

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE MEDICINA**



**TESIS DOCTORAL**

**Beneficio del ecocardiograma intracardiaco en  
pacientes sometidos a la ablación de las venas  
pulmonares por fibrilación auricular**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA

PRESENTADA POR

**María Rosa Porro Fernández**

DIRECTORES

**Julián Pérez-Villacastín Domínguez**  
**Nicasio Pérez Castellano Carlos**  
**Macaya Miguel**

Madrid, 2017



*FACULTAD DE MEDICINA*  
*UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID*

***BENEFICIO DEL ECOCARDIOGRAMA***  
***INTRACARDIACO EN PACIENTES SOMETIDOS A LA***  
***ABLACIÓN DE LAS VENAS PULMONARES POR***  
***FIBRILACIÓN AURICULAR***

---

*TESIS DOCTORAL*

***María Rosa Porro Fernández***

DIRECTORES:

**Dr. D. Julián Pérez-Villacastín Domínguez**

Profesor asociado del Departamento de Medicina, Universidad Complutense de Madrid

Jefe de Unidad de Arritmias del Hospital Clínico San Carlos, Madrid

**Dr. D. Nicasio Pérez Castellano**

Profesor Honorario de la Universidad Complutense de Madrid.

Facultativo Especialista de Área. Unidad de Arritmias del Hospital Clínico San Carlos. Madrid

**Dr D. Carlos Macaya Miguel**

Catedrático de la Universidad Complutense de Madrid

Jefe de Servicio de Cardiología del Hospital Clínico San Carlos. Madrid

***Dedicatoria y Agradecimientos:***

*A mis padres, Carlos y Manoli, por ser el principio de mi historia. Agradecimiento sin límites por una vida dedicada a sus hijos. A mi marido, Javier, por caminar a mi lado y compartir esta aventura. A mis hijas, Sofía y Claudia, por la alegría que desprenden y nos contagian.*

*Agradezco a mis directores de tesis, Drs Julián Villacastín, Nicasio Pérez Castellano y Carlos Macaya, su interés en sacar este proyecto. Mil gracias a mis compañeros por ayudarme de diferentes formas a lo largo de su desarrollo, especialmente a Ricardo Barrios, Tamara Archondo, Liliana Lobos, María Herrero, María Sánchez, Pilar Cabrerizo, María Jesús García, Gracia Fernández, Andrea Calli, Maribel Quezada, Adalía Aubele y Fiona Wang. Sin vosotros no hubiese sido posible esta tesis. Quiero dar también las gracias al Dr Sánchez Quintana por facilitarme con tanta amabilidad las imágenes.*

**D. CARLOS MACAYA MIGUEL, catedrático de la Universidad Complutense de Madrid. Jefe de Servicio de Cardiología del Hospital Clínico San Carlos. Madrid**

Certifica:

Que el trabajo de investigación que se expone en la presente Tesis titulada “BENEFICIO DEL ECOCARDIOGRAMA INTRACARDIACO EN PACIENTES SOMETIDOS A LA ABLACIÓN DE LAS VENAS PULMONARES POR FIBRILACIÓN AURICULAR” ha sido realizado bajo mi dirección por la licenciada Dña. Rosa Porro Fernández en la Unidad de Arritmias del Hospital Clínico Universitario San Carlos de Madrid, y reúne los requisitos científicos de originalidad y rigor metodológicos suficientes para ser defendido como Tesis Doctoral.

Tras su redacción, la presente memoria ha sido enviada por mí, encontrándola conforme para ser presentada y aspirar al grado de Doctor ante el Tribunal designado.

Para que conste donde proceda, en cumplimiento de las disposiciones vigentes, expido el certificado en Madrid, septiembre 2015.

Dr. Carlos Macaya Miguel

**D. JULIÁN VILLACATÍN DOMÍNGUEZ, profesor asociado del Departamento de Medicina, Universidad Complutense de Madrid y Jefe de Unidad de Arritmias, Instituto Cardiovascular, Hospital Clínico San Carlos, Madrid**

Certifica:

Que el trabajo de investigación que se expone en la presente Tesis titulada “BENEFICIO DEL ECOCARDIOGRAMA INTRACARDIACO EN PACIENTES SOMETIDOS A LA ABLACIÓN DE LAS VENAS PULMONARES POR FIBRILACIÓN AURICULAR” ha sido realizado bajo mi dirección por la licenciada Dña. Rosa Porro Fernández en la Unidad de Arritmias del Hospital Clínico Universitario San Carlos de Madrid, y reúne los requisitos científicos de originalidad y rigor metodológicos suficientes para ser defendido como Tesis Doctoral.

Tras su redacción, la presente memoria ha sido enviada por mí, encontrándola conforme para ser presentada y aspirar al grado de Doctor ante el Tribunal designado.

Para que conste donde proceda, en cumplimiento de las disposiciones vigentes, expido el certificado en Madrid, septiembre 2015.

Dr. Julián Villacastín Domínguez

**D. NICASIO PÉREZ CASTELLANO, profesor Honorario de la Universidad Complutense de Madrid. Facultativo Especialista de Área del Hospital Clínico San Carlos. Madrid**

Certifica:

Que el trabajo de investigación que se expone en la presente Tesis titulada “BENEFICIO DEL ECOCARDIOGRAMA INTRACARDIACO EN PACIENTES SOMETIDOS A LA ABLACIÓN DE LAS VENAS PULMONARES POR FIBRILACIÓN AURICULAR” ha sido realizado bajo mi dirección por la licenciada Dña. Rosa Porro Fernández en la Unidad de Arritmias del Hospital Clínico Universitario San Carlos de Madrid, y reúne los requisitos científicos de originalidad y rigor metodológicos suficientes para ser defendido como Tesis Doctoral.

Tras su redacción, la presente memoria ha sido enviada por mí, encontrándola conforme para ser presentada y aspirar al grado de Doctor ante el Tribunal designado.

Para que conste donde proceda, en cumplimiento de las disposiciones vigentes, expido el certificado en Madrid, septiembre 2015.

Nicasio Pérez Castellano

## **Glosario de Abreviaturas**

AD: aurícula derecha

AI: aurícula izquierda

AP: antero-posterior

CC: cardiopatía congénita

CIA: comunicación interauricular

EIC: eco intracardiaco

EKG: electrocardiograma

ETE: eco transesofágico

F: french

FA: fibrilación auricular

FEVI: fracción eyección de ventrículo izquierdo

FO: fosa oval o foramen oval

FOP: foramen oval permeable

INR: International Normalized Ratio

OAD: oblicua anterior derecha

OAI: oblicua anterior izquierda

PT: punción transeptal

VCS: vena cava superior

VPSI: vena pulmonar superior izquierda

## Indice

<b>RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>17</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>22</b>
<i>INTRODUCCIÓN HISTÓRICA.....</i>	<i>24</i>
- <i>Primeras experiencias de la punción transeptal en niños.....</i>	<i>40</i>
- <i>Complicaciones y contraindicaciones iniciales.....</i>	<i>41</i>
<i>INDICACIONES DE LA PUNCIÓN TRANSEPTAL.....</i>	<i>46</i>
- <i>Indicaciones en Valvulopatía Mitral.....</i>	<i>46</i>
- <i>Indicaciones en Valvulopatía Aórtica.....</i>	<i>55</i>
- <i>Indicaciones en el cierre del Foramen Oval y Defectos septales.....</i>	<i>56</i>
- <i>Indicaciones en el cierre de orejuela izquierda con dispositivos.....</i>	<i>61</i>
- <i>Indicaciones en el tratamiento de Leaks paravalvulares.....</i>	<i>63</i>
- <i>Indicaciones en Asistencia Ventricular.....</i>	<i>63</i>
- <i>Indicaciones en Pediatría.....</i>	<i>64</i>
- <i>Indicaciones en Electrofisiología.....</i>	<i>67</i>
<i>CONTRAINDICACIONES.....</i>	<i>68</i>
<i>COMPLICACIONES.....</i>	<i>70</i>
<i>ANATOMÍA DEL SEPTO INTERAURICULAR.....</i>	<i>76</i>
<i>PREPARACIÓN DEL PACIENTE.....</i>	<i>86</i>
<i>MATERIAL NECESARIO.....</i>	<i>86</i>
- <i>Agujas de transeptal.....</i>	<i>88</i>
- <i>Vainas y guías de transeptal.....</i>	<i>90</i>
<i>TÉCNICA DE LA PUNCIÓN.....</i>	<i>93</i>
<i>DIFICULTADES DURANTE EL PROCEDIMIENTO.....</i>	<i>104</i>
<i>TÉCNICAS ALTERNATIVAS.....</i>	<i>107</i>

- <i>Ecocardiograma Intracardiaco</i> .....	107
- <i>Tipos de ecocardiograma intracardiaco</i> .....	108
- <i>Utilidad de la ecocardiografía intracardiaca</i> .....	115
- <i>Limitaciones de la ecocardiografía intracardiaca</i> .....	124
- <i>Guías</i> .....	124
- <i>Radiofrecuencia y otras formas de punción</i> .....	125
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>132</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>132</b>
<b>MÉTODOS</b> .....	<b>132</b>
- <i>Estudio Fase I</i> .....	<b>132</b>
- <i>Estudio Fase II</i> .....	<b>134</b>
<i>POBLACIÓN ESTUDIADA</i> .....	134
<i>CRITERIOS DE INCLUSIÓN</i> .....	134
<i>CRITERIOS DE EXCLUSIÓN</i> .....	135
<i>INCLUSIÓN DE PACIENTES</i> .....	135
<i>PROCEDIMIENTOS PREVIOS</i> .....	135
<i>DISEÑO FASE II</i> .....	135
<i>RECOPIACIÓN DE DATOS</i> .....	137
<i>SEGUIMIENTO</i> .....	138
<i>MATERIALES</i> .....	139
<i>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</i> .....	139
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>140</b>
<i>VARIABLES DEMOGRÁFICAS</i> .....	140
<i>RESULTADOS DEL ECOCARDIOGRAMA TRANSESOFÁGICO</i> .....	141
<i>REPRODUCIBILIDAD DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SEPTO</i> .....	144
<i>COMPLICACIONES</i> .....	147

<i>EFFECTIVIDAD DE LA PUNCIÓN</i> .....	147
<i>FACTORES INFLUYENTES EN EL TIEMPO DE PUNCIÓN</i> .....	154
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>161</b>
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>171</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>172</b>

## RESUMEN

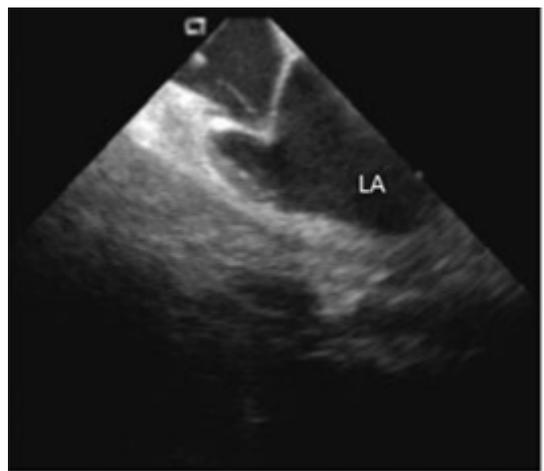
La cateterización transeptal a través de la punción del septo interauricular es un procedimiento fundamental para el tratamiento de ciertas arritmias, como la Fibrilación Auricular y otras patologías cardíacas. Para ello es preciso atravesar el septo interauricular en la región de la fosa oval (FO), usualmente utilizando una aguja conocida como aguja “de Brockenbrough”. Para la localización de la FO se utilizan referencias anatómicas identificables bajo visión radioscópica.

El avance y la mejora en el tratamiento de ciertas patologías cardíacas que requieren la punción del septo, han convertido a la punción transeptal (PT) en un procedimiento cada vez más frecuente en los laboratorios de electrofisiología y hemodinámica, extendiéndose esta técnica a casos cada vez más complejos. Esto a su vez supone un incremento de la posibilidad de enfrentarnos a una anatomía cardíaca menos predecible por marcas anatómicas fluoroscópicas y, por tanto, un incremento del riesgo de sufrir complicaciones. Algunas de estas complicaciones ocurren como consecuencia de referencias anatómicas insuficientes o variaciones interindividuales de la anatomía cardíaca que pueden suponer atravesar el septo interauricular por zonas erróneas, con incremento del riesgo de perforación y taponamiento cardíaco.

Hoy en día disponemos de una técnica de imagen, la ecocardiografía intracardiaca (EIC), que proporciona una excelente información anatómica y en tiempo real. Desde la aurícula derecha nos permite visualizar las cuatro cavidades cardíacas además de otras estructuras extracardiacas. Se trata de una técnica de imagen que podría facilitar la PT, disminuir el riesgo de complicaciones y además acortar su curva de aprendizaje. La visualización directa de la anatomía cardíaca, aunque nunca se ha demostrado en estudios randomizados, parece facilitar y disminuir los riesgos de la

punción, además de aportar seguridad en casos complejos como punciones fallidas, anatomía compleja, presencia de material protésico, cardiopatías congénitas o en pacientes bajo tratamiento con anticoagulantes<sup>105,110</sup>.

Desde que la FA se ha convertido en la arritmia más frecuente en adultos, y la ablación de venas pulmonares requiere la punción transeptal, el uso del EIC ha encontrado su principal utilidad en los laboratorios de electrofisiología al permitir la visualización directa del septo interauricular. Durante la punción transeptal permite visualizar la posición del sistema dilatador-aguja y ver cómo se forma un “tenting” al presionar sobre la FO y deformarse ésta. Cuando se avanza la aguja de Brockenbrough la pérdida súbita del tenting confirma la punción, se puede visualizar el avance de la vaina a través del septo hacia la AI y observar el paso de microburbujas o contraste a la AI al inyectar suero salino o contraste para comprobarlo (Figura 1).



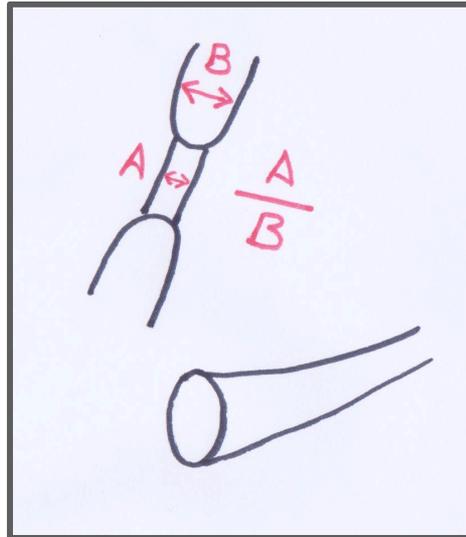
*Figura 1: Aguja transeptal en fosa oval guiada por EIC Phased Array. La aguja presiona el septo y podemos ver el “tenting” previo a perforarla.*

El objetivo de este estudio es valorar la utilidad de la ecografía intracardiaca en la punción transeptal y analizar si existen predictores de dificultad que ayuden a determinar qué pacientes se benefician de su uso. Para realizar el estudio, éste se llevo a cabo en dos fases. La primera fase fue el estudio preliminar sobre el que se sustenta el desarrollo de la investigación y que ya fue comunicado previamente<sup>158</sup>.

### ***Fase I***

La primera fase fue un estudio preliminar retrospectivo, donde pretendimos estudiar la correlación entre el ecocardiograma intracardiaco y el ecocardiograma transesofágico en su valoración sobre las características del septo interauricular y la identificación de variables demográficas y anatómicas que permitieran identificar punciones más complejas. Se analizaron de forma retrospectiva las características de 100 pacientes consecutivos sometidos a una PT guiada con EIC. Se midió el tiempo medio requerido para la PT analizando las grabaciones de 100 punciones transeptales consecutivas, guiadas por EIC. Pudimos identificar diversas variables que influían sobre el tiempo, como el grosor de la membrana de la fosa oval. Ésta se asoció de forma lineal con el tiempo requerido para la PT. Otra variable que se identificó fue la excavación de la fosa oval, estimada como el cociente entre el grosor de la membrana y el grosor del septo muscular. Se pudo determinar que los pacientes con un grosor de la membrana  $\geq 1.5$  mm, una excavación poco profunda de la fosa (cociente: grosor membrana / septo muscular  $> 1/3$ , ver figura 2), con degeneración lipomatosa del septo, o con anomalías del seno coronario representaban un grupo de pacientes en los que la PT se tornaba más compleja. Se estudió la correlación de la cuantificación del

septo por EIC y ecocardiografía transesofágica (ETE), resultando una buena correlación.



*Figura 2: Excavación de fosa oval. A: septo membranoso. B: septo muscular. Proximidad con el seno coronario*

## ***Fase II***

Se incluyeron en el estudio 71 pacientes que fueron sometidos a ablación de venas pulmonares y que cumplieron los criterios de inclusión. Se aplicaron los parámetros de dificultad definidos según la primera fase del estudio (grosor de la membrana  $\geq 1.5$  mm, una excavación poco profunda de la fosa), dividiendo los pacientes según el grado de dificultad de la punción transeptal determinado por ETE. Aquellos pacientes que “no” cumplieran los criterios de punción compleja según las medidas del ETE, se asignaron al grupo A y aquellos que “sí” lo cumplieran quedaron asignados al grupo B.

En la segunda fase del estudio, el médico responsable del procedimiento decidía antes de comenzar el mismo, y sin conocer las características anatómicas del septo interauricular, si iba a emplear las imágenes de ecografía intracardiaca para hacer la punción transeptal o no. En cualquier caso en todos los pacientes se introducía un catéter de ecografía intracardiaca y un segundo médico observaba en tiempo real la punción mediante ecocardiografía. En caso de que el punto de punción elegido por el operador fuera inadecuado, éste era advertido por el médico que controlaba la punción por ecocardiografía y se facilitaba la misma al operador para que corrigiera la punción, anotándose como un cross-over X. Igualmente, en caso de que el operador solicitara ver las imágenes ecocardiográficas para realizar la punción, se procedía de la misma manera y se contabilizaba como cross-over.

Con los resultados del estudio obtuvimos que la efectividad de la punción fue mayor cuando se realizaba bajo la guía ecocardiográfica. Las complicaciones se dieron exclusivamente en los pacientes asignados a punción realizada sin ecocardiograma intracardiaco. Respecto a los predictores de dificultad establecidos por ecocardiograma tranesofágico aunque fueron más frecuentes en los sujetos con punciones incorrectas no se alcanzó una significación estadística. El tiempo de punción está relacionado con los predictores de dificultad, consumiendo más tiempo aquellas punciones que cumplían dichos parámetros de dificultad. Estos datos están concordancia con nuestro estudio descriptivo preliminar. El tiempo de punción también se relacionó con otros factores propios de la intervención como el tamaño de la aurícula izquierda, así como el número de intentos de reposición y número de intentos de punción que parecen a su vez relacionados con la ausencia de visión por parte del operador del eco intracardiaco aunque sin obtener significación estadística.

La utilización o no del ECI en los procedimientos de ablación de FA se basa mayoritariamente en un problema de limitación económica de este recurso dado su coste, puesto que los datos muestran su utilidad en la práctica clínica diaria. La reutilización de la sonda permitiría abaratar costes y generalizar su empleo.

## SUMMARY

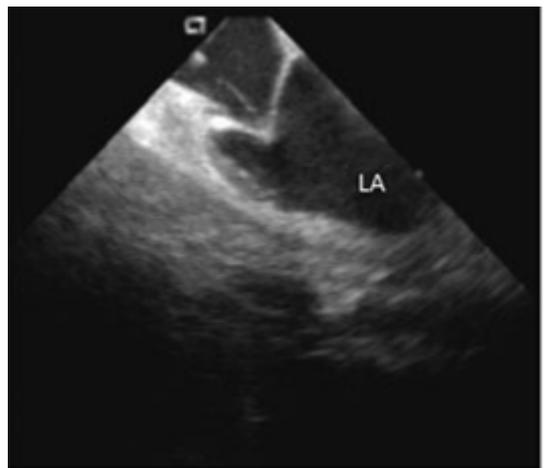
Transseptal catheterization through the atrial septal puncture is fundamental to treat certain arrhythmias, such as atrial fibrillation (AF) and other cardiac pathologies. This requires crossing the atrial septum in the region of the oval fossa (OF), usually using a needle called "Brockenbrough". Locating the OF an identifiable anatomical landmarks is done using fluoroscopy.

The progress in the treatment of certain cardiac pathologies requires puncturing the septum. Transseptal puncture (TP) is an increasingly frequent in electrophysiology and hemodynamic laboratories procedures, extending this technique to cases that are more complex. This in turn means an increase of the possibility of facing a less predictable fluoroscopic cardiac anatomy and anatomical landmarks; therefore, an increase risk of complications. Some of these complications occur as a result of insufficient anatomical landmarks or interindividual variations of cardiac anatomy, which may result in crossing the atrial septum into the wrong areas, and increase the risk of perforation and cardiac tamponade.

Today, we have an imaging technique intracardiac echocardiography (ICE), which provides excellent anatomic information in real time. From the right atrium, it allows us to visualize the four heart chambers as well as other extracardiac structures. This is an imaging technique that could facilitate the TP, by reducing the risk of complications and also shortening the learning curve. Additionally, using ICE would potentially reduce the risk of puncture, as well as providing security in complex cases such as failed punctures due to complex anatomy, presence of prosthetic material, or congenital heart disease patients on anticoagulantes<sup>105, 110</sup>. Finally there have never

been any randomized studies looking out effectiveness of direct visualization of cardiac anatomy during ablation procedures.

Since the AF is the most common adult arrhythmia, and pulmonary vein ablation (PVA) is a common treatment procedure, using ICE has been good tool in implementing the procedure because PVA requires transseptal puncture. Using ICE has found its main use in electrophysiology laboratories because it allows direct visualization of the atrial septum. During transseptal puncture to visualize the position of the needle system and the formation of a "tenting" when pressing on the OF and deform it. When the Brockenbrough needle advances the sudden loss of tenting confirms the puncture, you can view the progress of the sheath through the septum to to the left atrial (LA) and observe the passage of microbubbles or contrast to LA by injecting saline or contrast, refer (Figure 1).

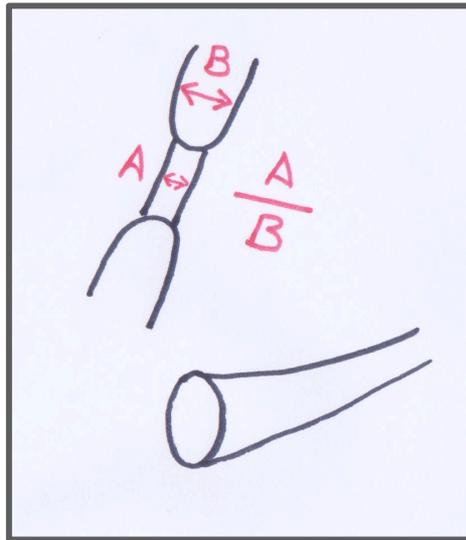


*Figure 1: Transseptal needle guided in oval fossa Phased Array. The needle and presses the septum, which produces "tenting" prior to the pierce.*

The objective of this study is to assess the usefulness of intracardiac ultrasound transeptal puncture and examine whether there are predictors of difficulty to help determine which patients would benefit from its use. The study was conducted in two phases. The first phase was the preliminary study based on published research<sup>158</sup>.

### *Phase I*

The first phase was a retrospective study, which looked at the correlation between the intracardiac echocardiography and transesophageal echocardiography in its characteristics of the septum and the identification of demographic and anatomical variables to help identify more complex punctures. Retrospective analyses characterized 100 consecutive patients who met the inclusion criteria undergoing ablation treatment with TP using ICE. The average time required for analysing TP was measured and the 100 TP guided by ICE recorded. We were able to identify several variables that influenced the time, such as the thickness of the membrane of the oval fossa. This was associated linearly with the time required for the TP. Another variable that was identified, which was the excavation of the oval fossa, this allowed for the estimation of the ratio between the thickness of the membrane and the thickness of the muscular septum. Patients with membrane thickness  $\geq 1.5$  mm, a shallow excavation pit (ratio: membrane thickness / muscular septum  $> 1/3$ , see figure 2), with lipomatous degeneration of septal defects or coronary sinus representing a group of patients in which the TP that became more complex. The correlation of quantification of the septum by ICE and transesophageal echocardiography (TEE) was studied, resulting in a good correlation.



