiento individualizado:** Fenotipo obstructivo
 - Quirúrgico/ablación si sintomático refractario a tratamiento médico y presencia de gradiente obstructivo.
 - Complicación más frecuente: **comunicación interventricular adquirida**



Obstrucción:

Obstrucción generada por rodilla septal (RS) ± músculos papilares y musculatura papilar accesoria

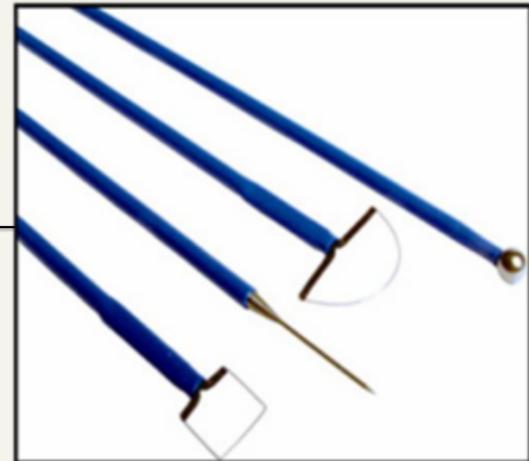
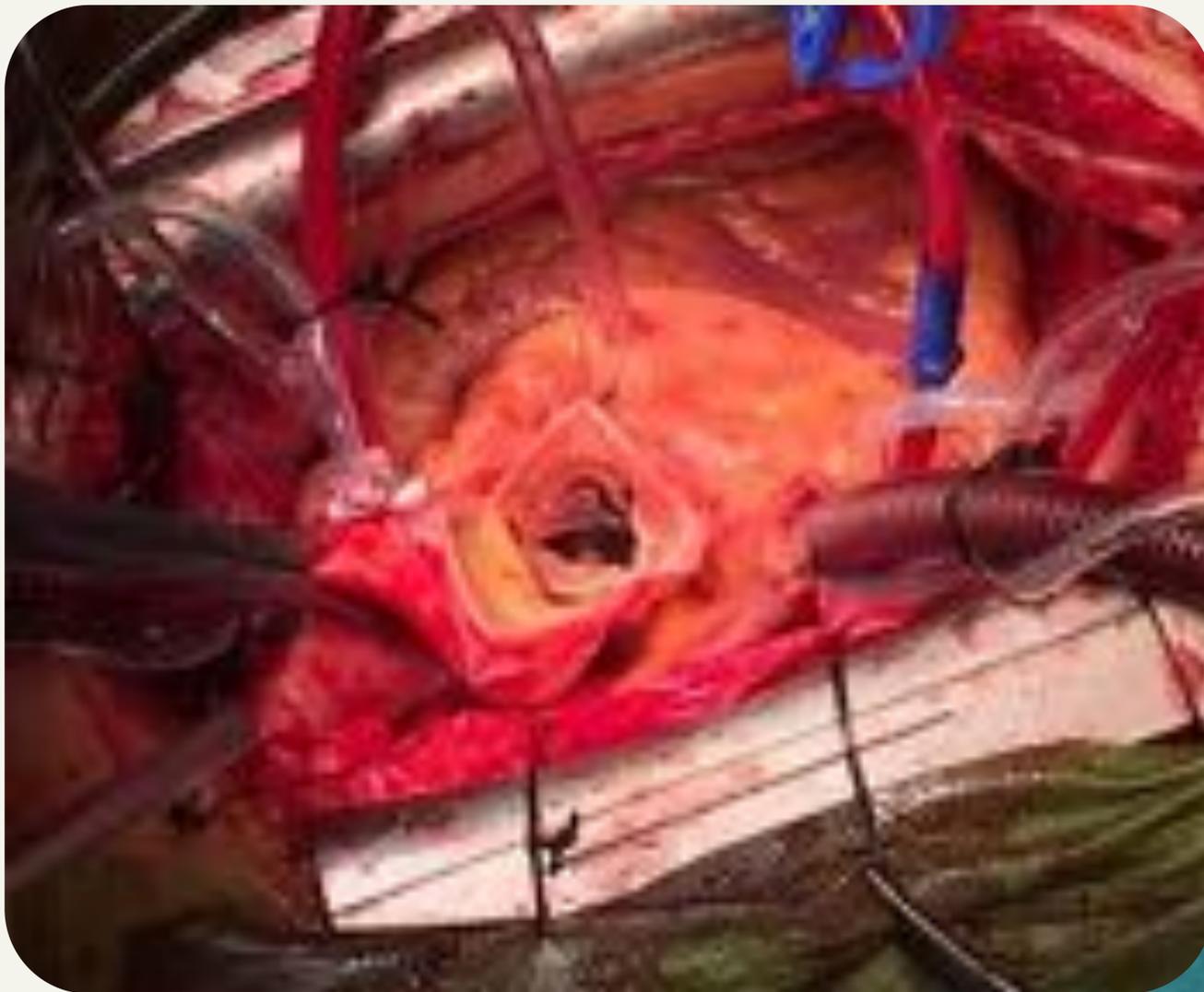
Flujo turbulento postestenótico
Movimiento sistólico anterior de valva anterior mitral con **flujo de insuficiencia mitral** (morado).

Correlación radiológica:

Hipertrofia asimétrica del septo basal con rodilla septal (RS).

Desplazamiento de valva anterior mitral (VA) durante la sístole (movimiento anterior sistólico)





- **Campo quirúrgico muy reducido**
- **Tiempo quirúrgico limitado**
- **Navegación intraoperatoria guiada por ecografía transesofágica**
- **Modelo 3D útil para planificación y como referencia durante la cirugía.**

MIOCARDIOPATÍA HIPERTRÓFICA

Segmentación directa de la pared del Ventrículo izquierdo – septo :