*Figura 2: Oval Fossa excavation A: membranous septum. B: muscular septum. Proximity to the coronary sinus*

## ***Phase II***

In this phase, 71 patients who underwent ablation of pulmonary veins and met the inclusion criteria were included in the study. Patients were divided patients according to the degree of difficulty of the transseptal puncture determined by TEE. Difficulty parameters were defined based on the findings of the first phase of the study (membrane thickness  $\geq 1.5$  mm, digging a shallow pit). Patients who met the "no" criteria of puncture complex as measured by the TEE, were assigned to group A and those who met the "yes" criteria assigned to group B. In the second phase of the study, the physician responsible for the procedure decided before it, and without knowing the anatomy of the atrial septum whether to use images of intracardiac ultrasound for transseptal puncture or not. In all cases, intracardiac ultrasound catheter was introduced and a second doctor watched in real time by echocardiography puncture. If the puncture site chosen by the operator was inappropriate, it was warned by the

second doctor who controlled puncture by echocardiography and provided the operator to correct the puncture, scoring as a cross-over X. Likewise, if requested by the operator to see echocardiographic images in order to perform TP, they proceeded in the same way and it was counted as cross-over.

The study results demonstrated that there were greater effectiveness of the puncture when performed under echocardiographic guidance. Complications occurred only in patients assigned to puncture performed without intracardiac echocardiography. Regarding predictors of difficulty established by transesophageal echocardiography were more common in patients with incorrect punctures but it was not statistical significance. Puncture time predictors associated with difficulty, those longer punctures requiring more time were more difficult. These data are consistent with our preliminary descriptive study. Puncture time was also associated with other factors specific to intervention such as the size of the left atrium, and the number of attempts to reset. Additionally, the number of puncture attempts related to the lack of vision by the intracardiac echo operator but was not statistical significance.

The use of ICE in AF ablation procedures is based mostly a problem of economics due to its cost because the data show its usefulness in clinical practice. One way to allow for greater utilization would be to reuse the probe, which would in turn reduce the cost.

## INTRODUCCIÓN

La cateterización transeptal a través de la punción del septo interauricular es un procedimiento fundamental para el tratamiento de ciertas arritmias, como la Fibrilación Auricular (FA) y otras patologías cardíacas. Para ello es preciso atravesar el septo interauricular en la región de la fosa oval (FO), usualmente utilizando una aguja conocida como aguja “de Brockenbrough”<sup>1</sup>. Para la localización de la FO se utilizan referencias anatómicas identificables bajo visión radioscópica.

La punción transeptal (PT) es un procedimiento que puede tener complicaciones debido al riesgo de lesión de estructuras cardíacas y extracardiacas. Algunas de estas complicaciones ocurren como consecuencia de referencias anatómicas insuficientes o variaciones interindividuales de la anatomía cardíaca que pueden suponer atravesar el septo interauricular por zonas erróneas, con incremento del riesgo de perforación y taponamiento cardíaco<sup>2</sup>.

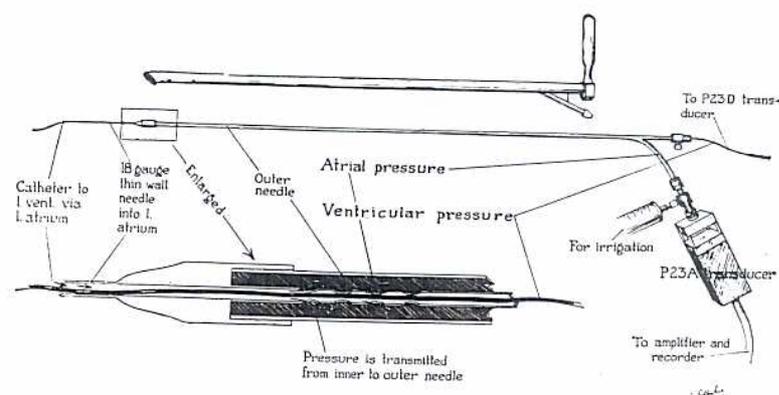
El avance y la mejora en el tratamiento de ciertas patologías cardíacas que requieren la punción del septo, han convertido a la PT en un procedimiento cada vez más frecuente en los laboratorios de electrofisiología y hemodinámica, extendiéndose esta técnica a casos cada vez más complejos. Esto a su vez supone un incremento de la posibilidad de enfrentarnos a una anatomía cardíaca menos predecible por marcas anatómicas fluoroscópicas y, por tanto, un incremento del riesgo de sufrir complicaciones.

Hoy en día disponemos de una técnica de imagen, la ecocardiografía intracardiaca (EIC), que proporciona una excelente información anatómica y en tiempo real. Desde la aurícula derecha nos permite visualizar las cuatro cavidades cardíacas además de

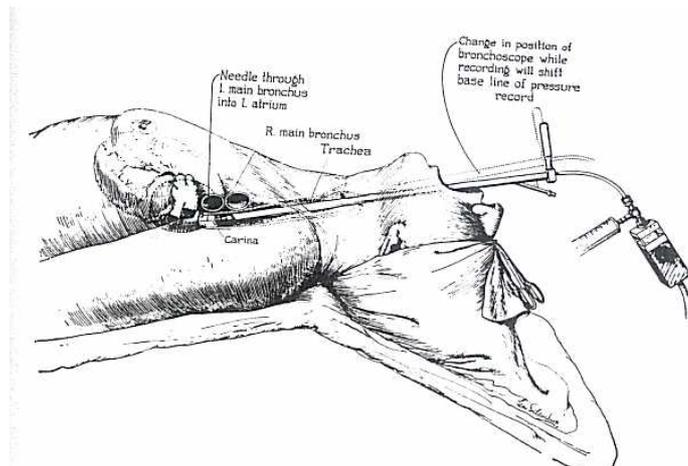
otras estructuras extracardiacas. Se trata de una técnica de imagen que podría facilitar la PT, disminuir el riesgo de complicaciones y además acortar su curva de aprendizaje<sup>3</sup>. Son diversas las publicaciones que refieren su utilidad y seguridad durante diversos procedimientos cardiacos invasivos, al evitar la necesidad de ETE y la anestesia general, acortando el tiempo de la intervención y permitiendo al cardiólogo intervencionista controlar los aspectos de imagen sin necesidad de soporte ecocardiográfico adicional<sup>4</sup>.

## Introducción Histórica

En 1941 Cournand y Ranges demostraron la posibilidad de cateterizar las cavidades derechas del corazón y esto supuso un fuerte estímulo para el posterior desarrollo de las técnicas intervencionistas<sup>5</sup>. Entre 1950 y 1960 surge la posibilidad de corregir las lesiones valvulares mitrales y aórticas, así como la corrección quirúrgica de algunos defectos congénitos cardiacos. En este periodo “pre-ecocardiográfico” se requería una adecuada valoración de la hemodinámica cardiaca, especialmente de las cavidades izquierdas, así como una cuantificación exacta de la severidad de las lesiones, y sólo se disponía de técnicas diagnósticas altamente invasivas y con riesgo considerable de complicaciones<sup>6</sup>. Entre estas técnicas cabe destacar el acceso transbronquial descrito en 1952 por Allison y Facquet que consistía en avanzar un broncoscopio hasta la primera porción del bronquio izquierdo y con ayuda de una aguja, especialmente diseñada para esto, se procedía a la punción de la pared anterior del bronquio para acceder a la aurícula izquierda (AI)<sup>7</sup>. (Figura 1 y 2)



*Figura 1: Diagrama de la aguja de doble pared empleada en la punción transbronquial de la AI según técnica de Allison y Facquet. Imagen tomada de Allison PR. The Broncoscopic measurement of left auricular pressure. Circulation. 1953; 138: 718-725.*



*Figura 2: Representación de la punción transbronquial de la AI con la aguja en el bronquio principal izquierdo introducida a través del broncoscopio. Técnica de Allison y Facquet. Imagen tomada de Allison PR. The Bronoscopic measurement of left auricular pressure. Circulation.1953; 138: 718-725*

En 1953 Björck describe el acceso percutáneo posterior (técnica paravertebral) donde el paciente permanecía en decúbito prono y se insertaba una aguja de calibre 18 aproximadamente 5 cm lateral al proceso espinoso, a un nivel que fluoroscópicamente se corresponde con la aurícula izquierda (Figura 3 y 4). La aguja se dirigía hacia la línea media debiendo atravesar el espacio pericárdico. El riesgo de sangrado intrapericárdico y taponamiento era considerable, además de la posibilidad de neumotórax y hemotórax al atravesar el espacio pleural y el pulmón<sup>8,9</sup>.

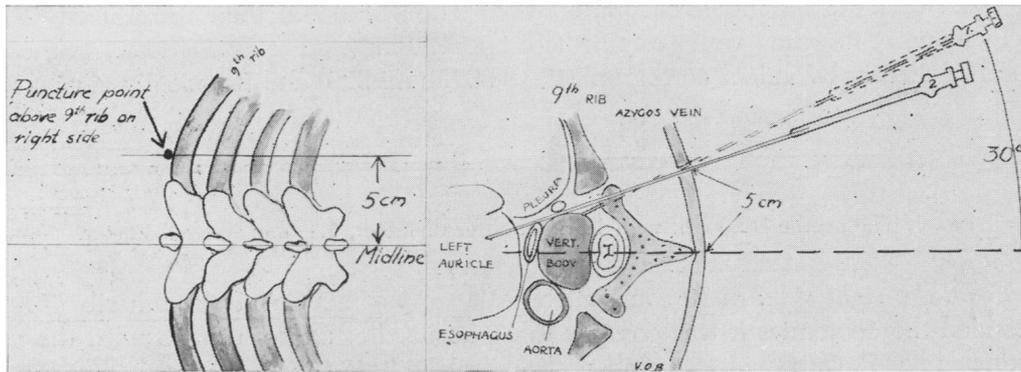


Figura 3: Diagrama del trabajo original que muestra el punto de punción 5cm a la derecha de la línea media, sobre la novena costilla. La aguja se introduce lateral al cuerpo vertebral. Tomado de Björk V.O, Malmstrom G and Ugglä L.G. Left auricular pressure measurements in man. *Ann Surg.* 1953; 138: 718-725.

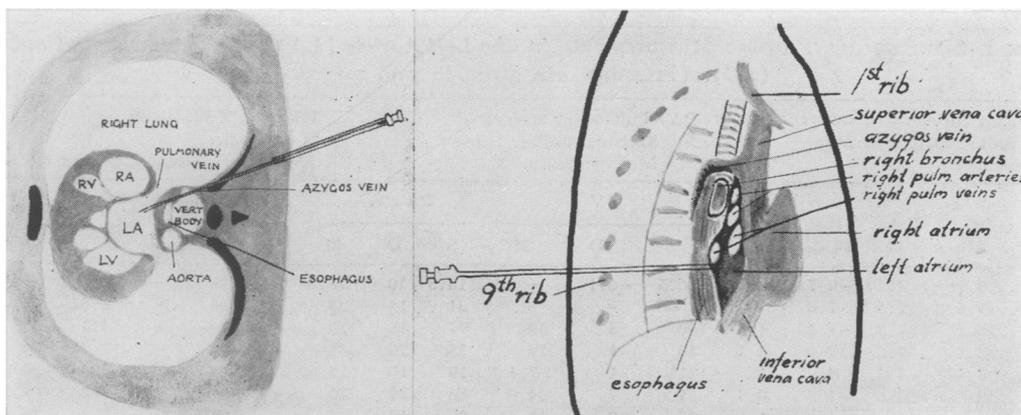
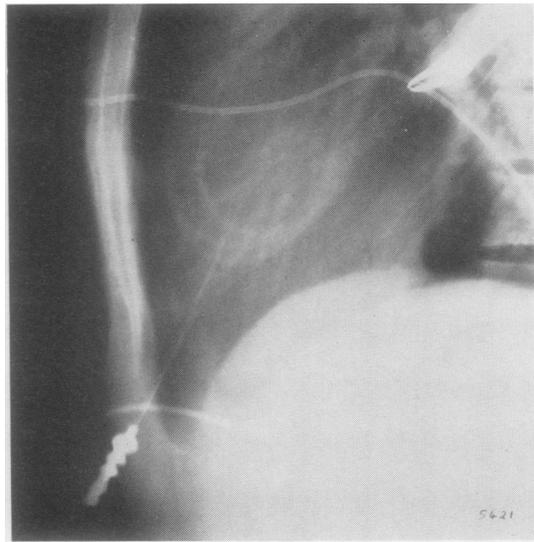


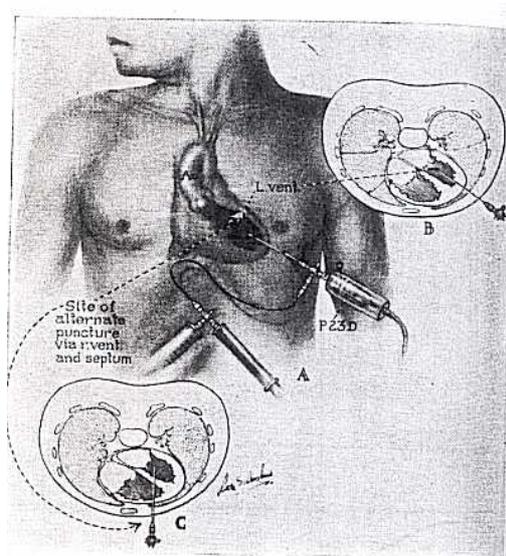
Figura 4: Diagrama horizontal de la posición de la aguja en la AI y diagrama lateral (desde el lado derecho) de la posición de la aguja en la AI. Tomado de Björk V.O, Malmstrom G and Ugglä L.G. Left auricular pressure measurements in man. *Ann Surg.* 1953; 138: 718-725.

En aquellas situaciones en las que no se requería la medición de la presión en AI pero se necesitaba el estudio del ventrículo izquierdo, se procedía al acceso directo a través de la pared pectoral con una aguja de calibre 20 y de 10 cm de longitud (técnica de

Morrow). Brock describe en 1956 este procedimiento a través del segundo espacio intercostal<sup>10</sup> o bien a través del espacio subxifoideo con ayuda de contraste radioscópico<sup>6</sup> (Figura 5 y 6).



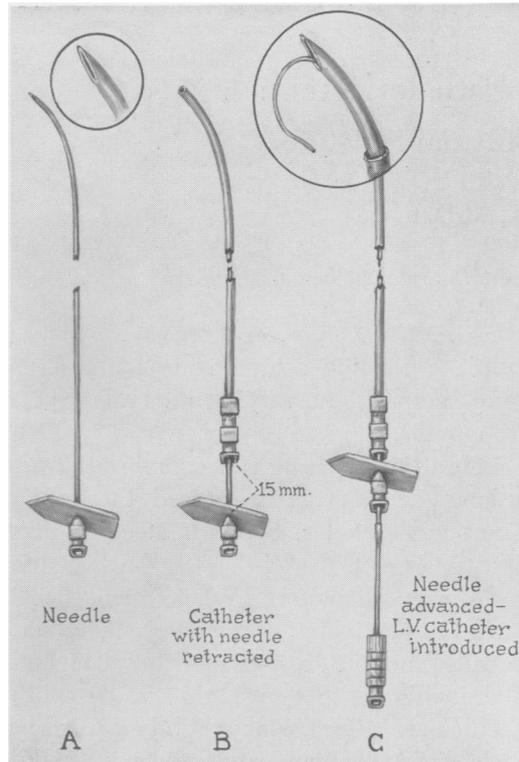
*Figura 5: Radiografía lateral tomada durante la punción del ventrículo izquierdo publicada en el trabajo original de Brock et als. Percutaneous left ventricular puncture in the assessment of aortic stenosis. Thorax.1956; 11: 163-170.*



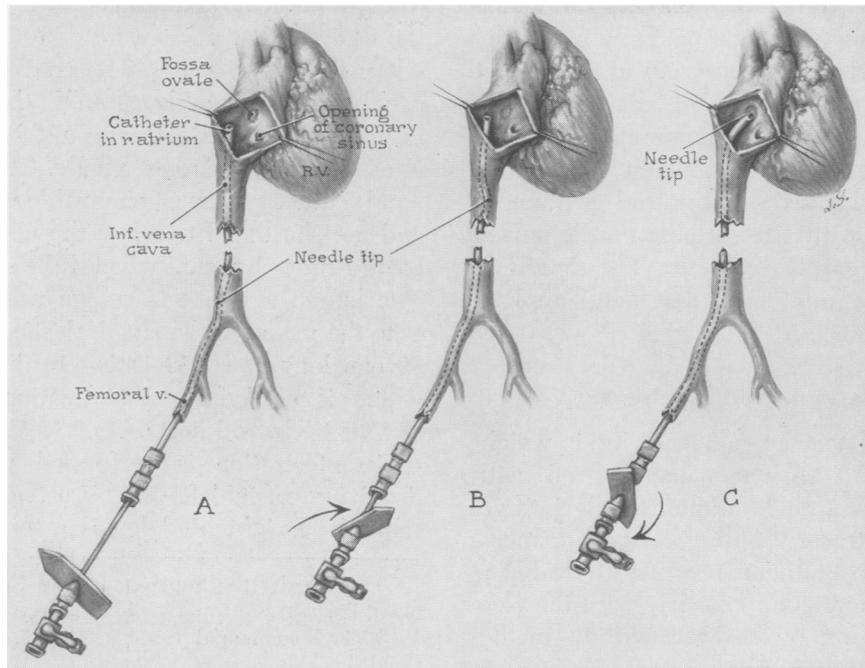
*Figura 6: Descripción de técnica de acceso al ventrículo izquierdo por punción directa a través de la pared torácica anterior descrita por Morrow. Introducía una aguja de calibre 20 y 10 cm de longitud en el punto donde se percibía el impulso apical. Brock describió el acceso a través del segundo espacio intercostal. Tomadas de Morrow et als. Left heart catheterization: an appraisal of techniques and their applications in cardiovascular diagnosis. Archives of Internal Medicine. 1960; 105: 177-187. Brock et als. Percutaneous left ventricular puncture in the assessment of aortic stenosis. Thorax.1956; 11: 163-170.*

Otros accesos menos utilizados fueron la punción supraesternal de la AI y la cateterización izquierda a través de defectos en el septo interventricular<sup>11</sup>.

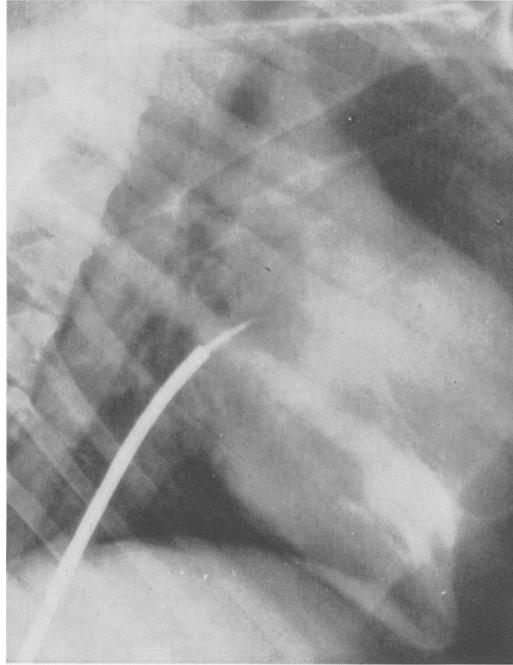
La técnica de la punción transeptal fue desarrollada por Ross, Braunwald y Morrow en el National Heart Institute (ahora The National Heart, Lung, and Blood Institute) en Bethesda a finales de los 50 con el objetivo de cateterizar el lado izquierdo del corazón<sup>12</sup>. En 1958 Ross describe la punción transeptal en perros con ayuda del catéter Courmand y de agujas de calibre 18 o 20, de 61cm de longitud permitiendo la obtención de curvas de presión izquierda<sup>13</sup> (Figura 7,8 y 9).



*Figura 7: Diseño y detalles de la aguja calibre 18 y catéter Courmand empleados en el trabajo original de Ross J. en experimentación animal. Tomado de Ross J JR. Transseptal Left Heart Catheterization. Annals of Surgery. 1959;149: 3-10.*



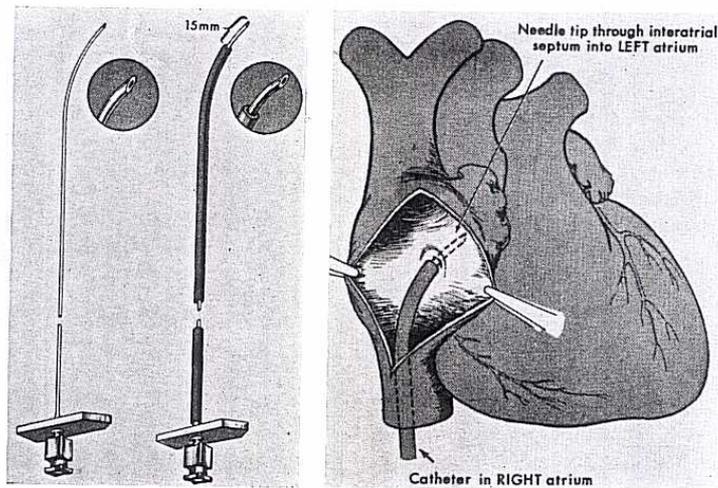
*Figura 8: Técnica de inserción del catéter Cournand y la aguja. Muestra cómo rota la aguja en sentido horario al entrar en la aurícula derecha. Extraído del trabajo original de Ross J. Transseptal Left Heart Catheterization. Annals of Surgery. 1959;149: 3-10.*



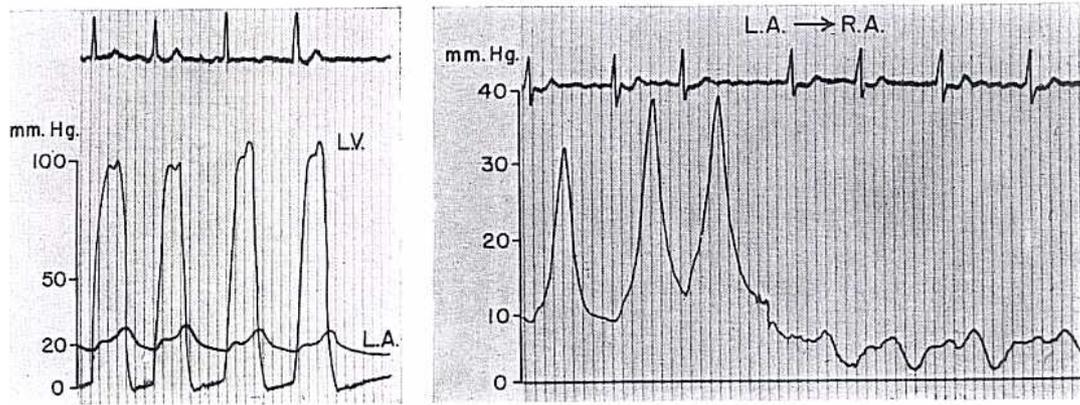
*Figura 9: Radiografía de la posición correcta de la aguja y el catéter transeptal durante la punción en un perro. Extraído del trabajo original de Ross J. Transseptal Left Heart Catheterization. Annals of Surgery. 1959;149: 3-10.*

En 1959 junto con Braunwald y Morrow, comunican la primera experiencia en humanos, en una serie de 13 pacientes con valvulopatía mitral aislada o predominante. Bajo anestesia local se disecaba la vena safena, se insertaba un catéter Cournand de 8F y 59 cm posicionándolo en aurícula derecha (AD) cerca de la fosa oval. Posteriormente a través del catéter se introducía una aguja curvada de calibre 19 y 61 cm de longitud especialmente diseñada para alcanzar la fosa oval. En el extremo proximal la aguja tiene un indicador en forma de flecha que permite saber hacia dónde apunta la aguja. Bajo guía fluoroscópica rotaban la aguja dirigiéndola posterior y medial, progresaban el catéter y la aguja en conjunto hasta notar la resistencia de la FO. A partir de ahí se avanzaba sólo la aguja unos 15mm hasta alcanzar la AI. Con esta técnica preconizaban que de una forma más segura podían en un mismo

procedimiento obtener presiones derechas e izquierdas aunque la vena safena debía ser ligada al final del estudio<sup>14, 15</sup> (Figura 10 y 11).



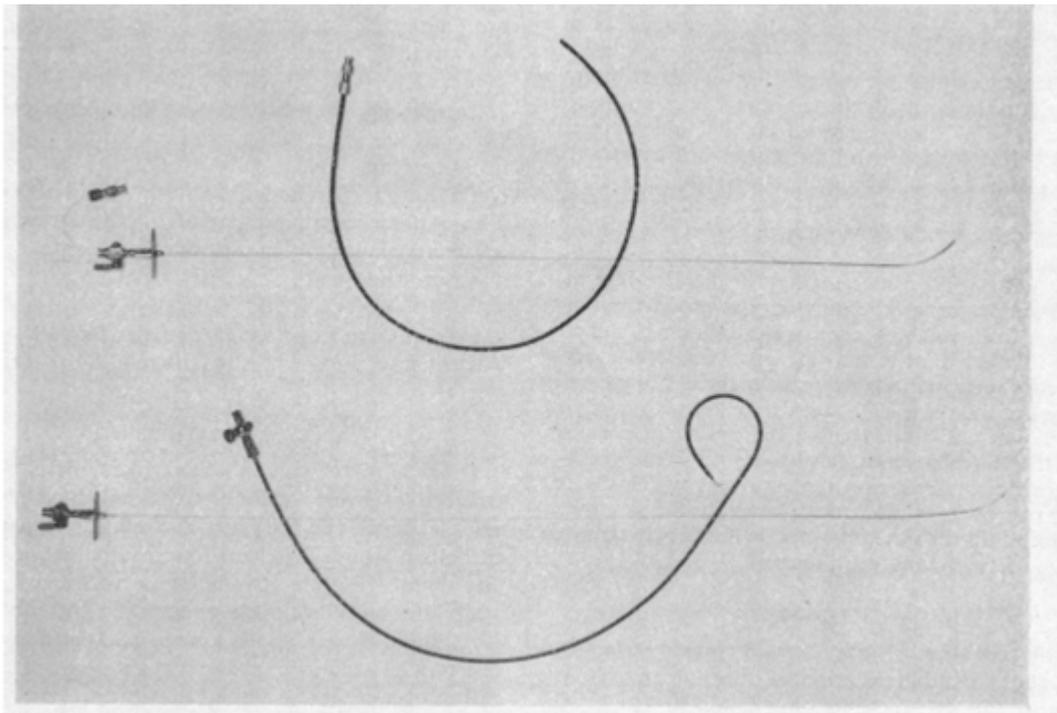
*Figura 10: A la izquierda aguja de calibre 19 especialmente diseñada para la PT. A la derecha la posición de la aguja y el catéter durante la punción. Extraído del primer trabajo original publicado en humanos por Ross J, Morrow AG y Braunwald E. Ross J Jr, Braunwald E, Morrow AG. Transseptal left atrial puncture. New technique for the measurement of left atrial pressure in man. The American Journal of Cardiology. 1959; 5: 653-655.*



*Figura 11: Registro de las presiones medidas en el primer trabajo con humanos publicado por Ross J, Morrow AG y Braunwald E. A la izquierda registro simultáneo de presiones en AI (representado como LA) y ventrículo izquierdo (representado como LV) en un paciente con estenosis mitral y FA. La presión en AI se midió a través de la aguja de transeptal mientras que la presión ventricular se midió por punción directa del ventrículo izquierdo a través de la pared torácica anterior. El registro de la derecha muestra las presiones al retirar la aguja de la AI (LA) hasta la AD (RA) en un paciente con regurgitación mitral. Ross J Jr, Braunwald E, Morrow AG. Left heart catheterization by the transeptal route. A description of the technique and its applications. Circulation.1960; 22: 927-34.*

En posteriores comunicaciones fueron perfeccionando la técnica y el material. Se diseñaron catéteres de polietileno (catéter PE50) o teflón que requerían un estilete para facilitar el acceso a vena cava inferior<sup>16</sup>, catéteres con punta más afilada y orificios laterales de menor tamaño para evitar la perforación del catéter por la aguja o la formación de trombos en el interior, así como el uso de un estilete romo dentro de la aguja que sobresalía unos 2cm y que se mantenía en su interior hasta sobrepasar el catéter evitando de esta forma la posible perforación del mismo, además la curvatura de la aguja podía modificarse manualmente si las aurículas estaban dilatadas para que la punción transeptal fuese satisfactoria<sup>17,18</sup>.

Las primeras series publicadas utilizaban la técnica de Ross con la aguja que él mismo había diseñado, de calibre 17 y 61 cm de longitud (Figura 12, 13 y 14), que resultaba bastante rígida en su manejo<sup>16</sup>.



*Figura 12: Arriba aguja de punción transeptal diseñada por Ross y el catéter de PE 50 por el que se introducía la aguja. Abajo comparación con la aguja de punción de Brockenbrough. Extraído del artículo de Nixon P.G.F. and Ikram H. Left heart catheterization with special reference to the transseptal method. Brit Heart J. 1966; 28: 835-841.*

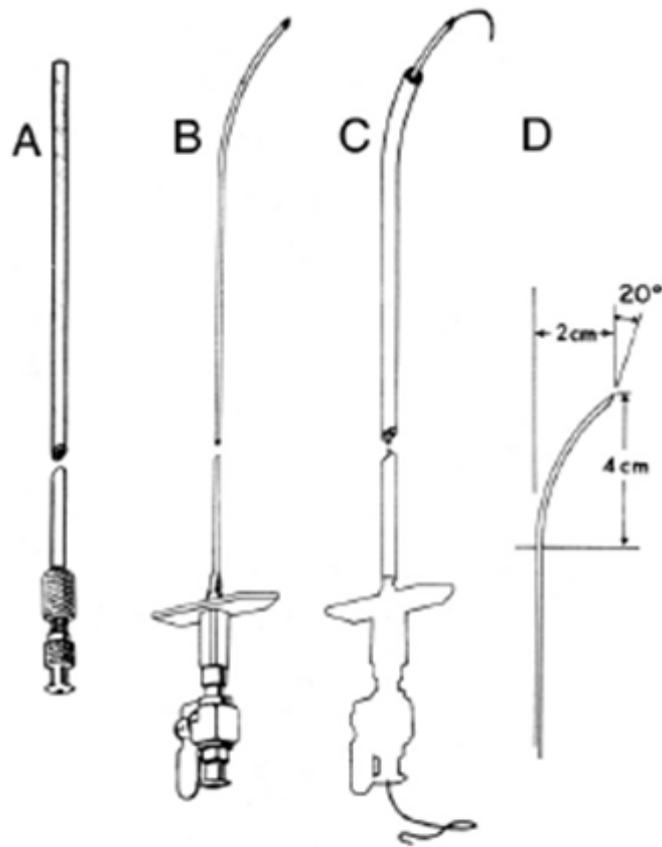
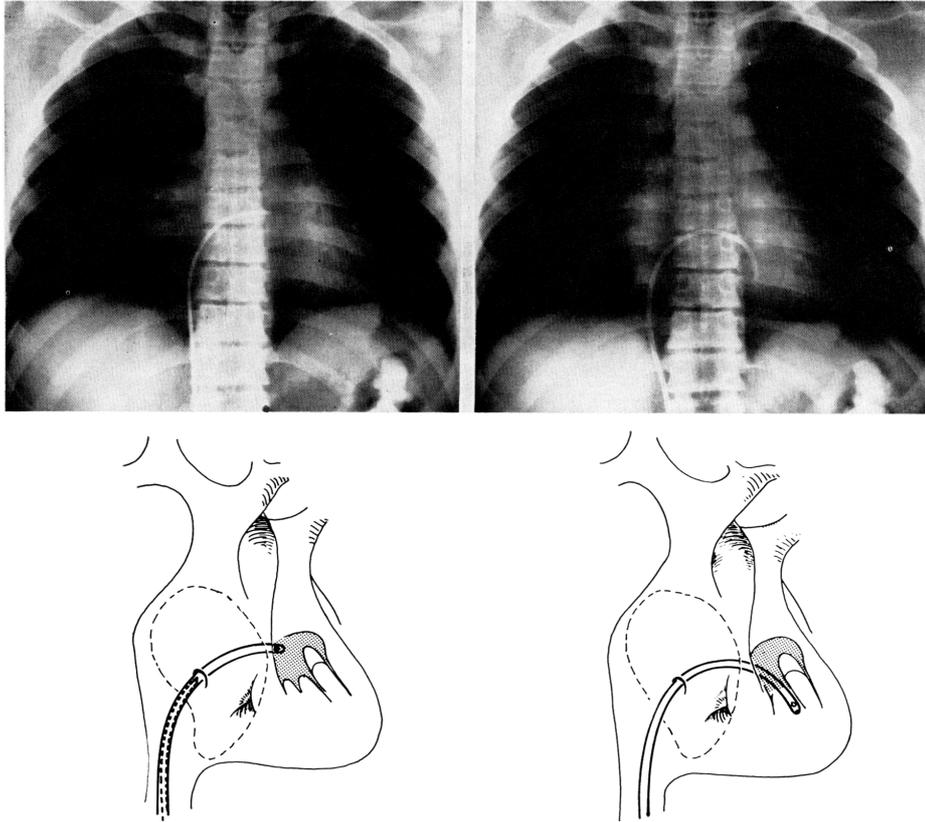


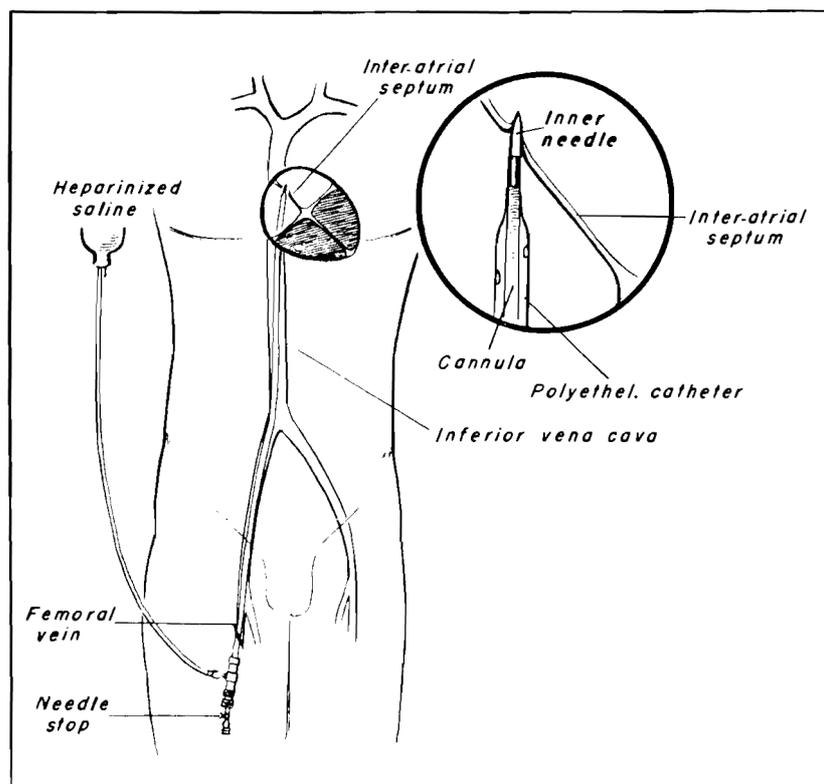
Figura 13: A: aorto catéter número 8 de 61cm con material Nylon core y adaptador removible de Tuohy-Borst. B: aguja de transeptal de Ross. C: aguja sobresaliendo del catéter. En la parte distal se observa como sobresale un catéter de polietileno de 100cm de longitud (Clay Adams PE509 con adaptador Clay Adams A2625). Se introducía a través de la aguja para cateterizar el ventrículo izquierdo y la aorta. D: a mayor escala de la punta distal de la aguja. Extraído del artículo de Brockenbrough E., Braunwald E. and Ross J. Jr. Transseptal left heart catheterization: a review of 450 studies and description of an improved technic. *Circulation*. 1962;25: 15-21.



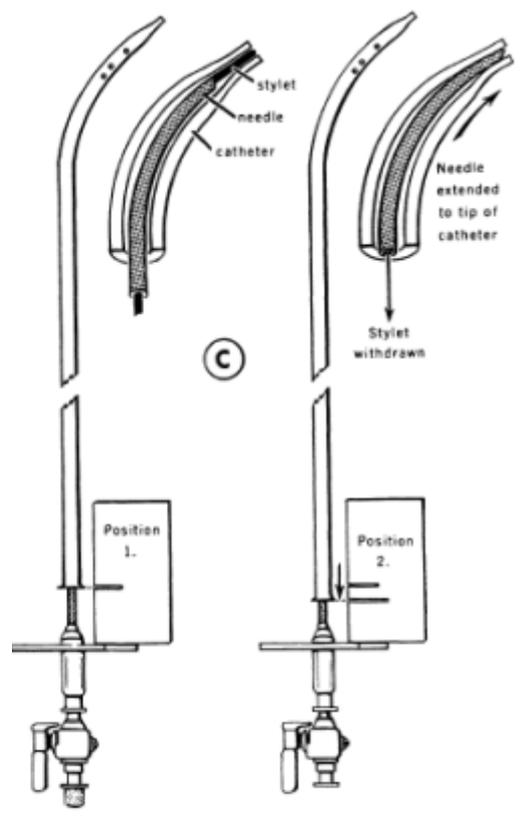
*Figura 14: radiografías de tórax y diagramas representativos de la posición del catéter de poliuretano a través de la PT en la AI (imagen de la izquierda) y el catéter en el ventrículo izquierdo (imagen de la derecha). Imágenes del trabajo original de Ross J, Brockenbrough E y Braunwald E. Transseptal left heart catheterization: a review of 450 studies and description of an improved technic. Circulation. 1962;25: 15-21.*

Posteriormente se extiende la técnica de Brockenbrough que emplea la llamada aguja de Brockenbrough (tal y como se emplea actualmente) que era más larga y más fina en comparación con la de Ross (Ver figura 11), esto permitía que el acceso pudiese realizarse mediante la técnica Seldinger de punción femoral, sin necesidad de disecar la vena safena, además de emplear un catéter más largo que permitía inyección de contraste para la angiografía<sup>19-21</sup>. Antes de insertar el catéter y la aguja, se realizaba una marca en el propio catéter o en un papel marcando las posiciones en las

que la aguja y el estilete estaban dentro del catéter y la distancia en la que la aguja permanecía todavía dentro del catéter pero sin el estilete, de esta forma a través de estas marcas se evitaba la salida inadvertida de la aguja (Figura 15 y 16).



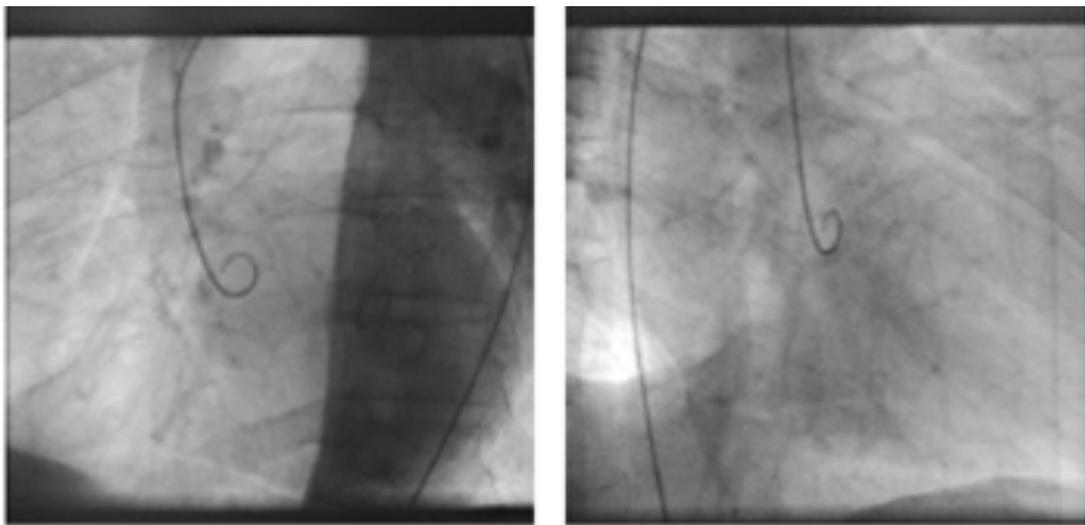
*Figura 15: Dibujo de la descripción de la técnica Seldinger para el acceso transeptal. Se insertaba percutáneamente un catéter de polietileno a través de la guía de Seldinger. Del trabajo original De Cope C. Technique for transeptal catheterization of the Left atrium: Preliminary report. J. Thoracic Surg. 37: 482.1959.*



*Figura 16: Se realizaba una marca en el propio catéter o en un papel marcando las posiciones en las que la aguja y el estilete estaban dentro del catéter (Imagen de la izquierda) y la distancia en la que la aguja permanecía todavía dentro del catéter pero sin el estilete (Imagen de la derecha). Tomado de Ross J. Jr. Considerations regarding the technique for transseptal left heart catheterization. Circulation. 1966; 34; 391-399.*

Para la punción correcta de la FO utilizaban marcas anatómicas a través de la realización previa de una radiografía de tórax tras ingesta de Bario que permitía delimitar la aurícula izquierda (AI). Con esta imagen y la relativa proyección fluoroscópica de la AI, la columna vertebral y el bronquio principal izquierdo se determinaba la adecuada zona de punción. En aurículas de dimensiones normales la posición idónea se localizaba ligeramente inferior al bronquio principal y en la unión del tercio medio con el lateral de la columna vertebral, hacia la mitad de la silueta cardíaca. Durante el descenso desde la parte alta de la AD, el conjunto formado por el

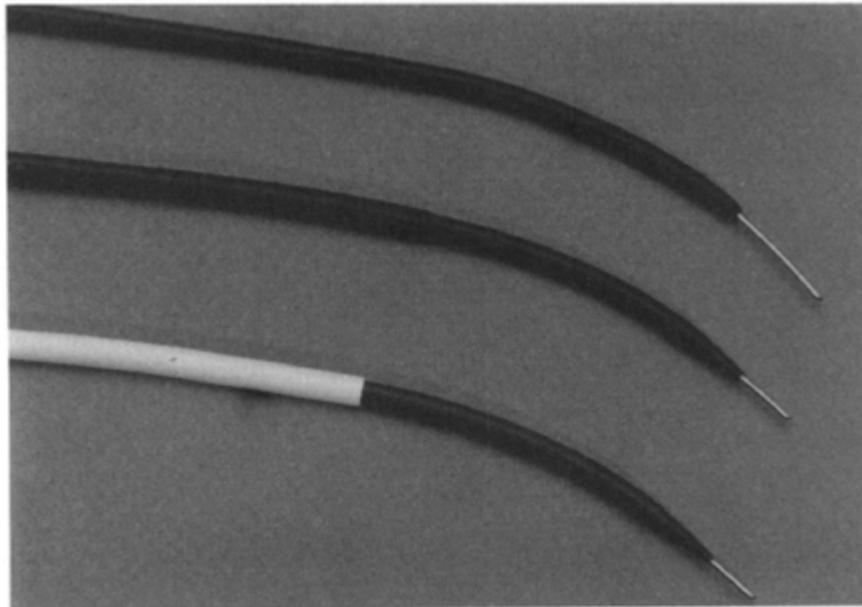
catéter y la aguja se gira 45° en dirección posteromedial observándose un salto que se corresponde con el botón aórtico y posteriormente un segundo salto del catéter, antes de caer en la FO, que se debe al borde límbico de la fosa. En los pacientes con AI dilatada la punción se realizaba en una posición más baja de la silueta cardíaca y más posterior, con un giro de 60° a 90°. Destacar que a veces el salto del botón aórtico no era perceptible por el operador, principalmente en los casos de aurículas muy dilatadas<sup>16</sup>. Por otra parte, en algunos centros se progresaba un catéter por vía arterial hasta la raíz aórtica marcando la posición del botón aórtico con dicho catéter o bien tras inyectar contraste<sup>22</sup> (Figura 16).



*Figura 17: Imágenes fluoroscópicas con un catéter pigtail colocado en raíz aórtica en OAI a la izquierda y OAD derecha. Tomado de McIntosh H.D., Sleeper J. Thompson H.K. and Whalen R. Simplification of left heart catheterization. Amer J Cardiol 7:580, 1961.*

## **Primeras experiencias de la Punción Transeptal en niños**

En 1962 Roveti publicó los primeros casos de punción transeptal en niños menores de 13 años. Para ello modificó parte del material, utilizó una aguja de calibre 17, cuando la estándar entonces para adultos era de calibre 19. La ubicación de la posición transeptal se basaba en marcas anatómicas, con punciones a nivel del tercio inferior de la AD en los niños mayores, y en aquellos de menor edad y peso (desde los 18 meses a los 5 años) la aguja se posicionaba justo por encima del diafragma. En estos casos la marca anatómica imprescindible era el diafragma para evitar la punción inadvertida de la vena cava inferior<sup>23</sup>. Posteriormente se perfecciona el material para las punciones en edad pediátrica con diseño de agujas de calibre 22 en la punta y de 54,5cm de longitud, que permitía un registro mejorado de las presiones. Esto supuso en aquella época un conocimiento más preciso de la anatomía y fisiopatología de las cardiopatías congénitas en niños (Figura 18)<sup>24-26</sup>.



*Figura 18: Aguja de Brockenbrough dentro de vaina de Brockenbrough (arriba). Vaina Mullins (en medio). Vaina Mullins pediátrica (abajo). Extraído de Brockenbrough E., Braunwald E, Ross J Jr, Morrow A.G. Left heart catheterization in infants and children. Pediatrics 1962; 30; 253-261.*

### **Complicaciones y contraindicaciones iniciales en la evolución del acceso transeptal**

Las complicaciones con esta nueva técnica transeptal eran menores que con los primeros procedimientos descritos de cateterización cardiaca, como la punción transbronquial o supraesternal directa, pero no estaba exento de riesgo. Los primeros estudios comunican una incidencia de complicaciones de 5.5%, siendo la perforación cardiaca la complicación grave más frecuente (2.4%), fundamentalmente como consecuencia de la punción de la raíz aórtica o de la pared de la AI<sup>25</sup>. El riesgo de mortalidad asociada a la técnica, también sensiblemente menor en comparación con

las primeras vías de cateterización, no estaba ausente y variaba según las series publicadas por los diferentes grupos<sup>26-28</sup> (Tabla 1).

Uno de los principales avances iniciales para reducir la tasa de complicaciones, fue la realización del procedimiento con monitorización de la curva de presión. Así se consiguió disminuir el riesgo de taponamiento en caso de producirse la perforación inadvertida de cavidades, al evitar progresar el catéter cuando se registraban curvas de presión atenuadas o curvas de presión aórtica<sup>29-31</sup>(Figura 19). Progresivamente la mejora del diseño del material, la estandarización de la rutina básica para garantizar el éxito de la punción y la incorporación de nuevas técnicas de imagen redujo el porcentaje de complicaciones hasta las cifras actuales.