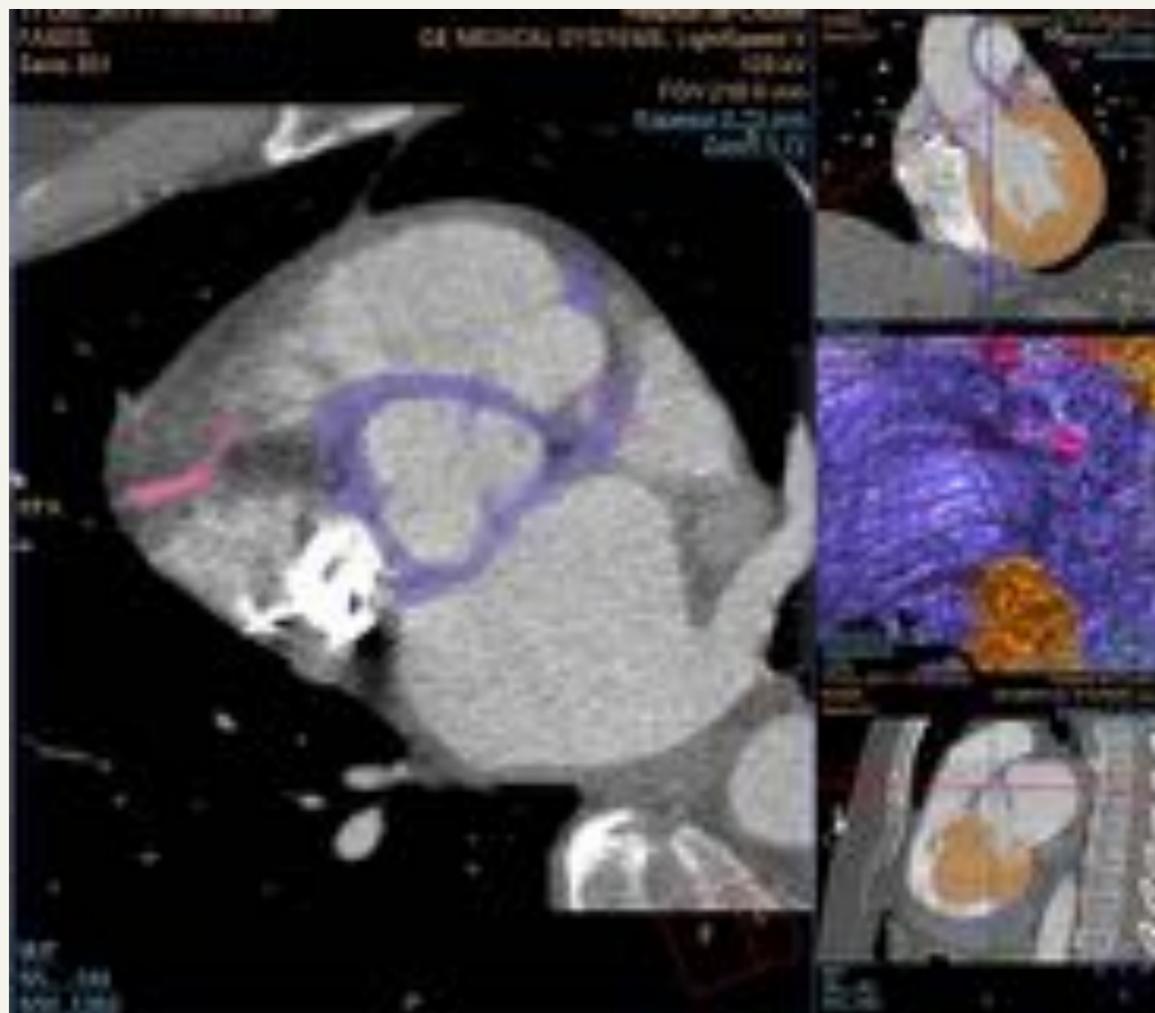
- Proceso semiautomático
- Mayor precisión requerida
- Espesor parietal suficiente
- Incluir vientres de músculos papilares

Referencias anatómicas adicionales a incluir

- Ostium de ambas arterias coronarias
- Inserción de valvas aórticas
- Valva anterior mitral
- Inserción ventrículo derecho

Sugeridas de forma individual por cada cirujano:

Permiten realizar mediciones con respecto a las referencias visibles en campo quirúrgico.



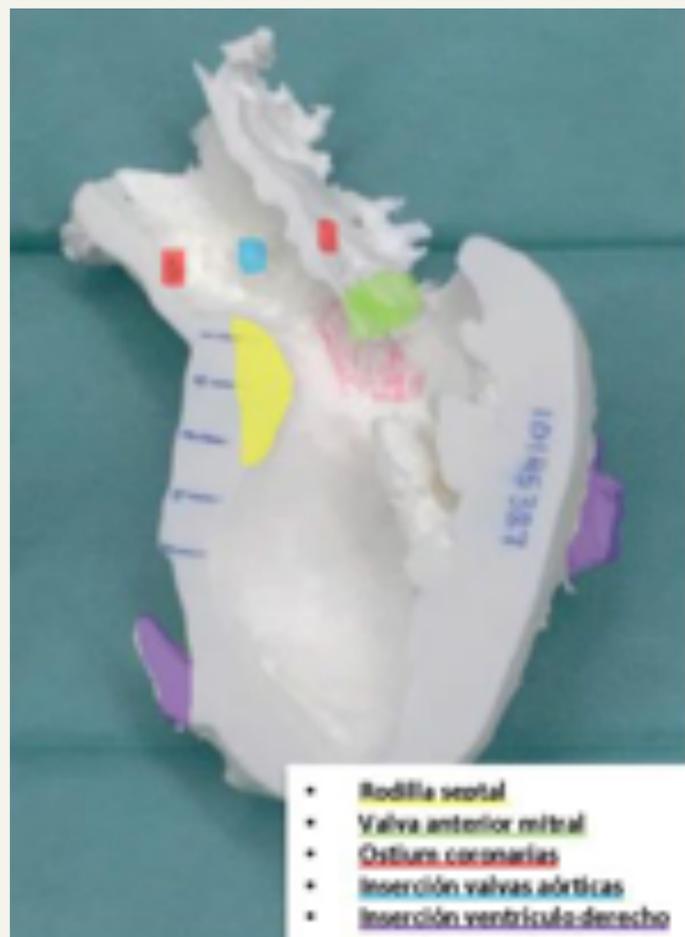
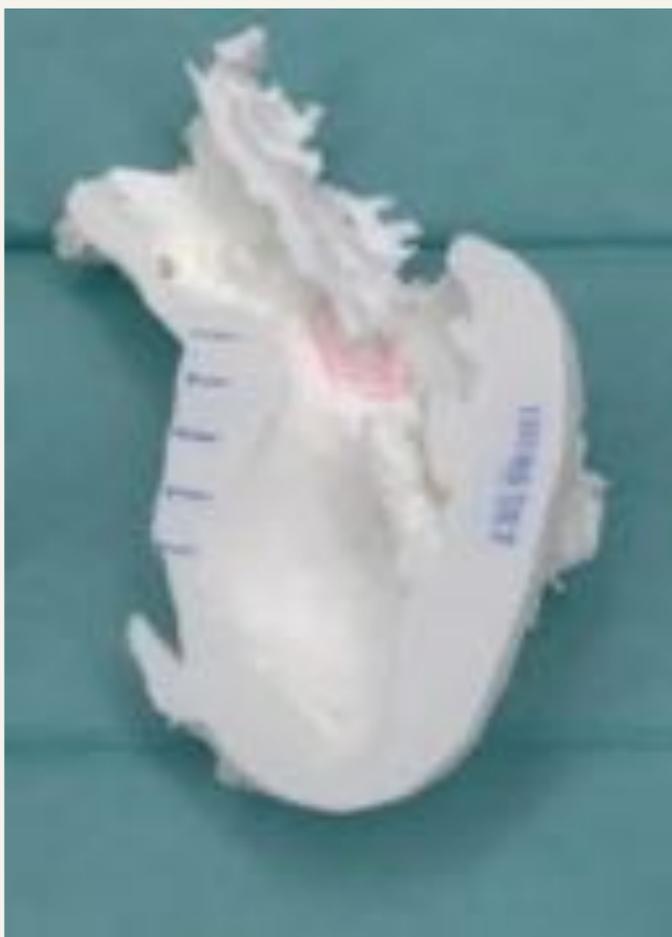
Segmentación directa de pared ventricular (naranja) y de referencias anatómicas a incluir (morado)