	<i>Número transeptales</i>	<i>Punción aórtica</i>	<i>Taponamiento</i>	<i>Punción pericárdica</i>	<i>Embolia sistémica</i>	<i>Muertes</i>
<i>Brockenbrough et al (1962)</i>	294	3 (1)	1 (0.3)	0	0	0
<i>Adrouny et al (1963)</i>	191	0	2 (1)	7 (3.7)	1 (0.5)	2 (1)
<i>Bette (1964)</i>	200	0	1 (0.5)	0	0	1 (0.5)
<i>Peckham et al (1964)</i>	158	2 (1.3)	2 (1.3)	2 (1.3)	3 (1.9)	1 (0.6)
<i>Libanoff (1965)</i>	200	4 (2)	0	3 (1.5)	2 (1)	0
<i>Braunwald (1968)</i>	1765	17 (1)	21 (1.2)	8 (0.5)	5 (0.3)	4 (0.2)
<i>Enghoff (1971)</i>	454	1 (0.2)	6 (1.3)	¿?	5 (1.1)	0
<i>Lew (1983)</i>	207	0	1 (0.5)	¿?	1 (0.5)	0
<i>Lundqvist (1986)</i>	278	2 (0.7)	0	9 (3.2)	3 (1.1)	0

*Tabla 1: Tabla de las complicaciones publicadas por diferentes autores en los primeros años del desarrollo del transeptal (entre paréntesis se expresan los porcentajes)*



*Figura 19: Trazado de presiones del trabajo original sobre la PT con monitorización de presiones. Expresado en escala de 0-50mmHg, de 5 en 5 mmHg. En la parte superior se aprecia trazado electrocardiográfico del paciente en FA. En la imagen de la izquierda, el conjunto de la vaina y la aguja, desciende desde VCS hasta la AD y el FO. El trazado muestra cómo se va amortiguando la presión hasta convertirse en una línea recta. Indica que el conjunto debe estar presionando sobre el septo. En la imagen de la derecha, la punción se ha realizado, se registra una elevación de la presión (flecha) al presionar la aguja y atravesar el septo hasta alcanzar la AI con la curva de presión típica*

Por otra parte se definieron las primeras contraindicaciones para el procedimiento. Se recomendaba evitar la realización de la punción transeptal en pacientes con referencias anatómicas no previsibles como en situaciones con AD severamente dilatadas, cifoescoliosis severas, anomalías congénitas complejas del corazón y de los grandes vasos, dilatación severa de la raíz aórtica; o situaciones que dificultaran el acceso del transeptal como tener antecedente de reparación con parche de defectos septales interauriculares, ausencia de vena cava inferior o imposibilidad de punción a través de las venas femorales; pacientes bajo tratamiento con anticoagulantes no suspendido previamente, evidencia de trombo en la AI o historia reciente de embolización sistémica<sup>16,26</sup>.

Fue a principios de los años 70 cuando comienza el declive de la punción transeptal debido al desarrollo de las nuevas técnicas de imagen especialmente la ecocardiografía que permitía un estudio bastante exacto de la severidad de las valvulopatías y de las anomalías congénitas. La realización de angiografías selectivas de las coronarias, desarrollada inicialmente por Sones y Shirey y posteriormente por Judkins, permitió contar con nuevos catéteres, que mediante acceso retroaórtico, accedían al ventrículo izquierdo más fácilmente. Esto supuso un incremento en la utilización de esta técnica para el estudio de presiones izquierda<sup>32,33</sup>. Así mismo la estimación de la presión en AI a través del cálculo de la presión capilar pulmonar por cateterismo derecho contribuyó el consiguiente decremento de la técnica transeptal<sup>34</sup>.

Sin embargo a finales del siglo pasado y principios de éste resurge la punción transeptal aplicada a nuevos procedimientos diagnósticos y terapéuticos como la valvuloplastia mitral con balón, el cierre de la orejuela izquierda, el estudio y tratamiento de arritmias cardiacas como la ablación de FA, flutter auricular izquierdo o vías accesorias izquierdas. Por lo tanto, la aparición de nuevas indicaciones de la punción transeptal ha supuesto el renacimiento de una vieja técnica que ha vuelto a la primera plana de la cardiología intervencionista<sup>35</sup>.

## **Indicaciones de la Punción Transeptal**

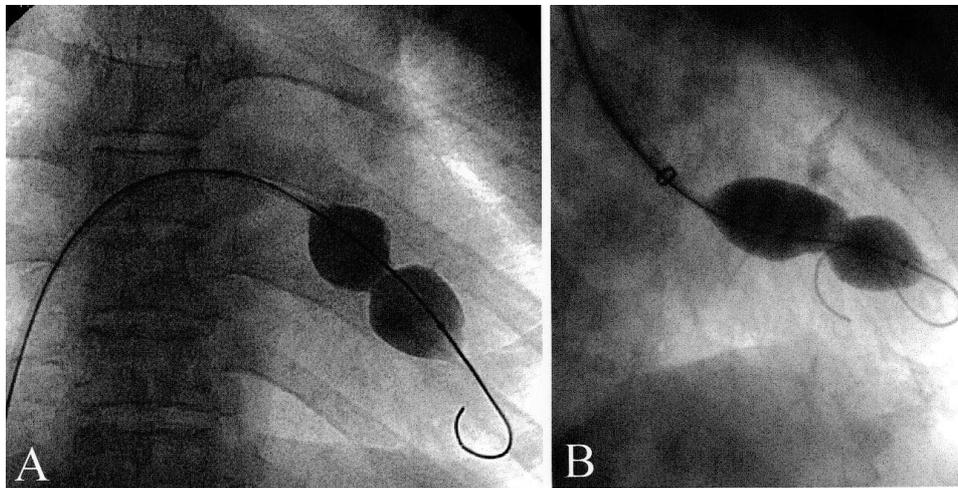
En su origen, básicamente la punción transeptal surge con una finalidad eminentemente diagnóstica. El posterior desarrollo de la cardiología ha encontrado nuevas utilidades para esta técnica, principalmente con un objetivo terapéutico, de forma que sus indicaciones actuales recorren diferentes campos.

La punción transeptal podría realizarse con finalidad diagnóstica en aquellas situaciones que requieren la estimación del gradiente aórtico o la realización de una ventriculografía en pacientes con válvula aórtica protésica al suponer ésta una dificultad para el acceso retroaórtico; además permite la medida directa de la presión auricular izquierda en pacientes donde la estimación de la presión capilar pulmonar puede no ser tan exacta, como la estenosis mitral con hipertensión pulmonar, y en situaciones con prótesis mitral cuando la estimación de la presión capilar pulmonar pueda sobreestimar el gradiente diastólico de la válvula<sup>36</sup>. Estas posibles indicaciones diagnósticas son, hoy en día, minoritarias debido a la facilidad con que se realiza el cateterismo derecho y principalmente, al gran desarrollo de las técnicas de imagen. El verdadero resurgir de la punción es eminentemente terapéutico.

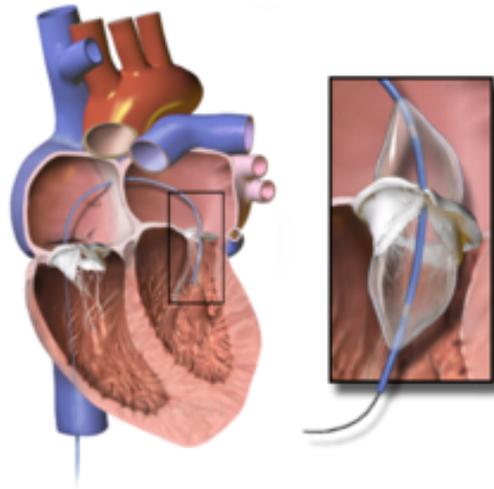
### ***Indicaciones en Valvulopatía Mitral***

La punción transeptal es el paso previo indispensable para la realización de la valvuloplastia mitral percutánea y con menor frecuencia la valvuloplastia aórtica anterógrada<sup>37</sup>. A principios de los 80, Inoue publica los primeros casos de valvuloplastia mitral con un catéter balón que permitía realizar “comisurotomía” sin necesidad de toracotomía. El catéter balón que diseñó era de caucho, reforzado con

una micromalla de nylon, que adoptaba formas diferentes según el grado de inflado. Tras la realización de la punción se progresa una guía y sobre ésta el catéter a través del FO perforado hasta alcanzar la mitral, fijándolo a la válvula con un inflado parcial del balón. Posteriormente se completa el inflado de forma progresiva hasta separar las valvas fusionadas (figuras 20,21).

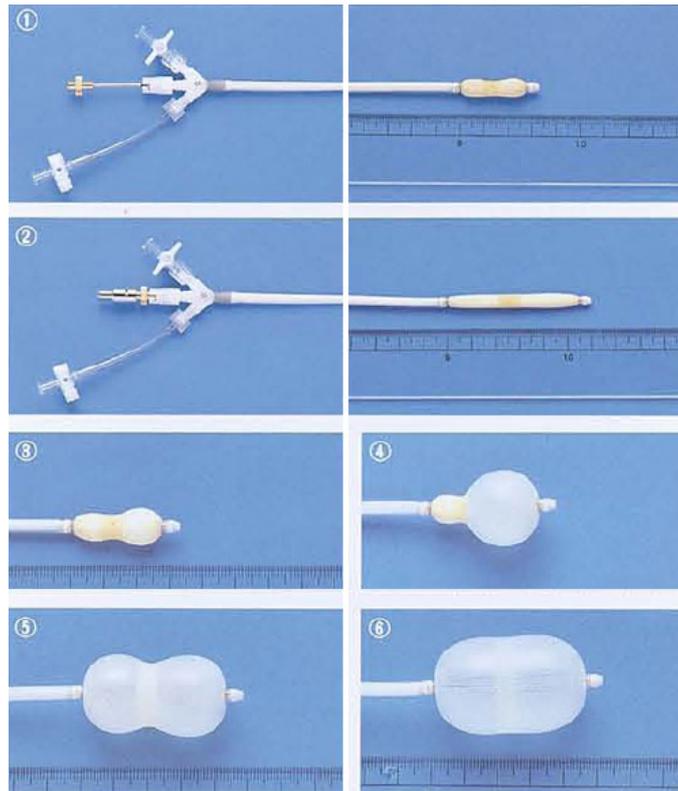


*Figura 20: Imágenes de cineangiografía con la guía por delante del balón Inoue hasta situarlo en la válvula mitral (A) e inicio del inflado (B)*



*Figura 20: Representación del balón de valvuloplastia situado en la válvula mitral*

Para la realización de la valvuloplastia es fundamental la selección adecuada del balón que está estandarizada según la altura del paciente; 30 mm para estaturas superiores a 180 cm, 28 mm para estaturas superiores a 160 mm, 26 mm para superiores a 147 mm y 24 mm para estaturas inferiores a 147 mm (Figura 21). Aunque se trata de una elección del balón en base a las medidas del paciente, hay que tener en cuenta otras consideraciones como elegir tamaños menores en aquellas válvulas con afectación más severa de los velos y las comisuras atendiendo a las imágenes ecocardiográficas así como balones más pequeños también en pacientes de edad avanzada. Con estas medidas y la selección adecuada del candidato a esta técnica de val (escala Wilkins según grado de afectación mitral) se minimiza el riesgo de una de sus principales complicaciones, la regurgitación mitral severa postcomisuritomía.

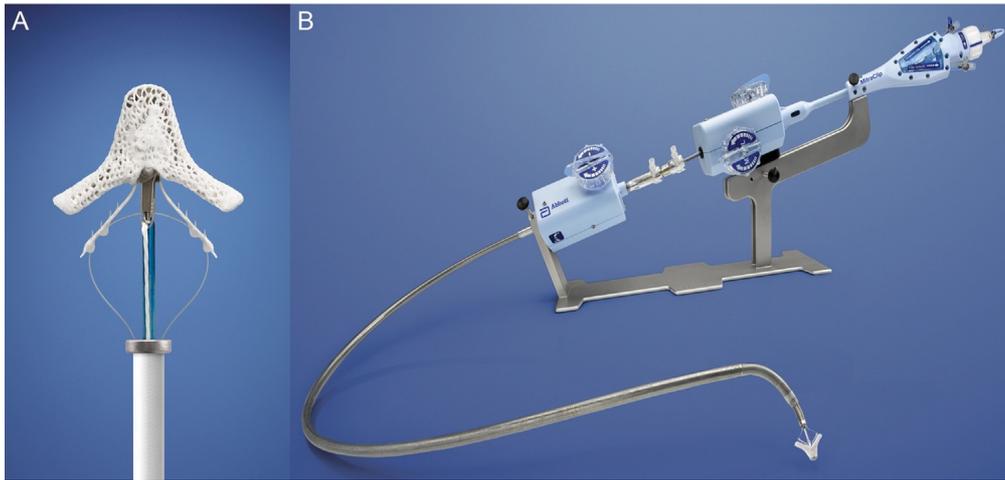


*Figura 21: Imágenes 1 y 2 diferentes tamaños de Balón Inoue. Imágenes 3-6 muestra del inflado progresivo del balón hasta el inflado máximo en la figura 6, con pérdida de la “cintura” del balón.*

De cara a la realización del transeptal previo a la valvuloplastia, Inoue propuso ciertas modificaciones en la punción transeptal con vistas a mejorar la maniobrabilidad del catéter durante el procedimiento así como la seguridad. Recomienda realizar una angiografía de la AD hasta visualizar la aorta, especialmente si el operador es inexperto o si estamos ante un caso complejo con AI dilatada, como por otro lado, suele ocurrir en pacientes con valvulopatía mitral. Esto permite visualizar la orientación del septo interauricular y las relaciones anatómicas con la válvula tricúspide y la aorta<sup>30</sup>. El paciente ideal para esta técnica es aquel que presenta

estenosis mitral sintomática con válvulas no muy calcificadas para lo que es fundamental la valoración ecocardiográfica previa<sup>38,39</sup>.

La técnica más utilizada de reparación percutánea mitral consiste en la plicatura de los velos mitrales, o técnica “borde con borde”, mediante la implantación de uno o varios clips percutáneos imitando la técnica quirúrgica de Alfieri que consistía en la realización de una sutura de los velos anterior y posterior para restablecer la coaptación valvular y crear así, una válvula mitral con doble orificio. La técnica percutánea emplea un dispositivo denominado MitraClip (Abbot Vascular; Abbot Park, Illinois, EEUU), que suele requerir guía ecocardiográfica para seleccionar una punción más superior y posterior del septo, ya que esto permite la adecuada maniobrabilidad del catéter y el emplazamiento adecuado del clip mitral. El dispositivo consiste en un clip o grapa de cromo-cobalto, de 4mm de ancho, con dos brazos articulados cuyo ángulo varía entre 0° (posición cerrada) y 240° (posición abierta) lo que permite pinzar y aproximar los bordes de los velos anterior y posterior<sup>40</sup>. En la porción interior de los brazos existen pequeños ganchos (o púas) que aseguran el anclaje adecuado de las valvas una vez cerrado el dispositivo. La parte externa está cubierta de una malla de poliéster para promover el crecimiento tisular y la formación de un puente de tejido fibroso entre ambas valvas. La liberación del dispositivo se realiza mediante un catéter guía de 24F y con punta móvil dirigible para posicionar el clip. El catéter guía dispone de dos mandos que controlan la dirección anteroposterior y mediolateral de la punta del catéter, y permiten a su vez la apertura, el cierre y al liberación del clip (Figura 22).

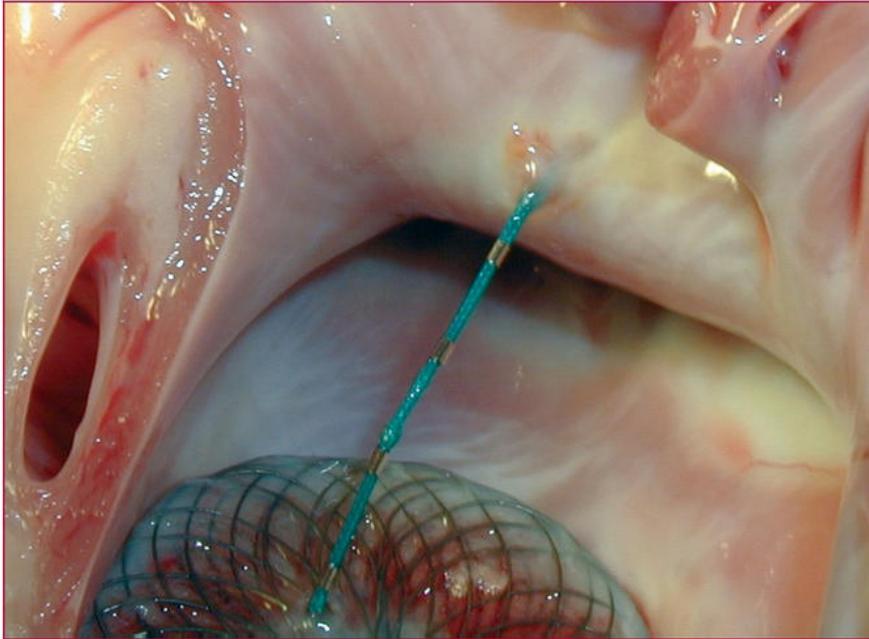


*Figura 22. A: dispositivo MitraClip. B: catéter de liberación*

Tras la plicatura si el resultado fuera subóptimo, se puede reabrir el clip para reubicarlo. Si después de varios intentos el resultado continúa sin ser el deseado, se puede retirar el clip completamente. Otra alternativa en caso de insuficiencia mitral residual significativa tras implantación de un primer clip consiste en implantar un segundo clip para reducir el grado de regurgitación. El MitraClip es el dispositivo que acumula la evidencia científica más extensa sobre el tratamiento percutáneo de la insuficiencia mitral y es el único aprobado para el tratamiento de la insuficiencia orgánica o degenerativa<sup>41</sup>.

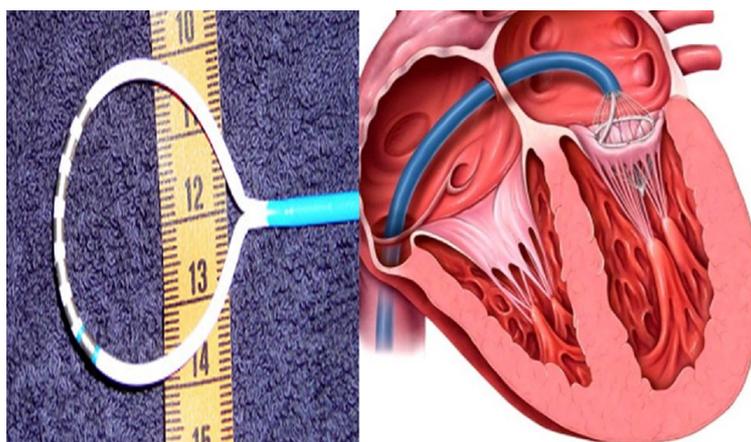
Existen otros dispositivos para la reparación mitral percutánea como el sistema Ample PS3 (Ample Medical, Foster City) denominado anuloplastia asimétrica que también requiere punción transeptal. Utiliza un anclaje en el seno coronario (barra en T) unido mediante un puente a un segundo anclaje situado en el septo interauricular (Amplatzer occluder). El anclaje del seno coronario y el puente se unen mediante

imanes especialmente diseñados y la tensión ejercida sobre el puente actuaría como una anuloplastia<sup>42</sup> (Figura 23).



*Figura 23: Dispositivo Ample PS3*

Un método de anuloplastia directa en vías de desarrollo, con buenos resultados en experimento con animales, es el sistema QuantumCor (QuantumCor, Lake Forest, California, EEUU) consiste en una sonda circular con electrodos térmicos, que inducen cicatrización y acortamiento anular tras una ablación con radiofrecuencia en diferentes puntos del anillo mitral y que igualmente se introduce por vía septal<sup>41</sup> (Figura 24).

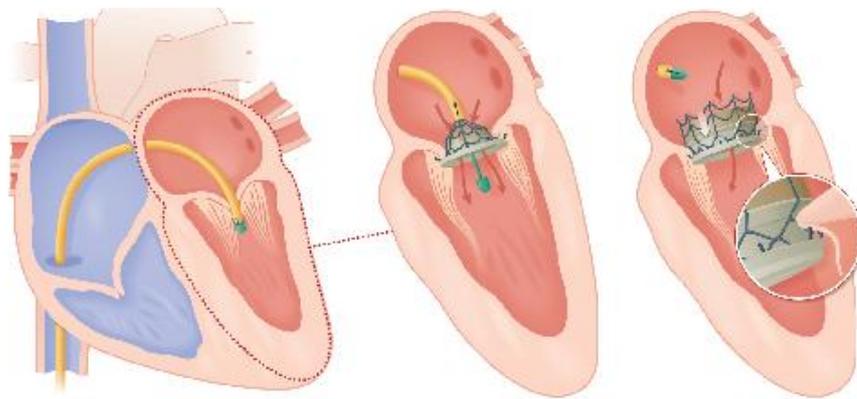


*Figura 24: Sistema QuantumCor.*

En desarrollo preclínico están las técnicas de reparación híbrida como el anillo de anuloplastia ajustable Mitral Solutions que se implanta quirúrgicamente y puede ser ajustado posteriormente por vía transeptal mediante un cable mecánico rotatorio. También es posible la implantación de cuerdas tendinosas utilizando el acceso septal con el objetivo de crear una conexión entre el miocardio y los velos mitrales. Es el sistema Babic, que precisa la externalización de las suturas por vía transeptal para colocar almohadilla y anclarlo en la cara auricular del velo<sup>41</sup>.

El reemplazo valvular aórtico percutáneo en pacientes de alto riesgo quirúrgico ha experimentado un gran desarrollo. Igualmente, el reemplazo percutáneo mitral podría tener el potencial de convertirse en un técnica elección para pacientes con insuficiencia mitral grave de alto riesgo quirúrgico. Sin embargo, la complejidad estructural de la válvula mitral, su etiología diversa y la carencia del conocimiento fisiopatológico completo de la insuficiencia han dificultado el desarrollo del

reemplazo percutáneo mitral paralelo al aórtico. Existen varios modelos experimentales en desarrollo y recientemente se han comunicado los primeros casos de reemplazo valvular percutáneo sobre válvula nativa. La válvula CardiAQ (CardiaAQ Valve Technologies, INC; Winchester, Massachusetts, EEUU) constituida por pericardio porcino y montada sobre un stent de nitinol autoexpandible diseñado para la implantación transeptal, fue la primera válvula percutánea implantada en posición mitral<sup>43</sup> (Figura 25).



*Figura 25: Esquema de implante percutáneo de válvula CardiAQ*

Cabe esperar que el desarrollo de técnicas de reemplazamiento valvular mitral percutáneo permita mejores resultados que la reparación mitral percutánea en determinados pacientes.

### ***Indicaciones en Valvulopatía Aórtica***

Las primeras prótesis aórticas percutáneas montadas sobre balón expansible (Cribier-Edwards y Edwards-Sapien) se implantaron vía anterógrada mediante abordaje transeptal, tras la canalización de una vena femoral con un introductor de calibre interno 24F<sup>44</sup>. Sin embargo, se ha asociado a un elevado riesgo de lesión de la valva anterior mitral. Esta circunstancia ha hecho que se utilice cada vez menos el acceso transeptal a favor de la implantación por medio de abordaje retroaórtico o transapical<sup>42</sup> (Figura 26).



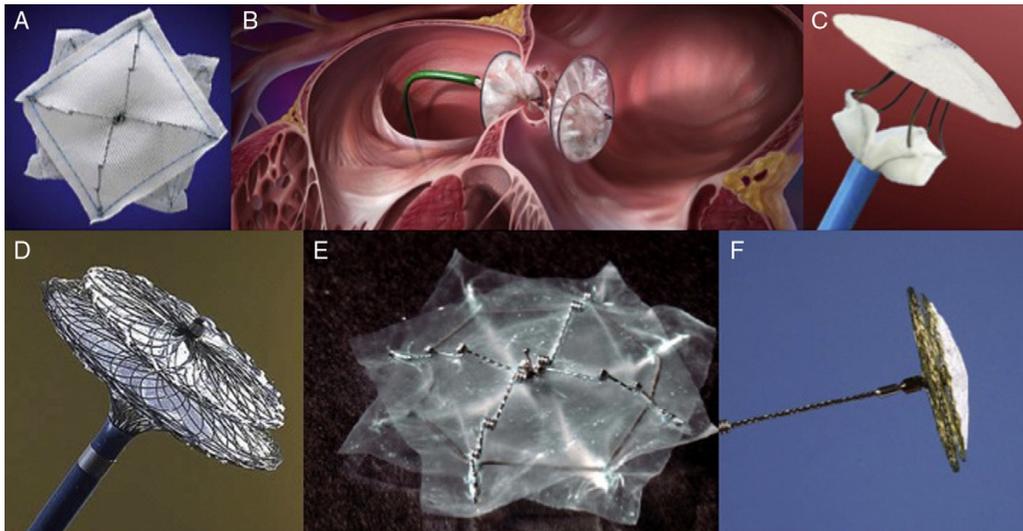
*Figura 26: válvula aórtica percutánea Edward-Sapien*

### ***Indicaciones en el Cierre de Foramen Oval y Defectos Septales***

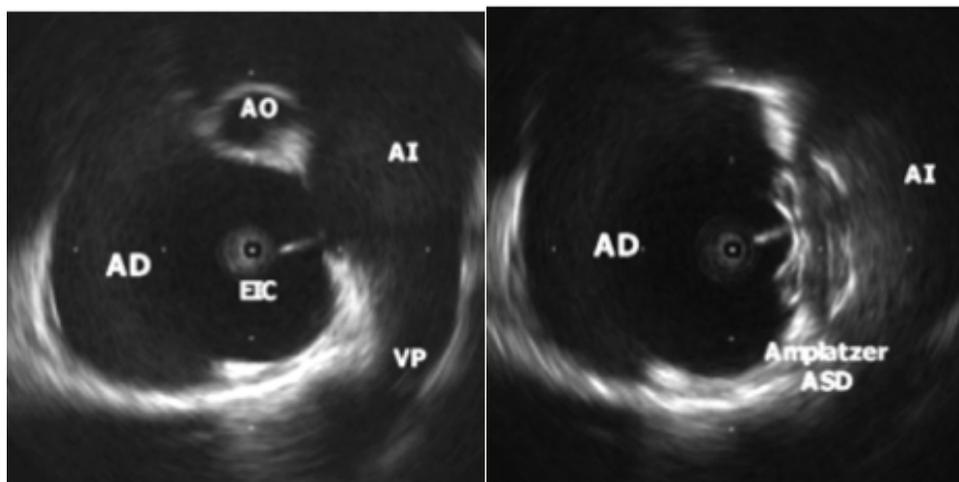
La reparación de los defectos septales y el foramen oval permeable (FOP) constituyen la segunda indicación más frecuente de cateterización transeptal.

La reparación percutánea de la comunicación interauricular (CIA) es una alternativa a la indicación quirúrgica y se usa con vistas a prevenir o revertir las consecuencias del shunt izquierda-derecha a través del septo (la hipertensión pulmonar y la insuficiencia cardiaca de predominio derecho). Los defectos del septo interauricular constituyen del 22-30% de las cardiopatías congénitas en el adulto y representan una patología heterogénea, en muchas ocasiones más compleja de lo que aparenta. El cierre está indicado en las CIA de tipo *ostium secundum*. Los defectos de tipo *ostium primum*, del seno coronario y del seno venoso se deben reparar quirúrgicamente. El dispositivo más utilizado es el Amplatzer Septal Occluder (St Jude Medical) que dispone de una amplia variedad de tamaños, un sistema de liberación sencillo, fácilmente recapturable y unas vainas de liberación que suelen requerir un tamaño inferior que con otros dispositivos. Hay una amplia gama de dispositivos útiles para el cierre de la CIA (Figura 27), y con respecto al Amplatzer presentan la ventaja de que no se han descrito casos de erosión, una rara complicación que se ha observado con los Amplatzer en menos de 0,05-0,3% de los casos y aparece relacionado con un excesivo tamaño del dispositivo o defectos con relación directa con la aorta o la aurícula izquierda. La tasa general de éxito con un cierre completo del defecto es superior al 95%<sup>45</sup>. El cierre se puede realizar guiado por fluoroscopia o ecocardiografía transesofágica o intracardiaca, dependiendo de las características del defecto y la experiencia del operador. Parece que la ecocardiografía intracardiaca se está postulando como una técnica preferente en este sentido, al proporcionar excelente información anatómica

del septo y otras estructuras cardiacas adyacentes. Permite la medición del defecto, la selección del tamaño del dispositivo y la monitorización de su correcta posición<sup>46</sup> (Figuras 28).



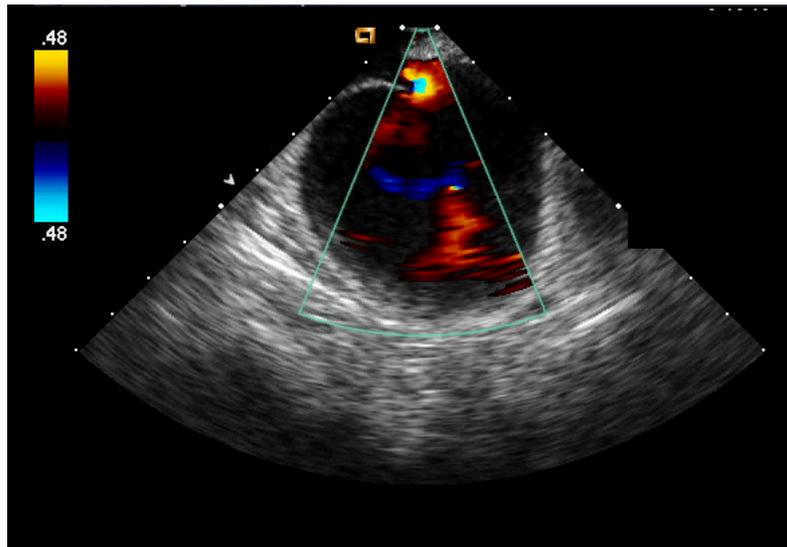
*Figura 27: Diferentes dispositivos para el cierre de la CIA y el FOP. A: CardioSEAL (NMT Medical; Massachusetts, EEUU). B: Helex (Gore INC; Arkansas, EEUU). C: STARFlex Septal Occluder (NMT Medical). D: Amplatzer Patent Foramen Ovale Occluder (St Jude Medical). E: BioSTAR Bioabsorbable Septal Occluder (NMT Medical). F: Figulla Patent Foramen Ovale Occluder (Occlutech; Suecia)*



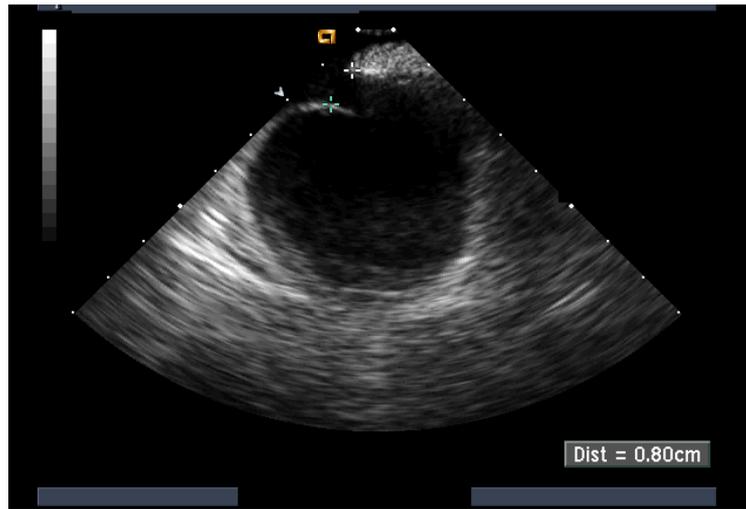
*Figura 28: A la izquierda imagen de un defecto del tabique interauricular tipo ostium secundum por ecocardiografía intracardiaca rotacional. A la derecha imagen del dispositivo Amplatzer ASD para CIA implantado en el septo. Se aprecia como el mayor tamaño del disco queda en la AI y el eco del cable que se une al disco de la AD*

El FOP no se considera una enfermedad congénita como tal, sino más bien una variante de la normalidad, presente en el 25% de la población. No obstante, se le ha reconocido como mediador de diversas enfermedades, como la embolia paradójica, la desaturación ortostática observada en el síndrome de platipnea-ortodeoxia, el síndrome de descompresión observado en los buceadores y la migraña, entre otros. El cierre percutáneo del FOP está indicado, principalmente, en la prevención secundaria de los accidentes cerebrovasculares isquémicos. En la mayor parte de estas situaciones el cierre se consigue usando un catéter multipropósito y una guía en J sin necesidad de punción. Sólo en situaciones excepcionales, como la existencia de un septo aneurismático o la variante en túnel del FOP, sí se requiere realizar la punción, en la

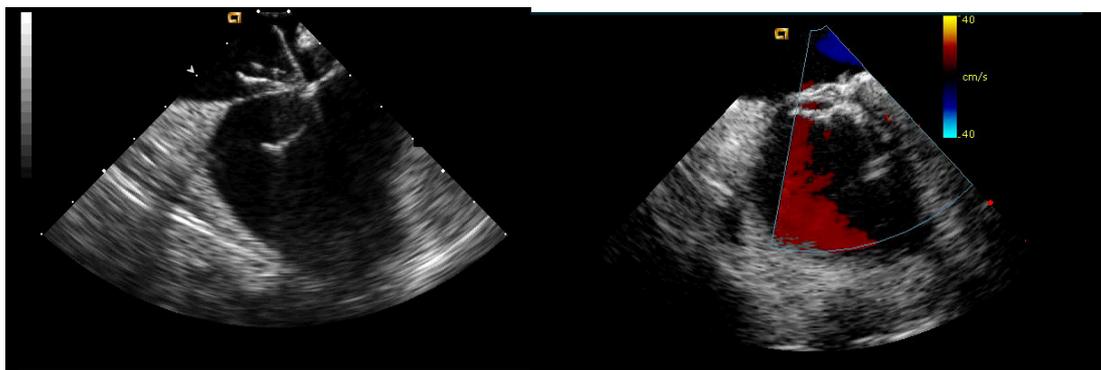
medida de lo posible con la ayuda de ecocardiografía para atravesar el septo lo más próximo al defecto que permita desplegar el dispositivo de cierre<sup>47-50</sup> (Figura 29-31).



*Figura 29: Ecocardiograma intracardiaco doppler color de FOP*



*Figura 30: Medidas del FOP por ecocardiografía intracardiaca*

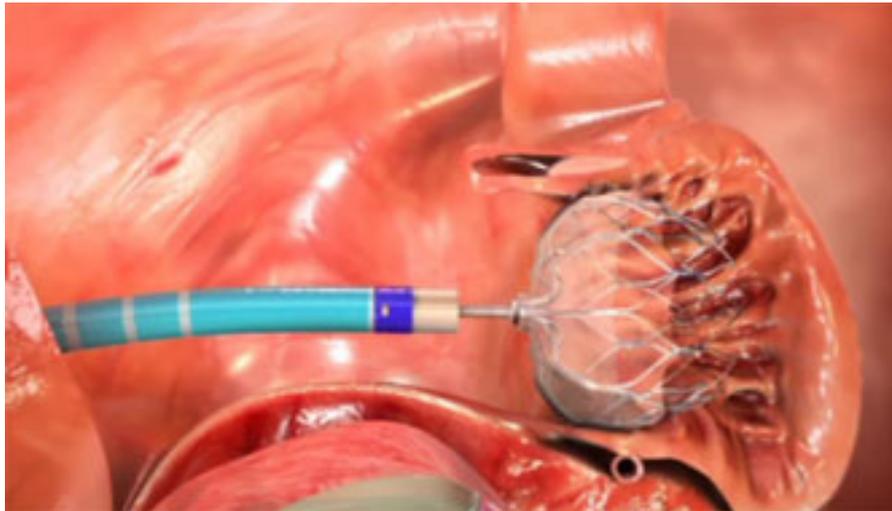


*Figura 31: Imágenes de ecocardiografía intracardiaca del cierre del FOP. A la izquierda el despliegue del dispositivo BioStar y a la derecha el dispositivo situado en el FOP comprobando con doppler color la ausencia de paso de flujo*

### ***Indicaciones en el cierre de orejuela izquierda con dispositivos***

Otra intervención creciente es el cierre de la orejuela izquierda con diferentes dispositivos como el Watchman (Atritech Company, Plymouth) con forma de cesta constituido por nitinol y una membrana de polietileno y el Amplatzer Cardiac Plug (St Jude Medical; Minnesota, EEUU) que se implanta en la orejuela izquierda de los pacientes con FA para prevenir los accidentes cerebrovasculares (Figura 32 y 33).

La FA de origen no valvular es un arritmia frecuente cuya incidencia aumenta con la edad. Aparte de la repercusión hemodinámica, la importancia de la FA radica en que origina más del 20% de los ictus isquémicos, y el impacto de los ictus atribuibles a FA es mayor que el debido a otras causas. Los anticoagulantes orales son la principal herramienta para reducir los eventos cardioembólicos. Sin embargo hay pacientes con contraindicaciones para su uso o con alta probabilidad de sangrado donde los dispositivos oclusores de la orejuela izquierda se presentan como una nueva posibilidad de tratamiento<sup>51</sup>. En este caso, al realizar la punción transeptal, como la orejuela está situada en la porción anterior y superior de la aurícula izquierda, se debe realizar en la parte superior de la fosa oval, para que la vaina del catéter sea coaxial a la orejuela y permita que el dispositivo de despliegue más fácilmente<sup>52,53</sup>.



*Figura 32: Dispositivo Watchman implantándose en orejuela izquierda*



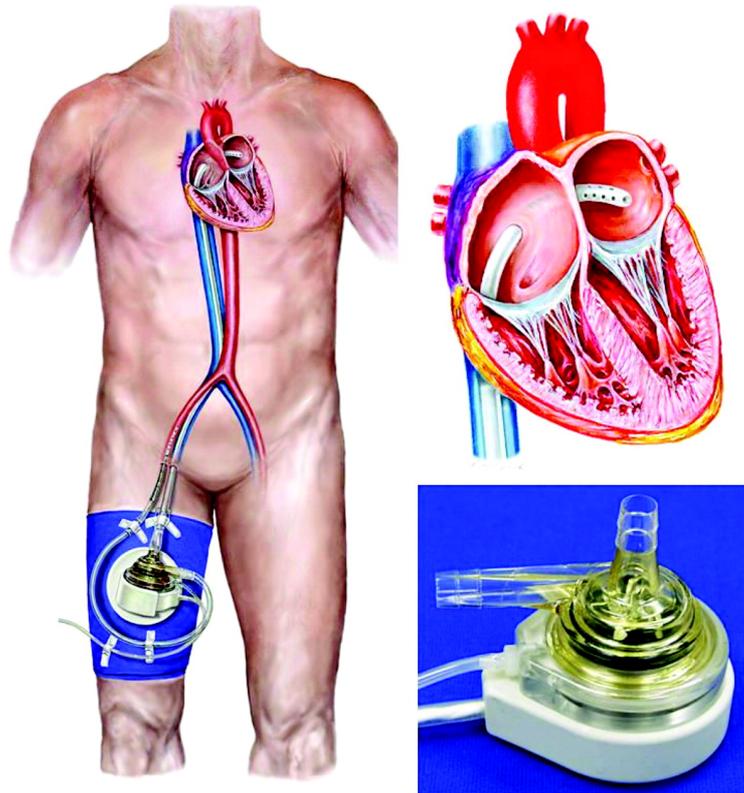
*Figura 33: Dispositivo Amplatzer Cardiac Plug implantado en orejuela izquierda*

### ***Indicaciones en el tratamiento de Leaks paravalvulares***

También se ha empleado el abordaje septal para el tratamiento de leaks paravalvulares en prótesis mitrales, principalmente si el leak es lateral. En este caso la punción debe realizarse en una posición más inferior del FO para dirigir un catéter Judkins hacia la pared lateral de la aurícula y desplegar el dispositivo de cierre. Los leaks más mediales son más difíciles de resolver con esta técnica porque se requiere trabajar con un ángulo más agudo y esto dificulta la maniobrabilidad<sup>54</sup>.

### ***Indicaciones en Asistencia Ventricular***

Otro dispositivo que precisa para su implante y funcionamiento de la punción transeptal es el dispositivo de asistencia ventricular izquierda percutánea denominado Tandem Heart Device (CardiacAssist, Pittsburg). Es un dispositivo de asistencia circulatoria que retrógradamente perfunde la aorta con sangre oxigenada desde la AI. Tras realizar la punción de forma convencional se avanza una cánula de 21F a través del septo desde la vena femoral; el extremo proximal de la cánula se conecta a otra cánula de 15 a 18F situada en la arteria iliaca vía una bomba rotatoria. El flujo puede ser de hasta 4 l/min y requiere un adecuado posicionamiento de la parte distal de la cánula situada en AI<sup>55-58</sup> (Figura 34).



*Figura 34: Tandem Heart Device.*

### ***Indicaciones en edades pediátricas***

La primera experiencia con niños mayores fue descrita por Roveti en 1962 pero no fue hasta el trabajo de Duff y Mullins en 1978 cuando se comunicaron los primeros datos en niños más pequeños y bebés<sup>59,60</sup>. Como pasó con las indicaciones de la técnica en adultos, inicialmente el interés en niños era básicamente diagnóstico, especialmente en cardiopatías congénitas (CC). Actualmente en la población pediátrica se requiere la cateterización transeptal para la atrioseptostomía con balón, una técnica descrita a principios de los años 70 por W. Rashkind, donde por medio de un balón se dilataba el septo interauricular como tratamiento paliativo y sintomático en

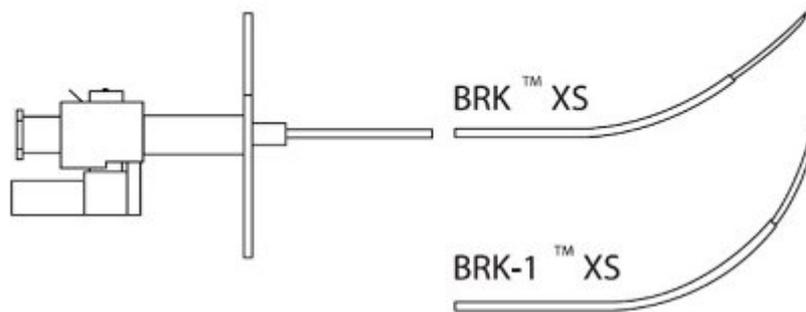
CC complejas como la transposición de las grandes arterias, en la atresia pulmonar con septo interventricular intacto, retorno venoso pulmonar anómalo completo y en la atresia de la válvula tricúspide<sup>61</sup> (Figura 35).

Otra indicación en niños es el tratamiento de arritmias que requieran el acceso a las cavidades izquierdas, principalmente taquicardias auriculares y vías accesorias izquierdas<sup>62</sup>.

En esta población es fundamental tener en cuenta ciertas premisas antes del abordaje transeptal. Se requiere un Kit pediátrico adaptado al tamaño del niño, aguja de transeptal pediátrica de 56cm, generalmente BRK/BR-K2 (St Jude Medical, St Paul, MN, USA) aunque también hay disponible en otras casas comerciales (Cook Medical, Bloomington). En determinadas situaciones clínicas, tras un primer intento con el material habitual, puede ser necesario la modificación manual de la curvatura de la aguja o incluso utilizar un tipo de aguja más afilada como la BRK-XS o BRK-1XS (St Jude Medical, St Paul, MN, USA)<sup>63</sup> (Figura 36). Especial mención requiere el hecho de que muchos niños con arritmias, presentan cirugía previa de corrección de su CC con utilización de material sintético para corregir su patología de base y esto le confiere a la punción transeptal una dificultad mayor al encontrar mayor resistencia para atravesar el septo con el material y la técnica habitual. Otra condición a tener en cuenta es que se intentará utilizar el menor número de catéteres posible durante el procedimiento y se optimizará el tiempo de escopia para disminuir la radiación que recibirá el niño<sup>64</sup>.



*Figura 35: Balón de atrioseptostomía NUMED Z-5 con dos diámetros disponibles 9.5/13.5mm*



*Figura 36: Agujas de transeptal BRK-XS/BRK-1XS con el extremo distal más afilado para septos con mayor resistencia*

### ***Indicaciones en Electrofisiología***

El mayor crecimiento de esta técnica se ha producido en el campo de la electrofisiología constituyendo su principal indicación. La necesidad de realizar la punción transeptal como paso preliminar para el tratamiento de arritmias con origen en aurícula o ventrículo izquierdo constituye la causa del incremento de la demanda de este procedimiento.

La indicación prevalente es la ablación de las venas pulmonares por FA, seguido de taquicardias auriculares izquierdas y en las ablaciones de vías accesorias localizadas en el anillo mitral como alternativa al acceso retroaórtico. En este último caso, los estudios observacionales que comparan estas dos vías de acceso no han mostrado diferencias en la seguridad ni en la eficacia<sup>65-68</sup>. La opción final del abordaje depende de la experiencia del electrofisiólogo y la familiaridad con la técnica de punción.

Constituye también la vía de acceso al lado izquierdo para aquellos pacientes con taquicardia y algún impedimento para la vía retroaórtica como son los casos con estenosis aórtica severa, prótesis valvular aórtica, trombos intraventriculares o arteriopatía severa<sup>69</sup>. Extremadamente infrecuente y con pocos casos reportados en la literatura, se ha empleado para la ablación de una vía lenta en el contexto de taquicardia intranodal refractaria a la ablación convencional<sup>70</sup>.

Por otra parte, recientemente se ha propuesto el implante de electrodos endocárdicos en el ventrículo izquierdo como alternativa en los implantes de resincronizadores cuando la vía convencional resulta fallida, como son aquellas situaciones con anomalías anatómicas del seno coronario o sus ramas, umbrales extremadamente altos de estimulación o estimulación frénica. Una forma de acceder al ventrículo izquierdo es a través de una punción transeptal. Por vía venosa subclavia (también hay casos

descritos por vía yugular), se progresa un introductor de 12F y una vaina dirigitible con guía hasta llegar a la AD. Se retira el dilatador y la guía intercambiando por un sistema de punción transeptal específico para el acceso superior como LA-Crosse Transseptal set, el cual incluye un catéter guía, un catéter de punción con una hélice y un estilete. Generalmente bajo visión ecocardiográfica intracardiaca (EIC) el sistema Crosse-Agilis se dirige hacia el septo. Una vez posicionado sobre el FO se avanza 20 mm más el sistema Crosse sobre el catéter Agilis hasta ver tenting y se atornilla la hélice hasta conseguir atravesar el septo<sup>71,72</sup>.

## **Contraindicaciones**

A medida que la técnica se ha perfeccionado, con las mejoras del material y la disposición de técnicas de imagen, prácticamente la punción transeptal puede realizarse en casi todos los pacientes.

Se acepta como contraindicación absoluta la presencia de trombo en las aurículas o la presencia de tumor auricular. Las dificultades de acceso vascular, como la obstrucción de la vena cava inferior o vena femoral por cirugía, trombo o tortuosidad excesiva también constituían una contraindicación por la imposibilidad para acceder a la AD. Sin embargo, existen casos en la literatura descritos para accesos alternativos a través de la vena femoral izquierda (normalmente se accede desde la vena femoral derecha)<sup>73</sup> y a través de la vena yugular interna derecha para el tratamiento de arritmias e incluso para la valvuloplastia mitral. En el caso del acceso transyugular se modifica manualmente la aguja de Brockenbrough, aumentando la curva para evitar el paso

inadvertido, en oblicuo de la aguja a través del septo. Se puede utilizar una vaina Mullins de 8F (Bard, Tewksbury, MA), dentro de la cual se introduce la aguja, el conjunto se avanza, preferentemente bajo supervisión fluoroscópica a 45° en oblicua anterior derecha (OAD), donde el septo se ve de frente y además permite la máxima separación de la aorta y el borde posterior del corazón<sup>74,75</sup>.