MIOCARDIOPATÍA HIPERTRÓFICA

Postproceso específico:

Dos mitades divididas por un **corte de tres cámaras**, separando mm. papilares

- Mejor visualización de tracto de salida.
- Mediciones longitudinales con respecto a puntos de referencia.

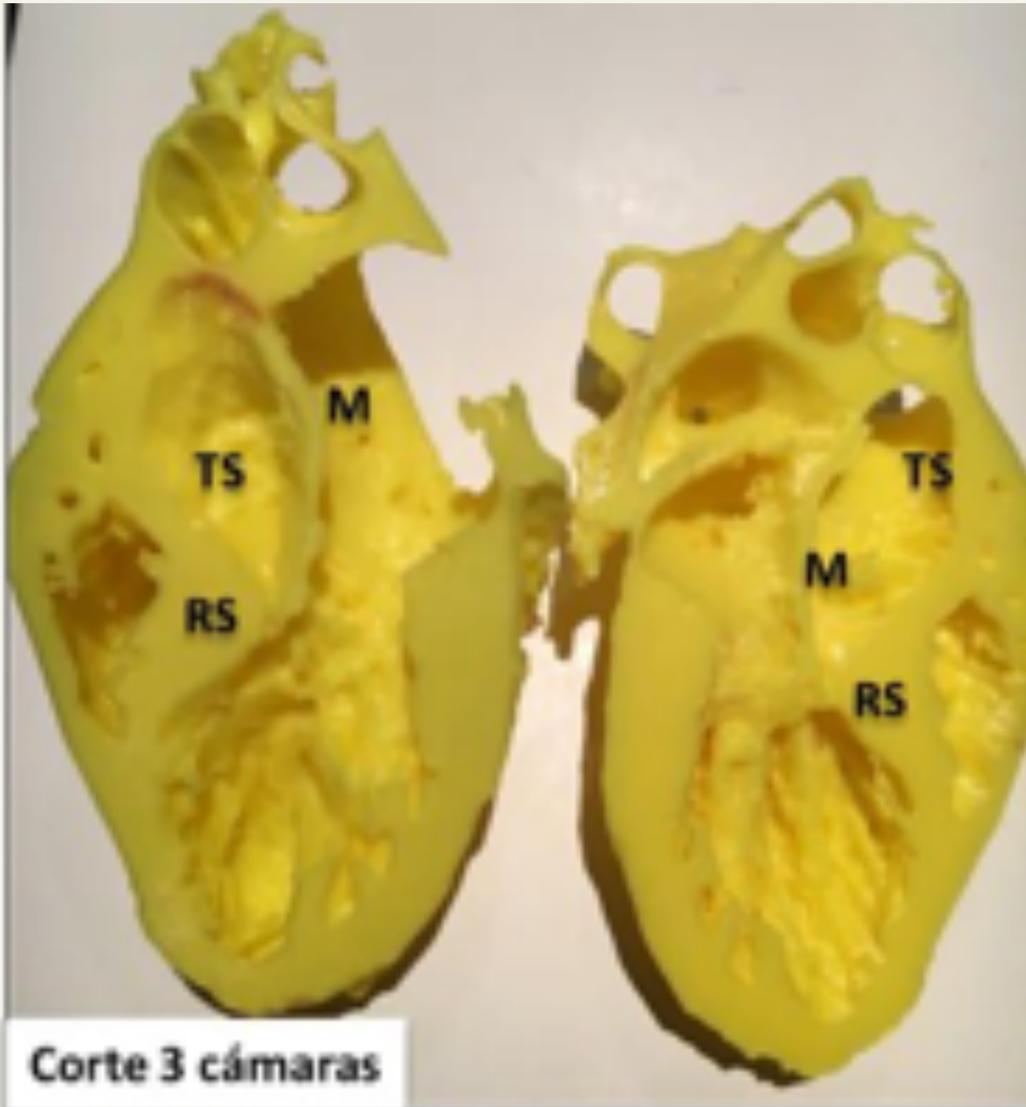


Tres divisiones en sentido de **eje corto**

- Permite medir espesor del septo en diferentes alturas.