Las variantes anatómicas que solían constituir una contraindicación (marcada rotación del corazón y los grandes vasos, cifoescoliosis severa y la dilatación de la aorta ascendente) hoy en día gracias a las técnicas de imagen han dejado de constituir un impedimento para realizar la punción en las personas afectadas por estas características anatómicas. En una situación similar se encuentran aquellos pacientes que previamente habían sido sometidos al cierre quirúrgico o percutáneo de un defecto septal auricular o del FOP. Con la ayuda del ecocardiograma intracardiaco (EIC) se puede realizar la punción seleccionando, mediante visualización directa, la porción del septo localizada inferior y posterior al dispositivo de cierre empleado. Si la reparación ha sido quirúrgica podremos realizarla directamente a través del tejido auricular nativo o a través del mismo parche si éste es de pericardio o se trata de un parche de Dacron, menos recomendable si el parche es de Gore-Tex debido a que presenta mayor resistencia<sup>68,76-78</sup>.

## Complicaciones

Las primeras series analizadas durante los años 60 y 70 reportaron cifras de 0.4 al 1% de mortalidad y 6% de incidencia de complicaciones mayores<sup>79,80</sup>. Actualmente la punción transeptal es un procedimiento razonablemente seguro, con una tasa de complicaciones de aproximadamente 1%. Sin embargo alguna de las complicaciones posibles pueden poner en riesgo la vida del paciente por lo que el médico deber ser consciente de ellas y estar alerta para su diagnóstico precoz y tratamiento posterior. Dichas complicaciones pueden ocurrir durante la punción o tras avanzar la vaina hacia la AI. En una revisión multicéntrica de 5520 pacientes se abandonó el procedimiento en 0.9% de los casos por imposibilidad de localizar la fosa oval, resistencia del septo, perforación de la raíz aórtica o más frecuentemente perforación de la aurícula con salida al espacio pericárdico<sup>81</sup> (Tabla 2 y 3).

	2003	1992-2002
<b>Número de procedimientos</b>	1764	3756
<b>Procedimientos abortados</b>	16 (0.9%)	32 (0.85%)
<i>Causas:</i>		
<b>No localización FO</b>	7	18
<b>Septo resistente</b>	4	1
<b>Punción AD</b>	4	9
<b>Punción Aorta</b>	1	4

*Tabla 2: Causas de no realización de punción de transeptal. De Ponti R, Cappato R, Curnis A et al. Transseptal catheterization in the electrophysiology laboratory: data from a multicenter survey spanning 12 years. J. Am. Coll Cardiol. 2006; 47: 1037-42.*

	2003	1992-2002
<b>Número procedimientos</b>	1764	3756
<b>Número de complicaciones</b>	14 (0.79%)	28 (0.74%)
<b>Muerte</b>	--	1
<b>Perforación Aórtica</b>	--	3
<b>Perforación Cardíaca</b>	3	3
<b>Taponamiento</b>	2	3
<b>Punción Aórtica</b>	1	1
<b>Punción AD</b>	4	9
<b>Tromboembolismo arterial</b>	1	3
<b>Embolismo aéreo arterial</b>	--	2
<b>Elevación ST transitoria</b>	3	2
<b>Pericarditis</b>	--	1

*Tabla 3: Complicaciones según el trabajo de De Ponti R, Cappato R, Curnis A et al. Transseptal catheterization in the electrophysiology laboratory: data from a multicenter survey spanning 12 years. J. Am. Coll Cardiol. 2006; 47:1037-42.*

Si esto último ocurre, la probabilidad de que la perforación se complique con derrame pericárdico y taponamiento se reduce si no se avanza la vaina evitando crear en la pared un orificio mayor. En esta situación si estamos ante un procedimiento electivo se puede considerar su aplazamiento, ya que la necesidad de anticoagulación durante el mismo podría agravar el problema. Por otra parte, en las punciones en las que tengamos duda sobre si la aguja ha atravesado el septo sería preferible optar por un segundo intento de punción antes que proseguir con el avance del dilatador y la vaina. En una serie de 1279 pacientes sometidos a punción transeptal en un centro especializado se documentó una incidencia de punción inadvertida en espacio pericárdico de 1.4%, un porcentaje de taponamiento cardiaco de 1.2% y 0.08% de mortalidad<sup>82</sup> (Tabla 4).

Complicaciones	Número de casos (porcentaje)
Taponamiento cardiaco	15 (1.2%)
Eventos embólicos	1(0.08%)
Muerte	1(0.08%)
Total de complicaciones	17 (1.3%)

*Tabla 4: Complicaciones según trabajo de Roelke M, Smith A.J and Palacios I. The technique and safety of transeptal left heart catheterization: The Massachusetts General Hospital Experience with 1279 procedures. Catheterization and Cardiovascular Diagnosis 32:332-339.1994.*

Entre las complicaciones más graves tenemos el derrame pericárdico, la punción de la aorta, la perforación de la pared de la aurícula izquierda o derecha, la formación de trombos, accidentes cerebrovasculares o accidentes isquémicos transitorios.

Otra complicación descrita es la creación yatrógena de un defecto septal. La presencia de foramen oval permanente con shunt derecha-izquierda se ha relacionado con accidentes isquémicos transitorios y migraña. De ahí la preocupación por la persistencia del orificio septal creado tras la punción como posible causa a largo plazo de estas complicaciones, sin embargo, hasta hoy en día no se han realizado estudios prospectivos para valorar claramente este riesgo, lo único que se ha observado es que es más probable la persistencia del orificio si se introducen varios catéteres a través de una sola punción que si se realizan punciones separadas<sup>83,84</sup>. En una serie publicada de 176 pacientes sometidos a punción transeptal por diversos motivos (valvuloplastia o estudios electrofisiológicos) se observó que tras 18 meses de seguimiento la persistencia del orificio septal no se asoció a ningún evento adverso<sup>85</sup>. Otro estudio retrospectivo ha analizado que incluso el riesgo de defecto septal yatrógeno permanente tras un “re-do” sigue siendo bajo (<2.2%)<sup>86</sup>.

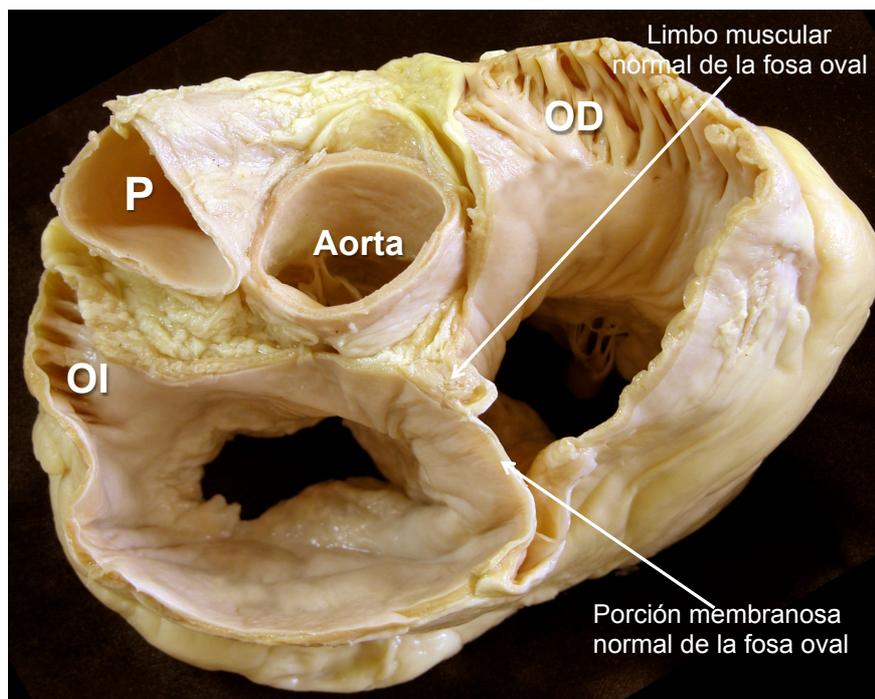
También se ha descrito la elevación del segmento ST en las derivaciones inferiores del electrocardiograma (EKG) con o sin dolor asociado, o alteraciones de la conducción aurículoventricular con una incidencia de 0.6%<sup>77</sup>. Se ha atribuido a embolismo aéreo en las arterias coronarias, que puede ocurrir si no se presta especial atención en el “purgado” del material, aunque también podría estar relacionado con una respuesta vagal similar al reflejo de Bezold-Jarisch<sup>69</sup>. En un estudio reciente se describe una incidencia de elevación transitoria de ST de 0.38% en una serie de 3452 punciones transeptales, con una resolución rápida, al cabo de unos 5 minutos de media, tras la

administración de suero salino o dopamina ya que suele acompañarse de descenso de la tensión arterial y bradicardia. En ningún caso hubo que parar el procedimiento ni se produjeron secuelas<sup>87</sup>.

Una variable que parece influir en la probabilidad de sufrir complicaciones durante la punción, principalmente el taponamiento cardiaco, es el tipo de procedimiento para el que se realiza. De forma que la cateterización transeptal en el contexto de la ablación de FA parece conllevar un riesgo significativamente mayor de taponamiento cardiaco, con una incidencia que oscila entre 1.22 al 6%. Las diferencias encontradas con respecto a otros procedimientos (ablación de vías accesorias izquierdas o valvuloplastia mitral) podría explicarse por el mayor número de catéteres empleados para la ablación de FA, la necesidad de dos o más punciones y la necesidad de anticoagulación más prolongada durante el procedimiento. Incluso la propia técnica de ablación de FA influye en el riesgo de taponamiento, con una incidencia que alcanza el 6% en el caso de realizar lesiones lineales<sup>88-91</sup>.

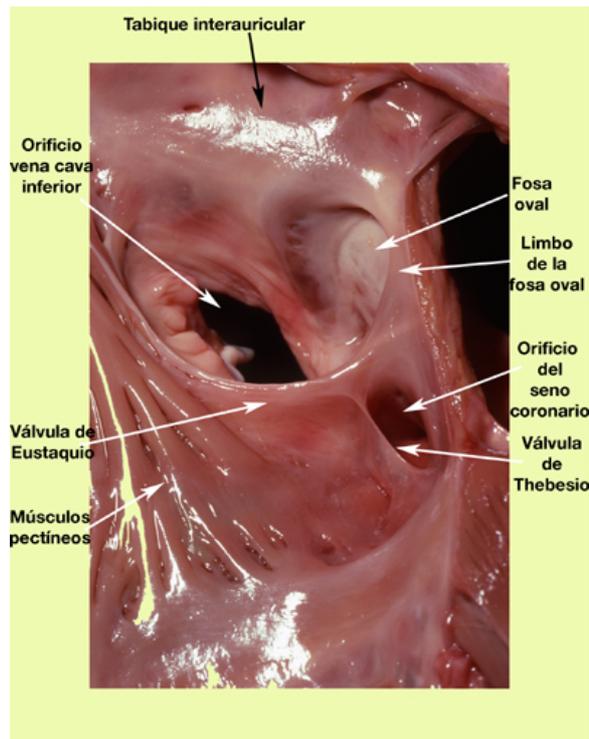
## Anatomía del Septo Interauricular

El septo interauricular se forma por la fusión embrionaria del septum primum con el septum secundum. Básicamente es una zona limitada a la válvula de la FO y su reborde muscular en forma de arco que se denomina limbo de la FO o anillo de Vieussens, una especie de arco de fibras musculares más engrosado superior y lateralmente (Figura 37).



*Figura 37: Sección horizontal a la altura de la fosa oval. Muestra el aspecto macroscópico de un septum interauricular normal. Cortesía del Dr Damián Sánchez Quintana. P: arteria pulmonar. OI: orejuela izquierda. OD: orejuela derecha*

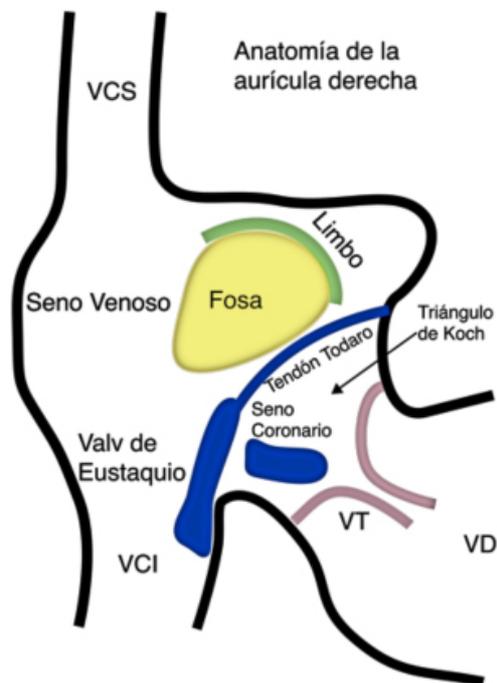
El velo que tapiza la FO está constituido por una membrana fibrosa central que es un vestigio del septum primum; hasta un 25-30% de los corazones carecen de esta unión anatómica con el anillo muscular anterosuperior, son los casos de FO permeable<sup>92</sup>. Desde una proyección radioscópica oblicua anterior derecha (OAD) la fosa aparece como una depresión del septo interauricular, de forma oval o más o menos circular, con un área de 1.5-2.4 cm<sup>2</sup>, en una posición posterior y a la altura de la unión del tercio medio con el tercio inferior de la AD<sup>93</sup>. Su diámetro vertical es de 18.5±6.9 mm y el diámetro horizontal de 10.00±2.4 mm medido por ecocardiografía intracardiaca (EIC). El promedio de grosor medido por ecocardiografía transesofágica y en piezas anatómicas es de 2 mm aproximadamente<sup>94</sup>. El borde superior del limbo se debe al plegamiento de las paredes de ambas aurículas y el borde inferior se forma al divergir las aurículas, generando un espacio que contiene tejido graso y vasos sanguíneos, conocido como espacio piramidal inferior (Figura 38).



*Figura 38: Sección anatómica de la FO y su relación con el resto de estructuras anatómicas circundantes*

Una punción transeptal superior o inferior a los márgenes de la FO implicaría atravesar ambas paredes auriculares pero cruzando el epicardio con el riesgo de derrame pericárdico y taponamiento. A nivel superior y anterior, la AD es contigua al plano valvular aórtico y tracto de salida de ventrículo izquierdo. El componente membranoso del cuerpo fibroso central, o área donde se registra el electrograma de His, marca la posición anatómica del seno no coronario de la válvula aórtica (Figura 39). Debido a esta relación anatómica, en muchos laboratorios se progresa un catéter de electrofisiología a dicha posición como marcador de proximidad a la válvula aórtica, de forma que en una proyección oblicua anterior derecha (OAD) el His se encuentra en el mismo plano vertical que la raíz aórtica. Otros laboratorios progresan

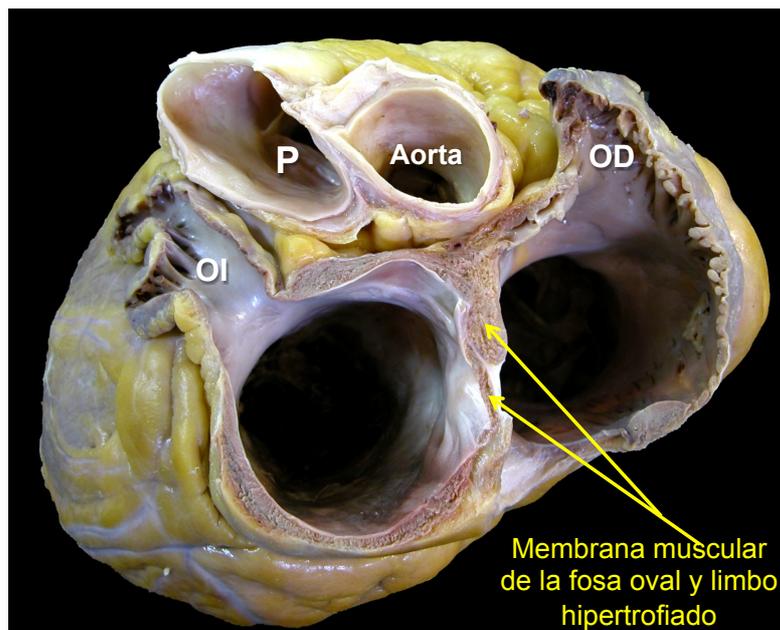
un catéter retroaórtico, como un pigtail, hasta la raíz aórtica<sup>94,95</sup>. Sin embargo, estas referencias anatómicas pueden encontrarse distorsionadas en casos de cardiopatía estructural como la dilatación de las aurículas o de la propia raíz aórtica<sup>96</sup>.



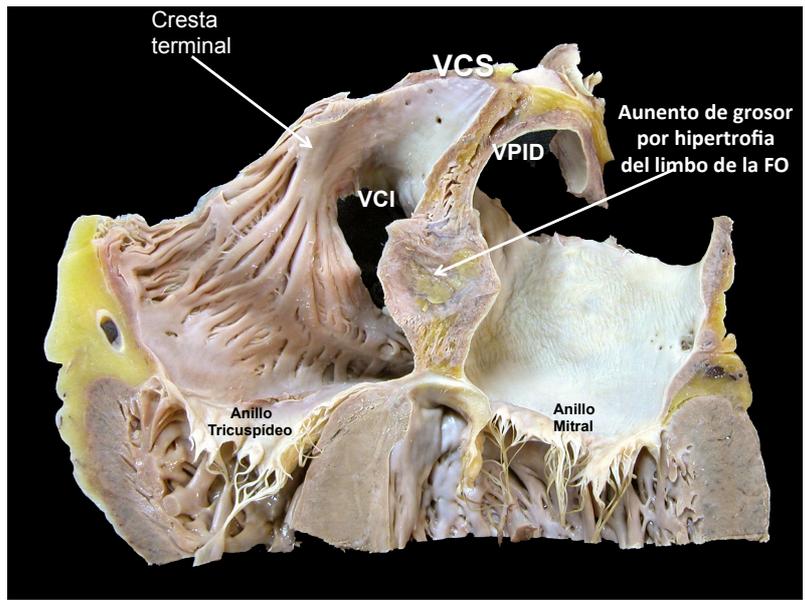
*Figura 39: Representación de la fosa oval y su relación con el resto de estructuras de la aurícula derecha*

Existen también variables relacionadas con la anatomía del septo interauricular que dificultan la punción, como la existencia de un limbo prominente, hipertrófico, que puede modificar la orientación y maniobrabilidad de los catéteres<sup>97</sup> (Figura 40 y 41),

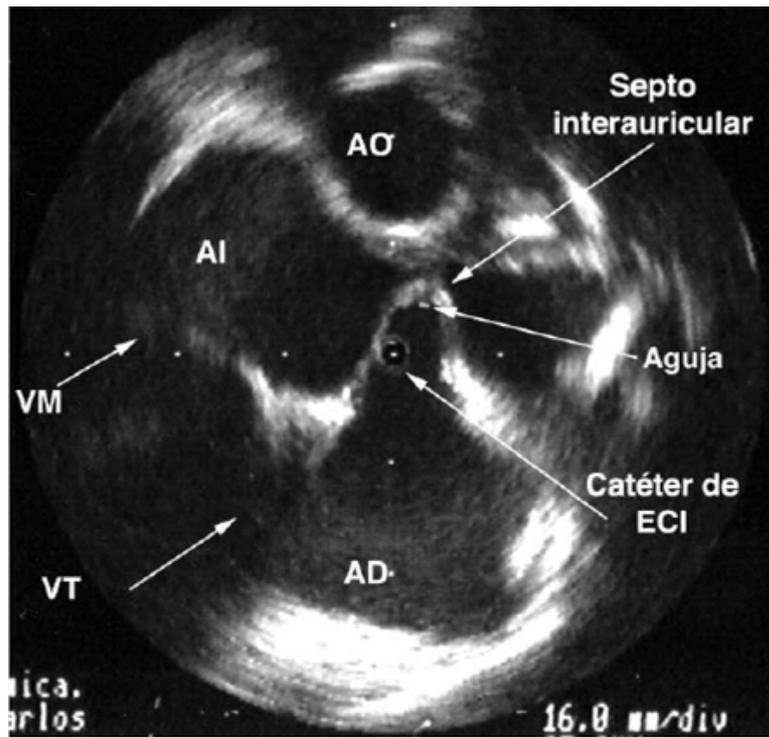
la hiperlaxitud septal con el riesgo de punción de la AI al imprimir excesiva fuerza para perforar la fosa (Figura 42), la presencia de un septo aneurismático o de un septo lipomatoso tal como describió Prior en 1964, con una prevalencia del 1% según los datos disponibles de las necropsias pero que puede oscilar entre el 2 y el 8% de la población según datos ecocardiográficos y que es el resultado del depósito de grasa en el septo interauricular, siendo mucho más frecuente en ancianos y obesos<sup>98-100</sup> (Figura 43 y 44).



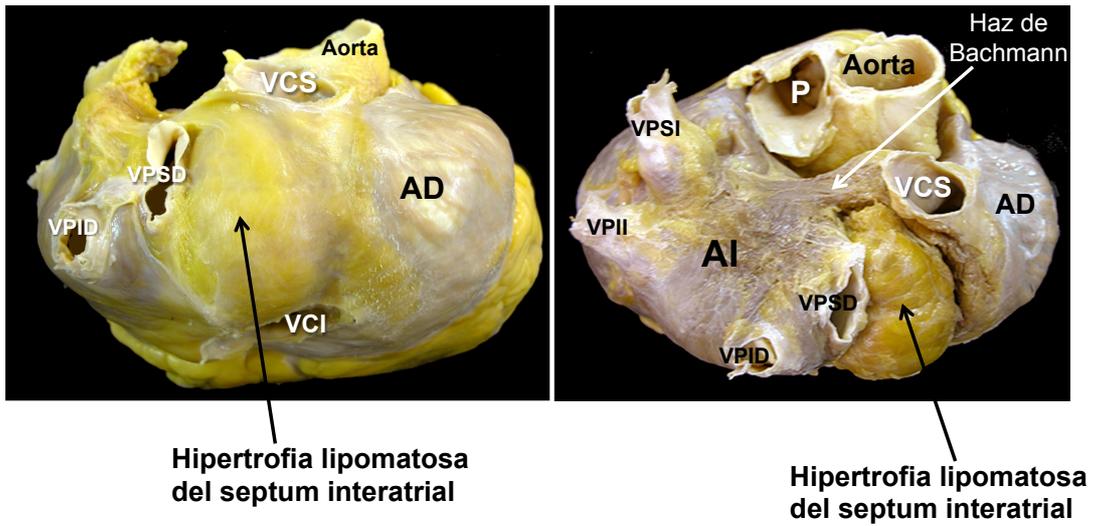
*Figura 40: Disección de un corazón con limbo hipertrófico. Cortesía del Dr Damián Sánchez Quintana. P: arteria pulmonar. OI: orejuela izquierda. OD: orejuela derecha*



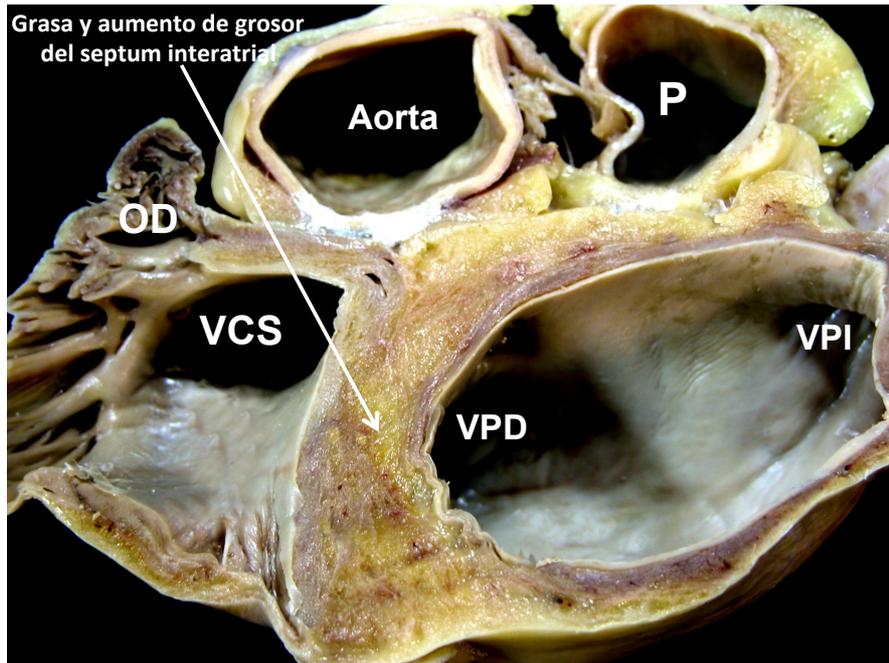
*Figura 41: Corte sagital de un septo interauricular hipertrofico. Cortesia del Dr Damian Sánchez Quintana. VCS: vena cava superior. VCI: vena cava inferior. VPID: vena pulmonar inferior derecha*



*Figura 42: Visión con eco intracardiaco rotacional de la deformación del tabique interauricular durante punción transeptal de un septo muy elástico. AI: aurícula izquierda. VM: válvula mitral. VT: válvula tricúspide. AD: aurícula derecha.*

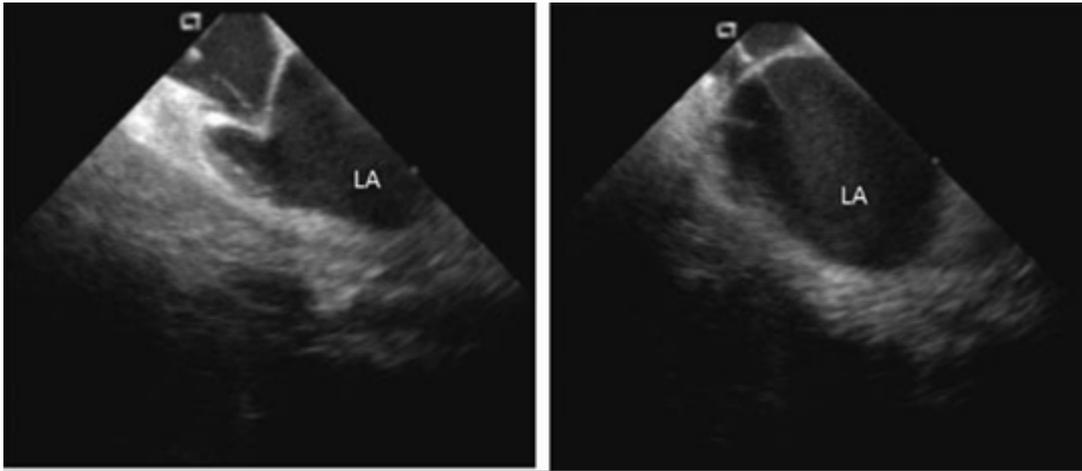


*Figura 43: Disecciones de septos lipomatosos. Cortesía del Dr Damián Sánchez Quintana. VCS: vena cava superior. VPSD: vena pulmonar superior derecha. VPID: vena pulmonar inferior derecha. AD: aurícula derecha. VCI: vena cava inferior. P: arteria pulmonar. VPSI: vena pulmonar superior izquierda. VPII: vena pulmonar inferior izquierda. VPID: vena pulmonar inferior derecha. AI: aurícula izquierda*



*Figura 44: Disección en detalle de la grasa acumulada en el septo. P: arteria pulmonar. OD: orejuela derecha. VCS: vena cava superior. VPD: vena pulmonar derecha. VPI: vena pulmonar izquierda*

El EIC ha permitido la identificación precisa y en tiempo real de la anatomía del septo, su disposición, tamaño, grosor y su relación con estructuras cardiacas adyacentes. Permite verificar la posición del catéter y la aguja antes de la punción y durante la misma observamos cómo se deforma la membrana de la FO en forma de tienda de campaña, lo que denominamos “Tenting”, y cómo desaparece esta deformación tras atravesar el septo interauricular (Figura 45)<sup>101</sup>.



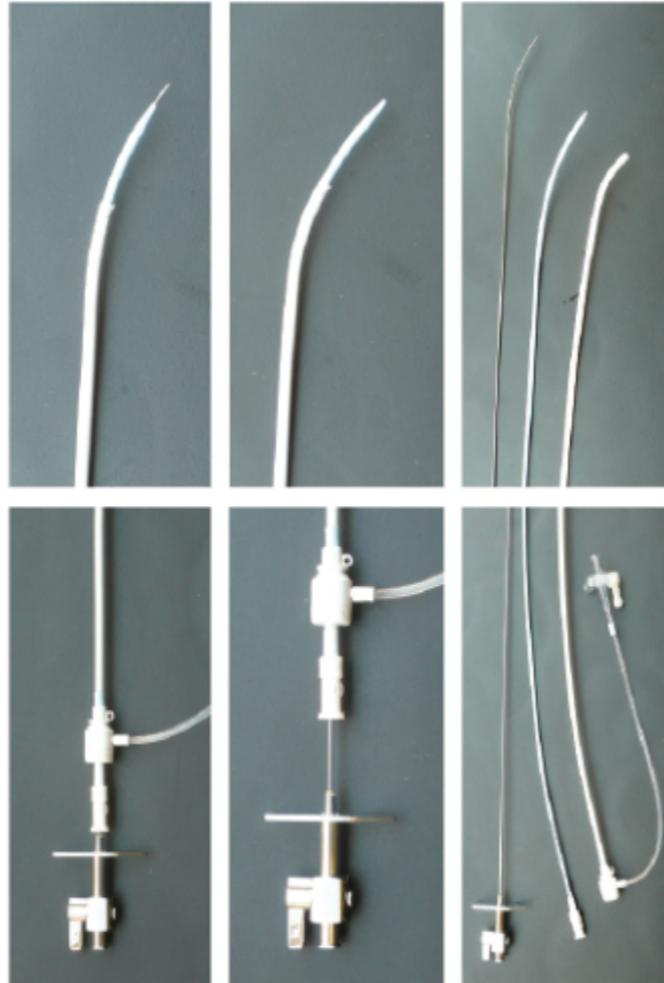
*Figura 45: Punción transeptal guiada por eco intracardiaco Phased Array. Panel izquierdo: Tenting de la fosa oval causado por la vaina del transeptal. La fosa es empujada hacia la aurícula izquierda. Panel derecho: colapso del tenting al atravesar la aguja la fosa oval hacia la aurícula izquierda*

## **Preparación del paciente**

Antes de afrontar la punción transeptal tenemos que asegurarnos que el paciente llega al laboratorio en las condiciones óptimas. Debe estar en ayunas pero no deshidratado y si es necesario se administrarán fluidos intravenosos. Se canulará una vía periférica antes de entrar en el laboratorio ya que permite la administración de sedación y fármacos de emergencia en caso de una reacción vagal motivada por el estrés del procedimiento. Se deben rasurar ambas regiones inguinales para el acceso de las venas femorales utilizando la técnica de Seldinger. Previamente a la realización del procedimiento se suele contar con la información de un ecocardiograma transesofágico para asegurarnos de la ausencia de trombos en las aurículas así como también proporcionará información sobre las características anatómicas del septo como la existencia de FOP o defectos septales<sup>102</sup>.

## **Material necesario**

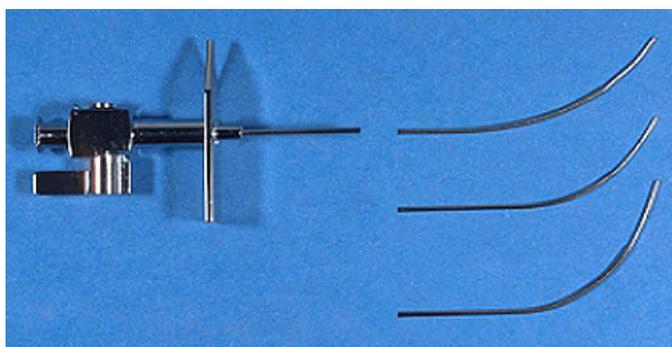
El kit de punción está formado por la vaina preformada, el dilatador, la guía y la aguja de punción. Las medidas estándares utilizadas son 63 cm para la vaina, 67 cm para el dilatador y 71 cm para la aguja, sin embargo se disponen de diferentes sets de punción pediátricos y de mayor tamaño para pacientes de mayor estatura (Figura 46).



*Figura 46: A la derecha los tres componentes del conjunto del transeptal: aguja, dilatador y vaina, de 71, 67 y 63 cm de longitud respectivamente. La imagen del centro muestra la aguja dentro del dilatador y la vaina. Manteniendo el extremo proximal de la aguja 2 dedos por debajo del extremo proximal del dilatador, la aguja queda oculta en el interior evitando punciones inadvertidas. En esta posición el conjunto se desplaza desde la VCS descendiendo hasta encontrar la fosa oval. En la imagen izquierda el extremo proximal de la aguja está completamente avanzado por lo que la punta de la aguja protruye distalmente*

### *Agujas de punción transeptal*

Generalmente se emplea la aguja de Brokenbrough de curva estándar BRK (St Jude Medical), con un ángulo de 19° o la aguja BRK-1 con una curva más acentuada de 53°. Aunque esta última teóricamente debería ser reservada para pacientes con AD dilatada, se trata de una aguja que permite un buen contacto con la FO en casi todos los pacientes. También están disponibles las curvas pediátricas BRK y BRK-2 (Figura 47). Por otra parte se han diseñado curvas para punciones en septos resistentes, denominadas BRK XS ( BRK XS y BRK-1 XS), más afiladas al contar con un bisel de 30° que permite perforar el FO con menos presión<sup>63</sup> (Ver figura 36).



*Figura 47: Agujas de Brokenbrough. St Jude Medical BRK (arriba), BRK-2 (centro) y BRK-1 (abajo)*

La longitud estándar para adultos es de 71 cm pero se dispone de otra de 89 cm para pacientes de mayor estatura, asegurándonos siempre que la vaina elegida sea proporcional en longitud a la aguja. Actualmente existe un aguja Brockenbrough de 98 cm ( con curva BRK y BRK-1) diseñada para utilizarse junto con la vaina dirigible Agilis NxT (St Jude Medical). Otros tipos de aguja son de uso más minoritario como la aguja Endry (Endry Coaxial Needle, Cook) con un único tamaño disponible de 75cm (Figura 48). La aguja Heartspan (Biosense-Webster) de 56, 71 y 89cm, con la parte proximal transparente para visualizar el paso inadvertido de burbujas (Figura 49).



*Figura 48: aguja Endry (Cook)*



*Figura 49: Aguja Heartspan con la parte proximal transparente (Biosense-Webster)*

### ***Vainas y guías de transeptal***

Dentro de las diferentes vainas disponibles, la más usada en la práctica clínica es una vaina larga preformada diseñada por Mullins en 1978 de 8F (SL0, SL1, SL 2 St Jude Medical)<sup>103</sup> (Figura 50). Se disponen de otras posibles vainas en función de la experiencia del operador, del abordaje elegido y la propia anatomía cardiaca como son los introductores Preface (Biosense-Webster), el introductor dirigitivo Agilis (St Jude Medical) (Figura 51) o el sistema Across Transseptal Access (St Jude Medical) (Figura 52, 53).

El operador puede utilizar como guías una de angioplastia de 0.014 a través de la aguja para verificar la posición de la misma en la AI tras la punción o bien una guía de 0.032 a través del dilatador tras retirar la aguja<sup>68</sup>.

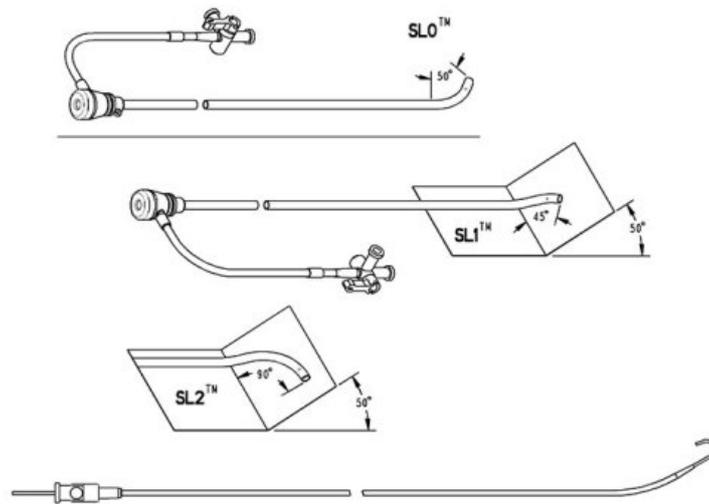


Figura 50: Introdutores SL, SL1 y SL2 (St Jude Medical)

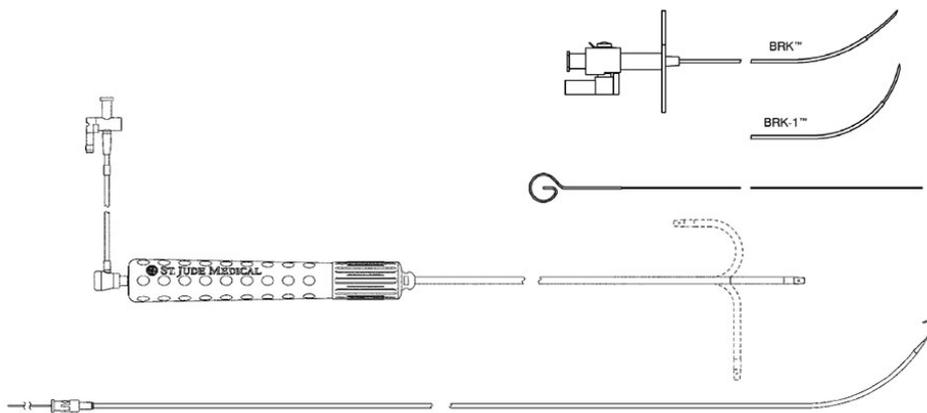
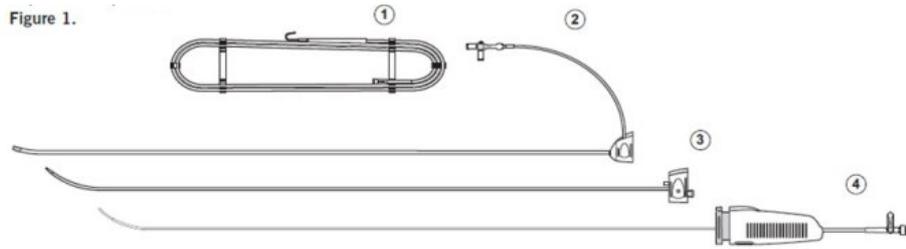


Figura 51: Introdutor dirijible Agilis compatible con aguja BRK y BRK-1 de 98 cm



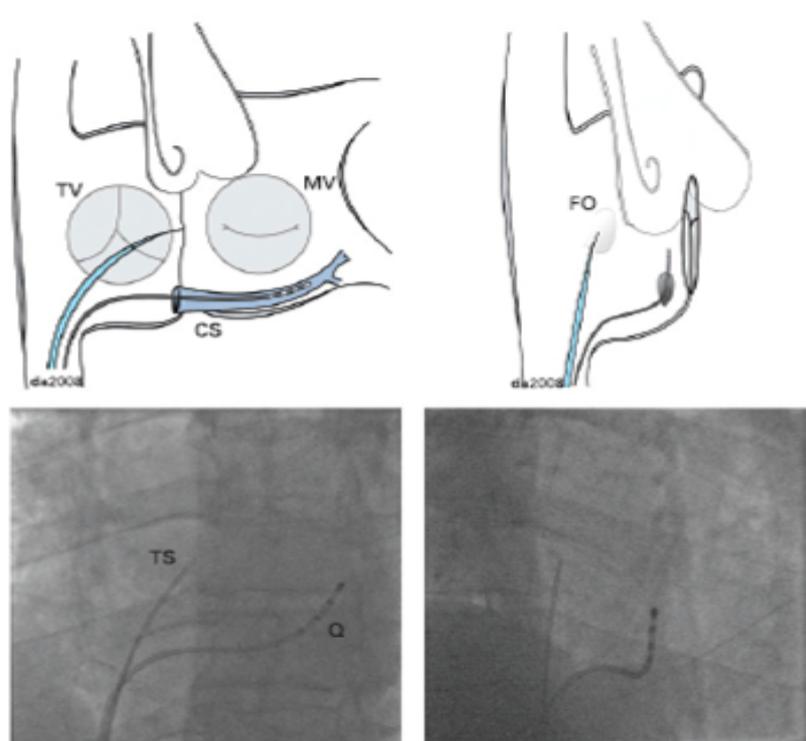
*Figura 52: Sistema Across Transseptal Access (St Jude Medical). Formado por: 1) guía 0.032.2) introductor 8.5F disponible en dos curvas. 3) dilatador. 4) aguja de transeptal (BRK o BRK-1) con estilete. Se trata de un sistema integrado donde a través de un mango se puede controlar el despliegue de la aguja*



*Figura 53: Mango del sistema Across Transseptal Access*

## **Técnica de la Punción Transeptal**

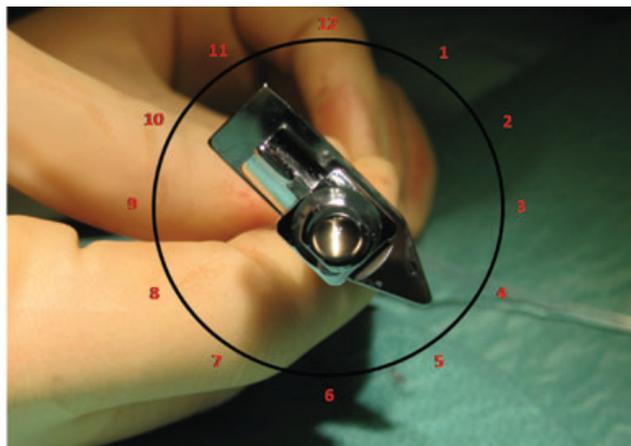
Una vez dispuesto el material que se precisa, se debe lavar con suero salino heparinizado y montar los dilatadores dentro de las vainas e introductores. El primer paso es posicionar adecuadamente los catéteres que identifican los puntos de referencia anatómica y para ello se suele colocar un catéter en el seno coronario. En otros laboratorios, además, se marca la posición de la aorta de forma directa con un pigtail ubicado en la aorta ascendente o bien de forma indirecta localizando el His, ya que éste suele indicar la posición más caudal de la aorta. Si se coloca un pigtail se debe prestar especial atención a posicionarlo lo más próximo posible a la válvula, en OAD apuntaría a la derecha de la pantalla, es decir, anteriormente. Si no estuviese bien avanzado hasta la válvula la punción podría realizarse demasiado craneal. Igualmente una posición inadecuada puede suponer una estimación errónea del borde posterior de la aorta y considerar una zona de punción anterior segura cuando no lo es (Figura 54).



*Figura 54: A la izquierda proyección en OAI y a la derecha en OAD. El dibujo muestra en azul la aguja transeptal posicionada en la fosa oval con un catéter pigtail en la aorta y un catéter cuadripolar de electrofisiología en el seno coronario. En la imagen fluoroscópica (abajo) en OAD es vital observar que la aguja está posterior al pigtail y paralelo al catéter del seno coronario*

Una vez posicionado los catéteres de referencia, se avanza la vaina y el dilatador hasta la vena cava superior (VCS) sobre una guía con punta en J de 135 cm, generalmente de 0.035 o 0.032. Posteriormente se retira la guía y tras aspirar y comprobar la permeabilidad de la vaina se introduce la aguja transeptal con su estilete protector. La punta del aguja debe permanecer dentro de la vaina para impedir la punción inadvertida de la VCS, para ello mantenemos la distancia de dos dedos de ancho de la aguja por fuera del extremo proximal de la vaina (ver imagen central de la

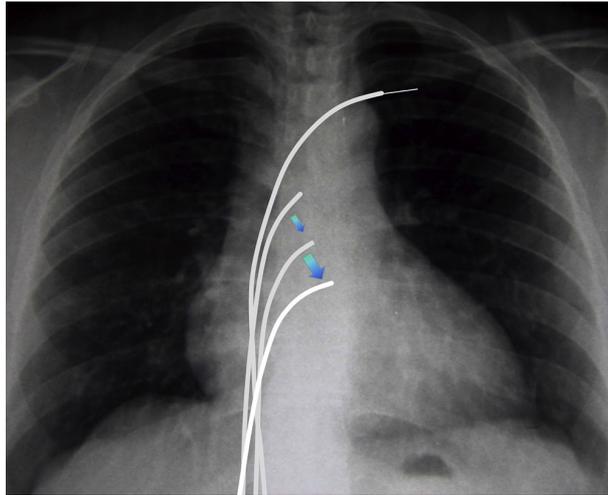
figura 46). Posteriormente retiramos el estilete, aspiramos y conectamos la aguja a suero fisiológico heparinizado que además nos servirá como guía de presión. Para la punción debemos sujetar la aguja con los dedos de la mano derecha mientras que con la mano izquierda sujetamos la vaina con el dilatador controlando el movimiento. En proyección oblicua anterior izquierda 45° (OAI) rotamos todo el conjunto para que apunte al septo posterior con la flecha del extremo proximal de la aguja señalando las 4 o 5 en la posición del reloj (Figura 55).



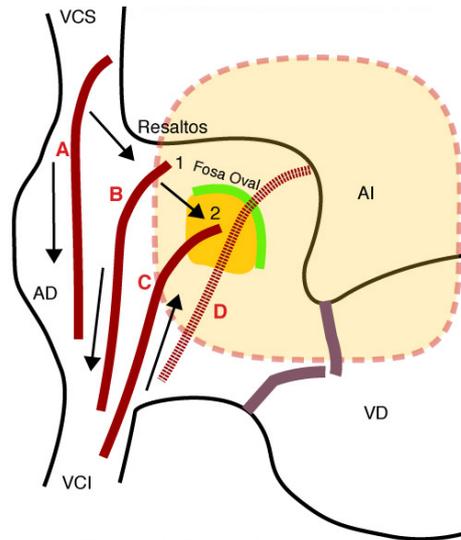
*Figura 55: Posición del extremo proximal de la aguja con la flecha señalando entre las 4 y las 5 del reloj*

Retiramos suavemente en dirección hacia los pies del paciente bajo guía fluoroscópica. El primer movimiento que observaremos es el del catéter cayendo en la AD desde la VCS, después se produce un segundo salto cuando desciende por debajo

del botón aórtico y cae finalmente por debajo del reborde muscular de la FO<sup>104</sup> (Figura 56 y 57).