Otro caso de MH con movimiento sistólico anterior



M: Valva anterior mitral
TS: Tracto de salida
RS: Rodilla septal



Secciones Eje corto



Correlación intraoperatoria de ecocardiografía transesofágica y modelo 3D

OCCLUSIÓN PERCUTÁNEA: Defecto septal

- Defecto septal congénito o adquirido
- A mayor tamaño mayor repercusión hemodinámica.
- Tratamiento **individualizado**
 - En los defectos de tamaño pequeño-mediano y en pacientes con elevado riesgo quirúrgico se puede considerar cierre percutáneo.
- Modelo 3d puede ayudar a seleccionar el dispositivo más adecuado según el tamaño y morfología del defecto.

CASO:

Mujer 81 años con defecto septal postquirúrgico tras miectomía de Morrow remitida para intento de oclusión con dispositivo de cierre percutáneo.



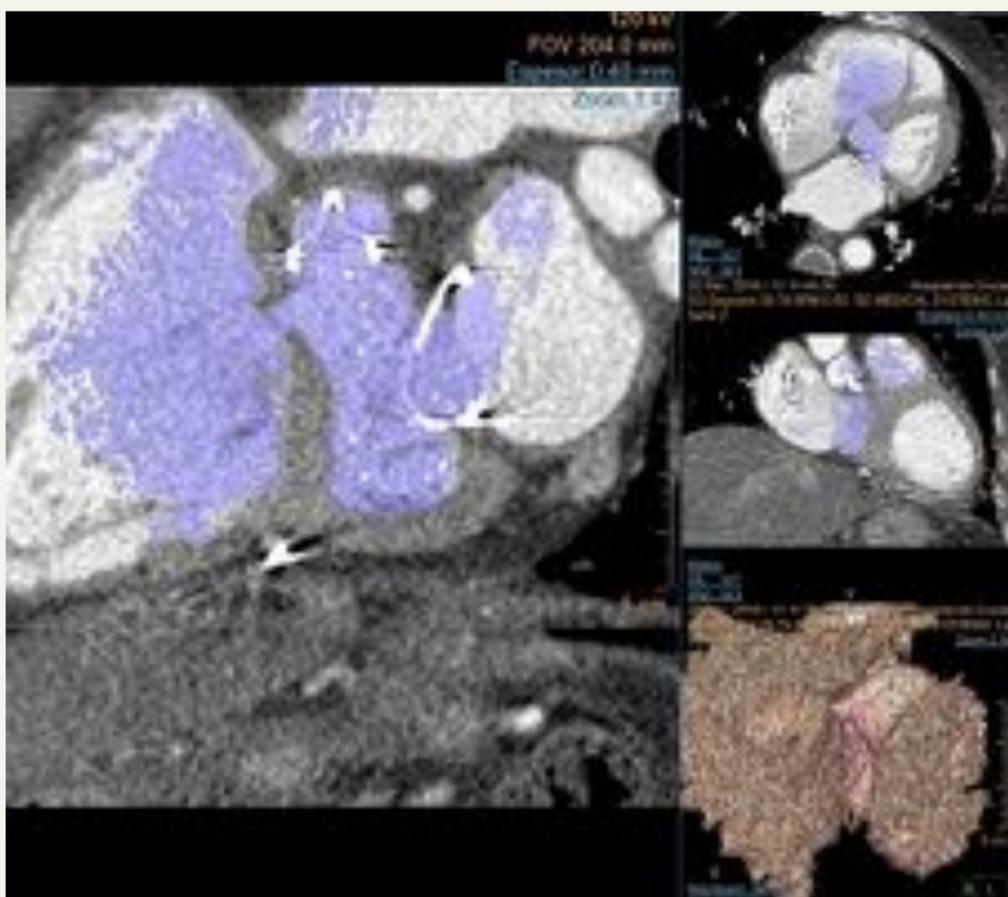
Flecha: defecto septal inmediatamente inferior a plano valvular aórtico.

ADQUISICIÓN:

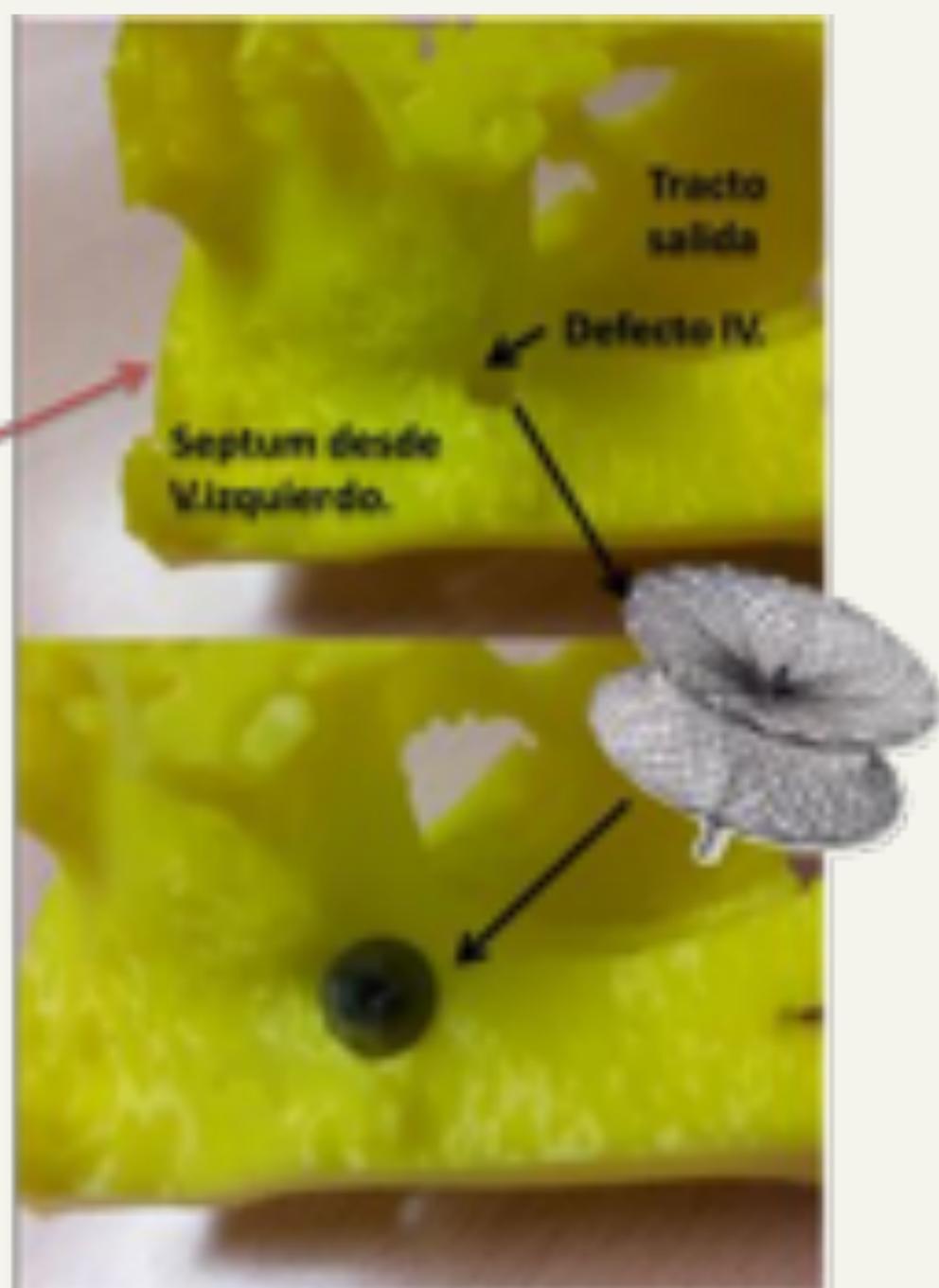
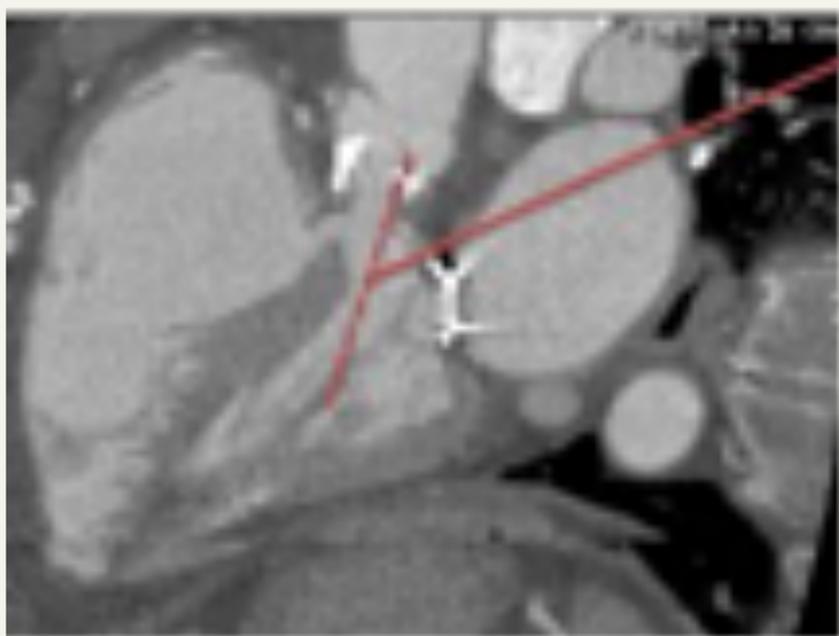
- Cardio –TC prospectivo
- Calidad de la imagen más relevante que fase del ciclo cardiaco.
- Necesario relleno de ventrículo derecho (doble inyección).

Segmentación

- **Indirecta** → más apropiada (única anatomía relevante es el defecto).
- **Directa**, también posible, permite comprobar exactitud del modelo.



OCLUSIÓN PERCUTÁNEA: Defecto septal



Correlación radiológica y modelo:

Se aprecia el defecto en porción basal del septo, procediendo a la comprobación del dispositivo más apropiado y el tamaño del mismo.

OCCLUSIÓN PERCUTÁNEA: Orejuela izquierda en un caso de fibrilación auricular (FA) trombogénica

Trombogénesis en orejuela izquierda, generalmente 2ª a fibrilación auricular (FA) o estenosis mitral.

Cardio-CT:

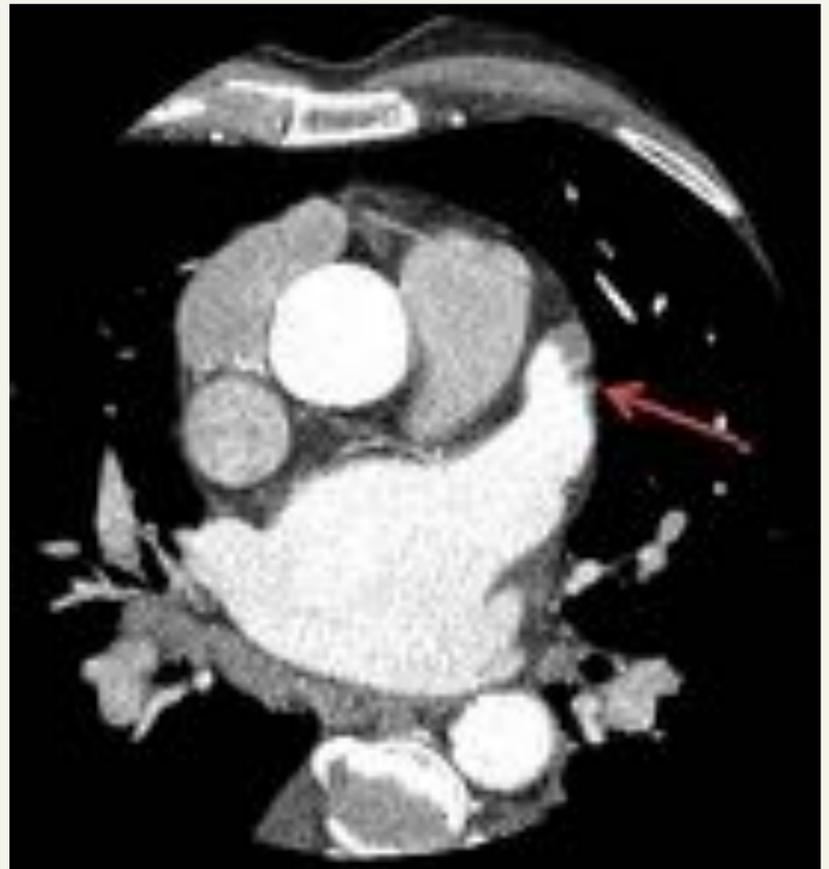
- Defecto de repleción <80 UH
- DD con Pseudotrombo (opacificación lentificada)

Segmentación:

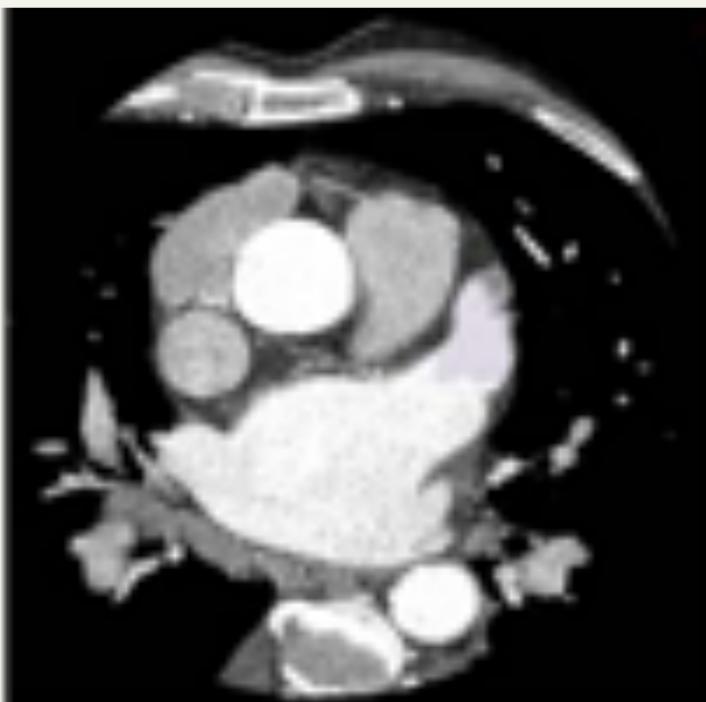
- Indirecta: Únicamente interesa aurícula izquierda (paredes finas).

Postproceso:

- Hollowing



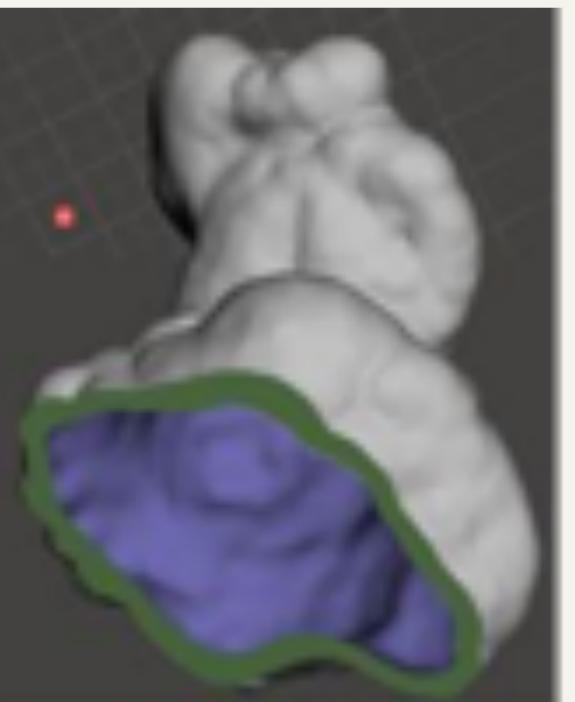
Pequeño trombo periférico (flecha) ocupando orejuela izquierda en un paciente con embolismos periféricos recurrentes secundarios a FA trombogénica.



Región correspondiente con orejuela izquierda durante la segmentación.



Modelo sólido correspondiente con pool de contraste en orejuela izquierda



Modelo hueco "Hollow" con espesor parietal (offset) generado de 2 mm

Patología aórtica compleja

- Aplicable en casos con elevada complejidad quirúrgica
- Segmentación indirecta → Hollowing en postproceso.

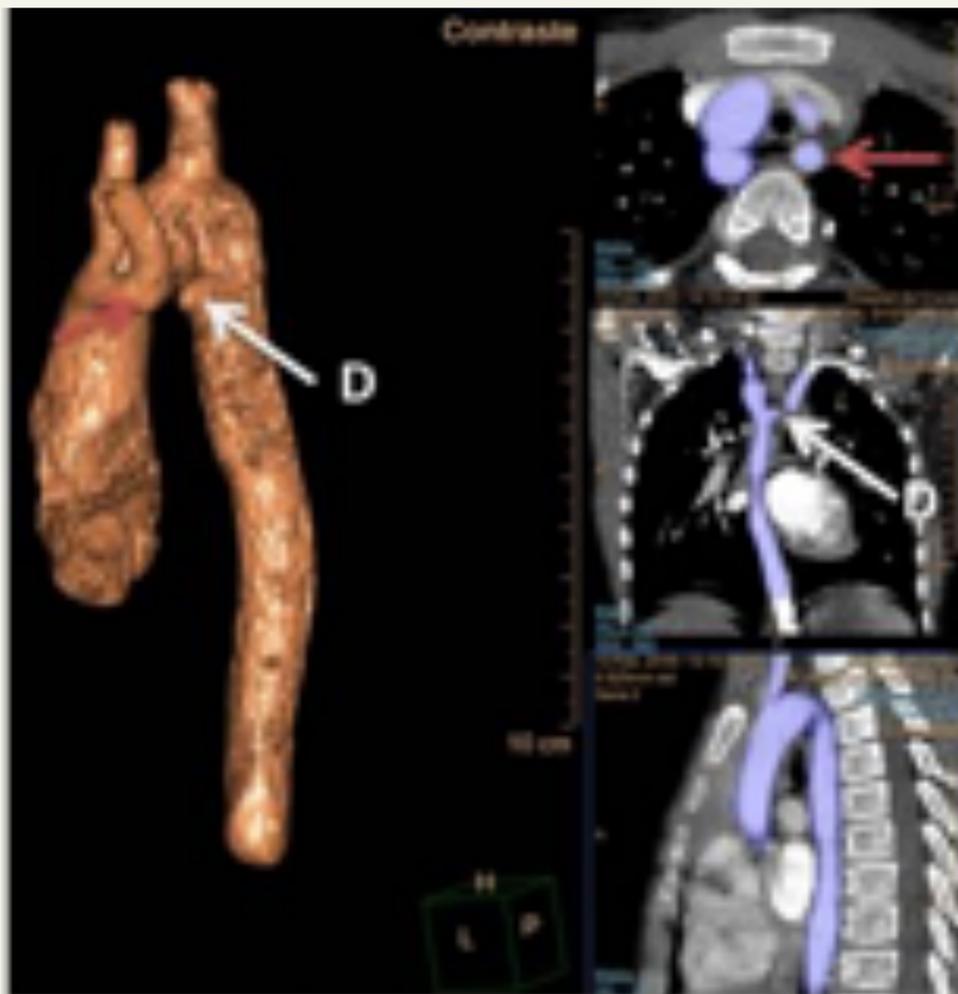
CASO: Bronquitis de repetición con estrechamiento traqueal 2º a doble arco aórtico incompleto



Aorta torácica:

- Estructura geoméricamente compleja con diámetro decreciente.
- La distensibilidad depende de la relación diámetro-espesor parietal así como de las características de la pared, ateromatosis, tortuosidad entre otros factores.

En este caso se trata de una **aorta infantil**, de inferior calibre a la aorta del adulto, por lo que el espesor (offset) para Hollowing ha de ser inferior.



Flecha roja: Arteria subclavia izquierda, arco aórtico izquierdo incompleto con divertículo de Kommerell (D)



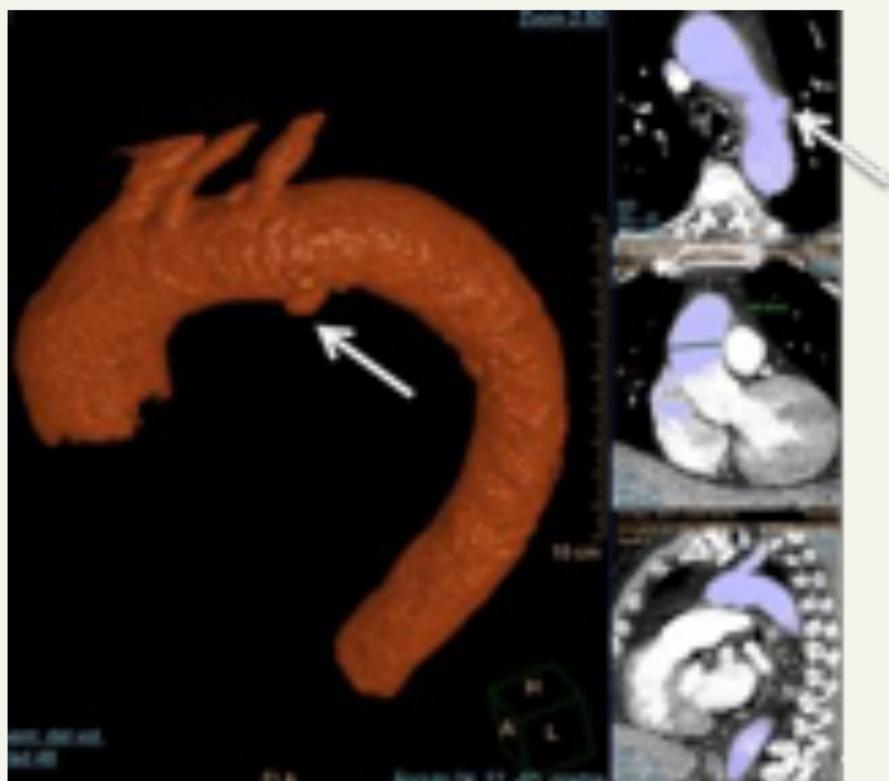
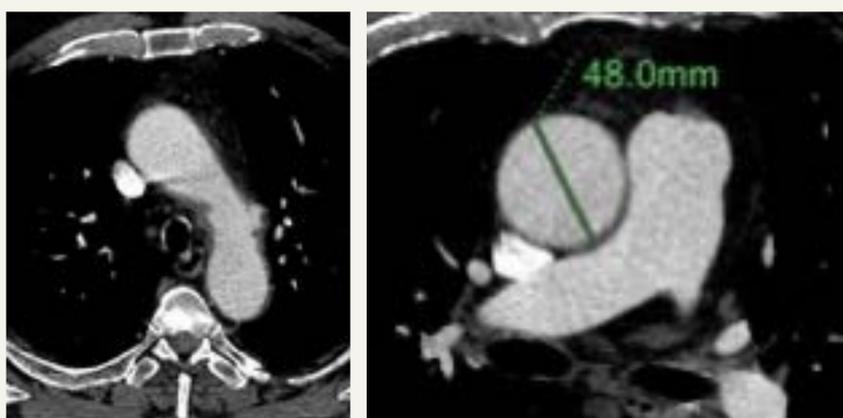
Visión anterior y posterior del modelo impreso en resina **rígida** fotopolimerizable transparente (tecnología DLP).

Mismo modelo realizado en resina **flexible** fotopolimerizable opaca.

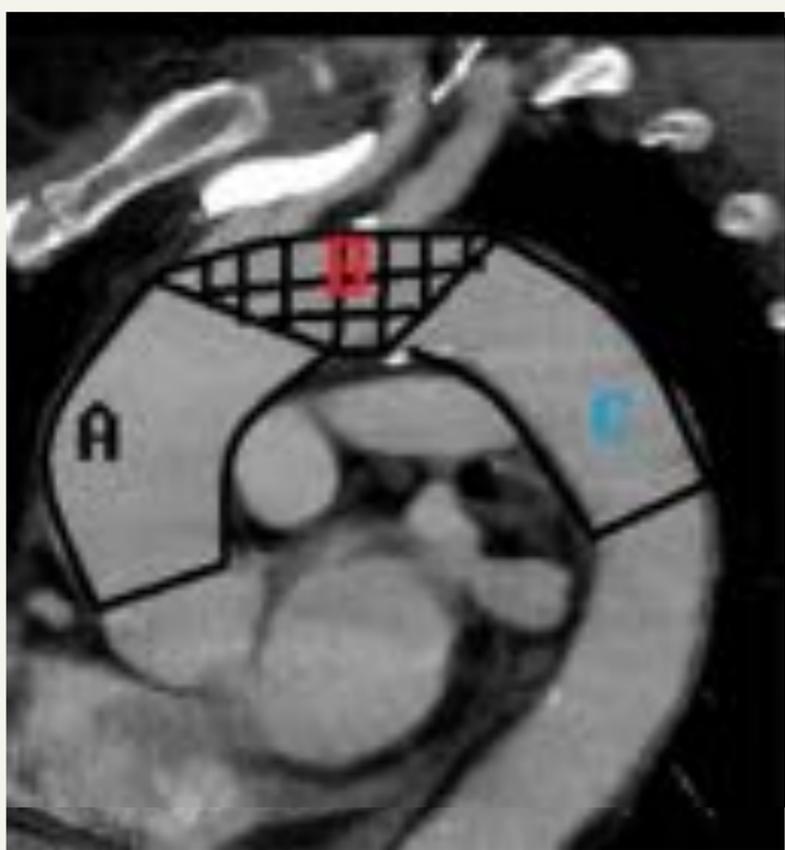
Patología aórtica compleja

- Aplicable en casos con elevada complejidad quirúrgica
- Segmentación indirecta → Hollowing en postproceso.

CASO: Úlcera aórtica penetrante en paciente con dilatación de aorta ascendente



Flecha blanca: Úlcera aórtica penetrante

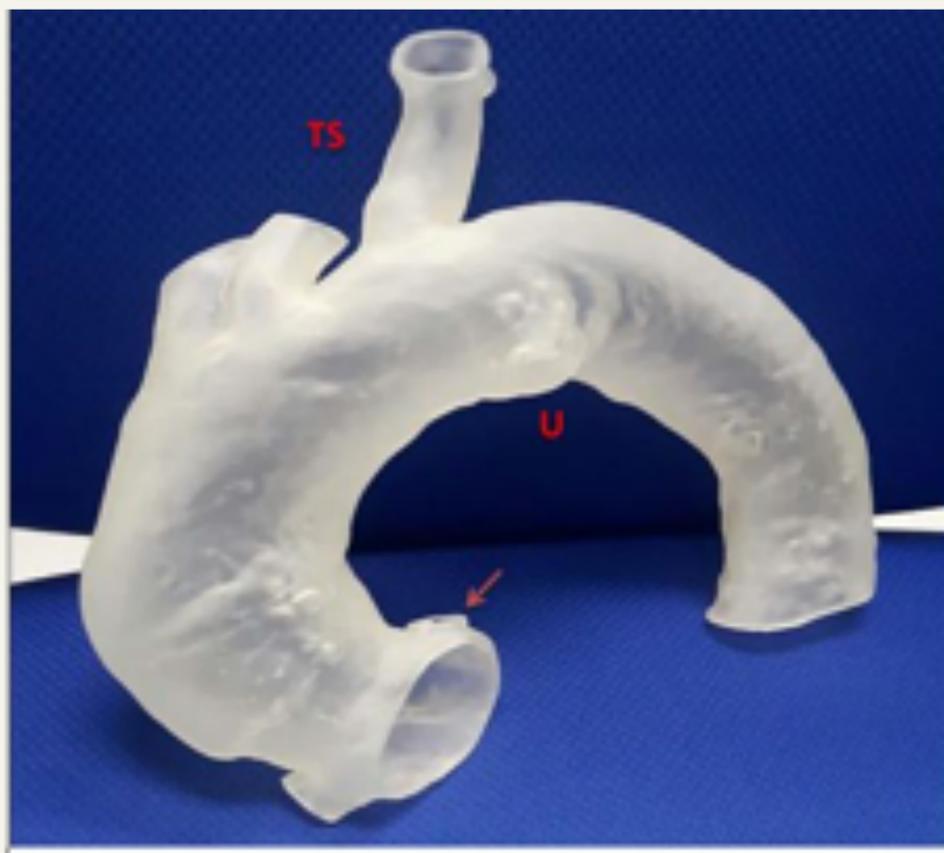


Planificación para colocación de STENT compuesto:

A: Prótesis de aorta.

B: Stent no recubierto (incluye origen de TSA)

C: Stent recubierto sellando úlcera aórtica



Visión anterior del modelo que incluye aorta ascendente desde el origen de las arterias coronarias (flecha), úlcera (U) y origen de troncos supraaórticos (TS).

Modelo realizado en resina rígida translúcida (tecnología multijet), con un espesor (offset) de 2 mm.

CONCLUSIONES

- La impresión de modelos tridimensionales es una nueva herramienta que se puede aplicar potencialmente a **cualquier tipo de indicación** que requiera un tratamiento individualizado.
- El proceso de generación del modelo se puede dividir en las siguientes fases: **adquisición** del estudio, **segmentación**, **postproceso** e **impresión**, siendo para ello necesario contar con un equipo multidisciplinar interconectado.
- En nuestro centro se han generado modelos fundamentalmente a partir de estudios de Cardio-CT con la finalidad de **planificación quirúrgica** así como de **comprobación preoperatoria** de material implantable.
- La impresión de modelos 3d resulta un proceso laborioso si bien aporta información valiosa para la planificación quirúrgica y se espera de ella un futuro prometedor.

INFORMACIÓN DE CONTACTO:

Luis Ángel Rubio Romero

luisangel.rubioromero@osakidetza.eus

Bibliografía

- Mitsouras D et al. Medical 3D Printing for the Radiologist. Radiographics. 2015 Nov-Dec;35(7):1965-88.
- Matsumoto JS et al. Three-dimensional Physical Modeling: Applications and Experience at Mayo Clinic. Radiographics. 2015 Nov-Dec;35(7):1989-2006.
- Ionita CN et al. Challenges and limitations of patient-specific vascular phantom fabrication using 3D Polyjet printing. Proc SPIE Int Soc Opt Eng. 2014 Mar 13.
- Otton JM et al. 3D printing from cardiovascular CT: a practical guide and review. Cardiovasc Diagn Ther. 2017 Oct;7(5):507-526.
- Giannopoulos AA et al. Cardiothoracic Applications of 3-dimensional Printing. J Thorac Imaging. 2016 Sep;31(5):253-72.
- Giannopoulos AA et al. Applications of 3D printing in cardiovascular diseases. Nat Rev Cardiol. 2016 Dec;13(12):701-718.