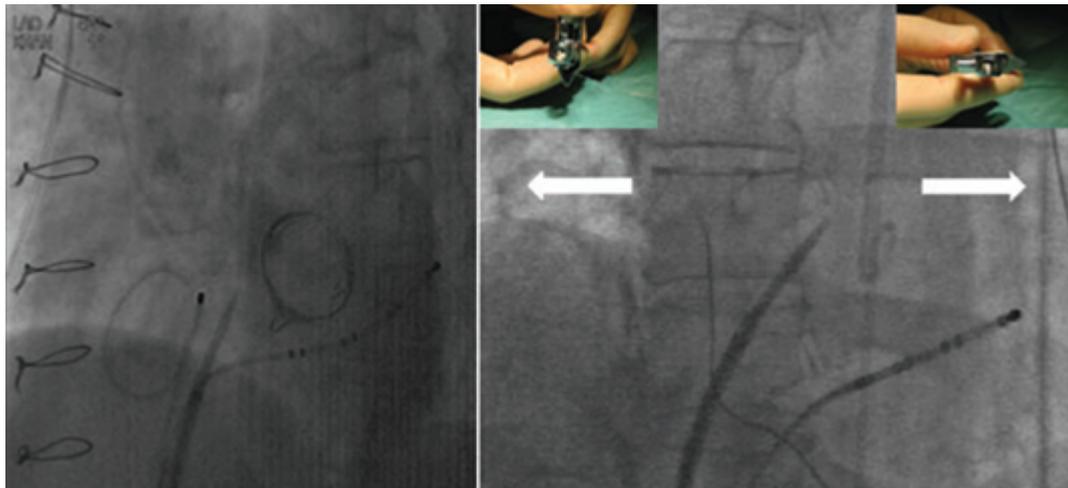


*Figura 56: Representación en una radiografía de torác de las posiciones durante la punción. Se empieza a retirar orientando la punta hacia atrás (entre las 4 y las 5 del cuadrante horario) hasta que cae desde la VCS a la aurícula (flecha pequeña), tras retirar unos milímetros cae en un salto más pronunciado en la fosa oval (flecha grande)*

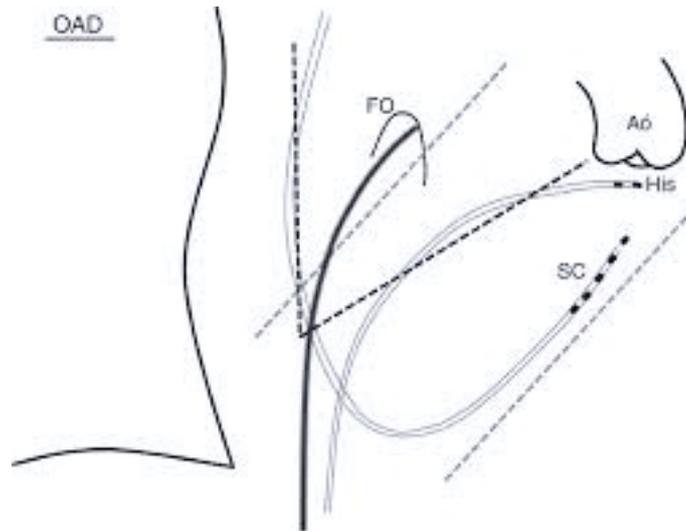


*Figura 57: En A) el set de punción desciende desde la VCS hasta la AD: resalto 1. B) Se sigue descendiendo hasta que se observa un segundo resalto 2, alojándose en la FO. En C) se avanza la aguja hasta que el sistema penetra en la AI, D).*

En este punto observaremos que nuestra curva de presión es una línea, indicativo de que el catéter está apoyándose en el septo y se amortigua el trazado de la presión. En esta posición, la punta de la vaina se sitúa superior al catéter colocado en seno coronario e inferior al pigtail (si previamente lo hemos posicionado en la aorta). Si modificamos a una proyección en oblicua anterior derecha 30° (OAD) podemos asegurarnos que la punta del catéter es posterior al ostium del seno coronario, al His y a la aorta, paralelo al catéter que hemos situado en el seno coronario y anterior al reborde posterior de la silueta cardiaca (Figura 58 y 59).



*Figura 58: Proyecciones radioscópicas en OAD y OAI para la punción transeptal. El panel de la izquierda muestra el conjunto vaina-aguja en OAI. La posición de la aorta está delimitada por un catéter en el His y un pigtail retroaórtico. Otro catéter está situado en el seno coronario. El conjunto vaina-aguja está localizado entre el pigtail y el catéter del seno coronario, debajo del His. En el panel derecho la posición de la vaina-aguja en OAD está ligeramente posterior al catéter del seno y posterior al pigtail pero anterior a la columna vertebral. Las fotos de la parte superior muestran el movimiento anterior o posterior del conjunto aguja-vaina según giremos la parte proximal de la aguja.*



*Figura 59: Esquema en proyección oblicua anterior derecha. El electrodo que marca el His se encuentra por debajo de la válvula aórtica. La línea oscura ligeramente curvada representa la aguja de brockenbrough dentro de la vaina apoyada en la FO. Las líneas discontinuas negras, subrayan que la aguja es la bisectriz del ángulo que forma el cuerpo del catéter del seno coronario en la AD y el catéter del His. Las líneas discontinuas grises marcan como la aguja y el catéter del seno coronario deben estar paralelos.*

La punción debería realizarse en OAI tras comprobar en ambas proyecciones la adecuada situación de la aguja. Con la mano derecha se avanza la aguja dentro de la vaina de transeptal que se sujeta todavía con la mano izquierda, observamos por fluoroscopia como la aguja al ejercer presión de pronto experimenta un salto a través del septo. En este momento se aprecia un cambio en el trazado de la presión que muestra una curva de AI (Figura 60).

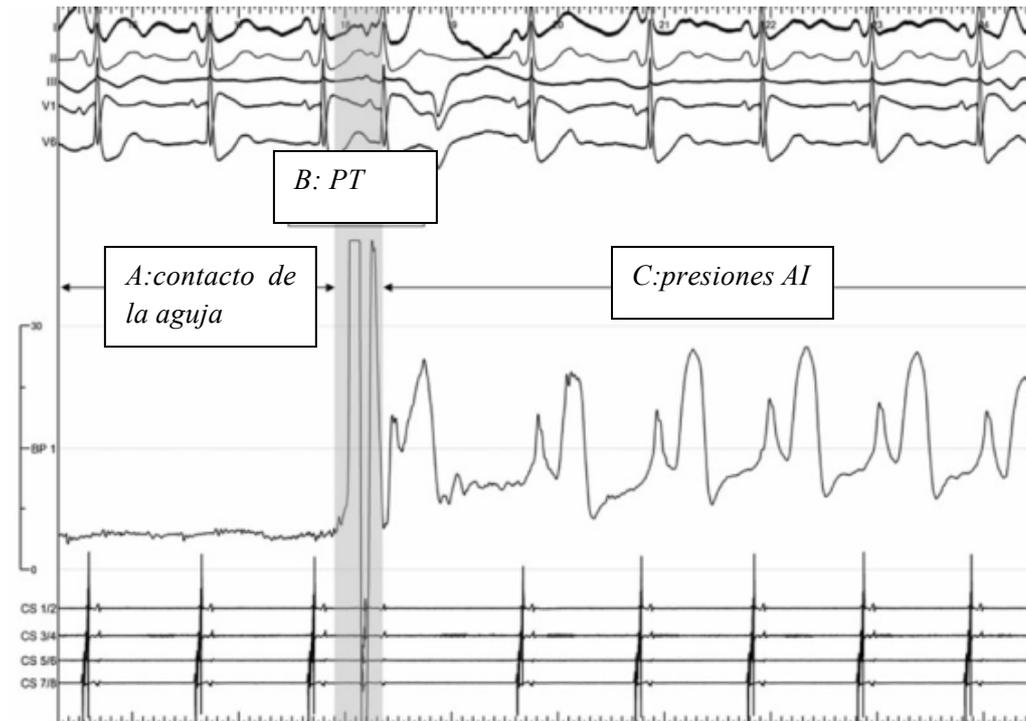
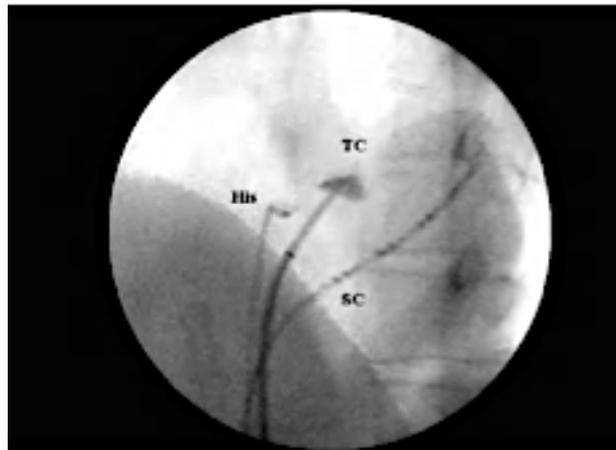


Figura 60: Presión intracardiaca medida durante la punción transeptal (PT). Las señales se corresponden de arriba abajo con EKG, presiones intracardiacas y electrogramas desde seno coronario. A: la línea recta es debido al contacto de la aguja con el septo lo que resulta en ausencia de oscilación en el trazado de presiones. B: durante la punción la presión aumenta momentáneamente por encima de los límites de la escala como consecuencia de la presión ejercida por la aguja sobre el septo. C: una vez realizada la punción y situados en aurícula izquierda (AI) aparece la curva de presión típica de esta cavidad.

Antes de avanzar la vaina se debe comprobar que la aguja realmente está en AI. Si hay la mínima duda se puede desconectar la línea de presión y conectar una jeringa cerrada con contraste para comprobar la posición real de la aguja. Una vez comprobada la adecuada situación, se fija la aguja con la mano derecha mientras avanza el conjunto de la vaina y el dilatador. Posteriormente con la mano izquierda se sujeta el dilatador y la aguja, mientras progresa solamente la vaina hacia la AI. La presión debe mostrar curva de AI pero puede ocurrir una pérdida del trazado sugiriendo que el sistema está presionando la pared de la AI o que ha caído de nuevo

en la AD. Finalmente se retira suavemente el dilatador y la aguja, se aspira a través de la vaina para retirar cualquier burbuja de aire y se conecta el suero fisiológico heparinizado.

Otra alternativa a la técnica anterior es tener conectado la jeringa con contraste, en lugar de usar la monitorización de presión, de forma que al aproximar la aguja a la FO inyectamos contraste. Si en la posición que suponemos correcta observamos el tenting por la presión de la aguja podemos avanzarla y otra vez volver a inyectar contraste para confirmar que está en AI. Es importante tener en cuenta que la luz de la aguja de Brockenbrough es tan fina que una vez que se ha inyectado contraste la presión medida a su través puede no ser fiable, para ello habría que retirarla y lavar el interior con suero salino (Figura 61).



*Figura 61: Tatuaje de la FO en OAI. El tatuaje marca la FO en forma de tienda de campaña. SC: catéter del seno coronario; TC: imagen en tienda de campaña.*

Otra forma de comprobar el éxito de la punción es progresar una guía hacia la AI y sobre ésta el conjunto de la vaina; se puede utilizar una guía de angioplastia de 0.014 a través de la aguja o bien una de 0.032 a través del dilatador después de retirar la aguja. Observar la guía en una vena pulmonar fuera de la silueta cardíaca (proyección AP para la vena pulmonar superior izquierda y OAI para la inferior izquierda) confirma el acceso a la AI.

A veces podemos encontrar dificultad a la hora de avanzar la vaina a través de una FO fibrótica, especialmente si no se trata del primer procedimiento de punción. La vaina tiende a dirigirse hacia arriba en lugar de atravesar el septo, esto puede solventarse ejerciendo una presión constante mientras se rota la vaina posteriormente (en dirección horaria hasta las 9 o incluso las 12). En esta situación se debe tener precaución para controlar la dirección de la vaina porque a veces un movimiento brusco al vencer la resistencia del septo puede llevar a lesionar la pared lateral de la AI. Esto se minimiza si se progresa previamente una guía hacia una vena pulmonar antes de avanzar la vaina, tal y como se comentó antes<sup>68</sup>.

En los procedimientos en los que se precisen dos introductores en la AI, por ejemplo, para la ablación de venas pulmonares, entonces se requeriría una segunda punción siguiendo la misma técnica o bien como alternativa podrían progresarse las dos vainas a través de un orificio único. Para ello se retira la aguja y se progresa una guía larga de intercambio de 0.032 a través de la luz del dilatador hasta una vena pulmonar izquierda. La vaina y el dilatador se retiran a AD y progresamos el catéter que necesitamos a través del orificio creado en el septo siguiendo el trayecto marcado por la guía. Una vez situado el segundo introductor, se vuelve a avanzar la vaina y el dilatador hacia la AI sobre la guía. Esta técnica es ampliamente utilizada en la

ablación de FA sin mayor dificultad aunque se ha descrito una mayor incidencia de persistencia iatrogénica el defecto septal creado<sup>105</sup>.

Es importante señalar que la zona más adecuada para la punción puede experimentar pequeñas variaciones con la edad. En pacientes mayores el punto es más alto y posterior desde una proyección en OAD mientras que en OAI el ángulo que forma la aguja con el septo es menor. También en los segundos procedimientos la zona de punción es más alta, además de resultar más compleja debido al mayor grosor adquirido por el septo tras la cicatrización e incluso la distorsión de su disposición anatómica. Además se ha visto que el tiempo desde el primer al segundo procedimiento también influye en la dificultad porque cuanto más tiempo pasa presenta mayor grado de cicatrización. Por todo esto en los segundos procedimientos se aconseja el empleo de la aguja BRK-1 de mayor curva que ha demostrado solventar el problema<sup>106</sup>.

La introducción de vaina y catéter en el lado izquierdo supone un incremento del riesgo de accidente cerebrovascular que es claramente minimizado con un adecuado protocolo de anticoagulación, habitualmente con heparina intravenosa, y con especial atención a los émbolos de aire que pueden ir por dentro del sistema. Se suele administrar el primer bolo de heparina tras la punción transeptal y después se revisa el tiempo de activación periódicamente para mantenerlo por encima de 300s<sup>68,107</sup>.

## **Dificultades durante el procedimiento**

En determinados casos podemos tener dificultades para alcanzar las FO. Si se trata de pacientes con anatomía difícil hay que considerar la posibilidad de utilizar un Kit de punción diferente con agujas de mayor curva o diferentes vainas. A veces, la causa puede ser la respiración profunda e irregular del paciente que podría resolverse con una sedación más profunda. Si inyectamos contraste y este genera una huella más gruesa o doble debemos sospechar que nuestra posición es incorrecta.

Parte de estas dificultades las podemos solventar con una angiografía de la AD para delinear el septo inyectando 30ml de contraste a 12-15 ml/s a través de un pigtail en dos proyecciones, OAD y OAI. Las imágenes grabadas pueden guiarnos en la punción. Es especialmente útil en los casos con hemidiafragma derecho elevado ya que esto suele dar la impresión que la aguja está demasiado baja. Por supuesto utilizar ecocardiograma transesofágico (ETE) o intracardíaco (EIC) facilita mucho el abordaje de estas situaciones<sup>101,106</sup>.

En ocasiones la dificultad se encuentra al intentar avanzar la aguja, debido a septos fibrosos por procedimientos de transeptal anteriores, hipertróficos, lipomatosos o aneurismáticos. En esta circunstancia las aplicaciones de radiofrecuencia, a través de sistemas de electrocauterio o través de un catéter de ablación, facilitan la punción<sup>108</sup> (Figura 62 y 63). El electrocauterio se ha demostrado útil y seguro en niños, donde los septos suelen ser más elásticos y las aurículas de pequeñas dimensiones<sup>109</sup>. Cuando se emplea el bisturí eléctrico se realizan aplicaciones de corta duración, 1 o 2 segundos, a unos 30W de potencia. Generalmente se aconseja la realización por un segundo operador, ya que el primero debe sujetar el sistema y mantenerlo en la fosa oval sin ejercer mucha presión debido a la facilidad con que la radiofrecuencia perfora el septo.

Se ha publicado la relación directa que existe entre el número y tiempo necesario de aplicación de radiofrecuencia y la superficie corporal de los pacientes, sugiriendo como posible causa la asociación entre la superficie corporal y la presencia de septos hipertróficos y lipomatosos<sup>110</sup>. También se han comercializado agujas de transeptal con capacidad para aplicar radiofrecuencia<sup>111</sup> y un nuevo sistema de guías con la punta en J afilada para septos resistentes<sup>112</sup>.



*Figura 62: Radiofrecuencia aplicada a través de un catéter de ablación en contacto directo con el extremo proximal de la aguja transeptal*



*Figura 63: Aplicación de 30W de radiofrecuencia bipolar tocando el extremo proximal de una aguja de Brockenbrough*

A veces la resistencia se presenta cuando avanza el dilatador, pero como se describe anteriormente, si se progresa una guía de 0.014 a través de la aguja hasta la VPSI esto permite ejercer mayor presión para forzar el paso del dilatador reduciendo el riesgo de “arponear” la AI. El mismo problema se puede encontrar con ciertas vainas dirigibles que presentan una diferencia considerable entre el calibre del dilatador y la propia vaina. En esta situación inicialmente se reemplaza la aguja por una guía de 0.035 de punta en J, que progresada hasta la vena pulmonar superior izquierda ofrece soporte para avanzar el sistema de vaina más dilatador o bien otra alternativa es, como se describe anteriormente, dirigir el conjunto con torsión horaria hacia la vena pulmonar superior derecha. Si estas posibilidades fracasan se puede elegir otro perfil de vaina y dilatador o progresar un catéter de ablación que flexionándolo a través del FO puede dilatar el orificio y facilitar el avance de la vaina<sup>113</sup>.

## **Técnicas Alternativas**

### ***Ecocardiograma Intracardiaco***

El desarrollo de las técnicas de ablación y mapeo de las arritmias ha requerido mayor conocimiento de las estructuras intracardiacas y la localización de los catéteres dentro del corazón. La fluoroscopia proporciona una información limitada y la ecografía transesofágica requiere sedación profunda durante los procedimientos complejos dada la incomodidad que supone para el paciente. En la búsqueda de una técnica de imagen compatible con la electrofisiología, se desarrolla el ecocardiograma intracardiaco (EIC)<sup>114</sup>. Los primeros transductores de EIC se describieron en los años sesenta del pasado siglo, y en 1981 apareció una de las primeras descripciones de su uso en el laboratorio de cateterismo cardiaco. Glassman y Kronzon presentaron el uso con éxito de la EIC para facilitar la realización de transeptal, que es una técnica fundamental para el intervencionismo cardiaco<sup>115,116</sup>. La visualización directa de la anatomía cardiaca, aunque nunca se ha demostrado en estudios randomizados, parece facilitar y disminuir los riesgos de la punción, además de aportar seguridad en casos complejos como punciones fallidas, anatomía compleja, material protésico, cardiopatías congénitas o en pacientes bajo tratamiento con anticoagulantes<sup>105,110</sup>. Las series publicadas sobre el uso del EIC no han reportado complicaciones frente al 1% de complicaciones en los casos que se realizan sólo bajo guía fluoroscópica<sup>101, 117-119</sup>.

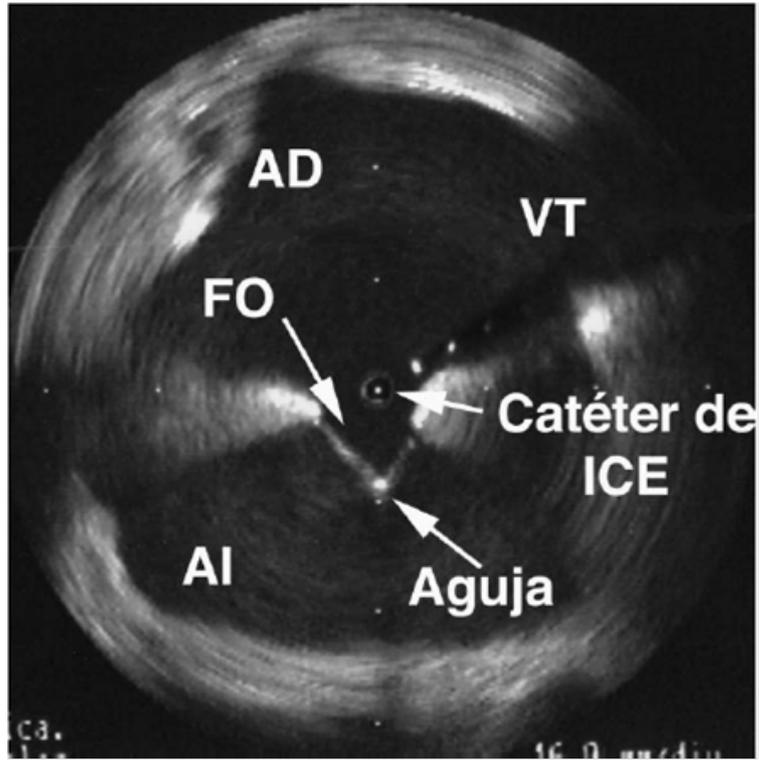
Se ha demostrado también que la EIC reduce los tiempos de intervención y de fluoroscopia, así como la exposición total a la radiación tanto del paciente como del médico<sup>120</sup>.

### ***-Tipos de ecocardiograma intracardiaco***

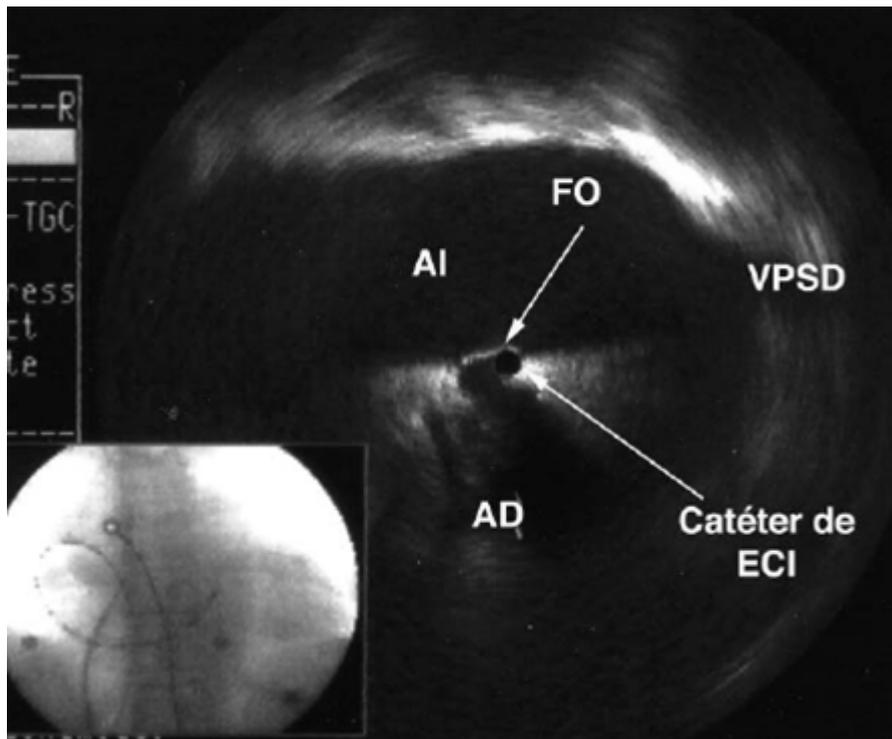
Disponemos de dos tipos de sondas: rotacional-mecánica y el “phased array”. El primer tipo de sonda tiene un único cristal de ultrasonido situado en la parte final de un catéter de 6 a 10 F que proporciona una imagen circunferencial de 360° en un plano perpendicular al eje largo de la vaina. El transductor rota mecánicamente a 1800 rpm inmerso en un fluido dentro del catéter que se rellena con 3-5 cc de suero fisiológico (UltraICE, Boston Scientific Corp, Massachusetts, EEUU) (Figura 64). Este ecocardiograma utiliza frecuencia de imágenes entre 9 a 12 MHz lo que proporciona unas imágenes de campo cercano muy nítidas pero con escasa penetración en los tejidos, una profundidad radial limitada a 5cm, y por tanto baja resolución de campo lejano. La consecuencia es que no ofrece imágenes claras de la aurícula izquierda y de las venas pulmonares cuando la sonda está situada en la AD (Figuras 65 y 66). Además carece de exploración Doppler.



*Figura 64: Catéter de ecocardiografía intracardiaca rotacional y la consola de ecocardiografía ( Ultra ICE Boston Scientific)*



*Figura 65: Ecocardiograma intracardiaco mecánico. AD: aurícula derecha. FO: fosa oval. ICE: eco intracardiaco. AI: aurícula izquierda. VT: válvula tricúspide.*



*Figura 66: Ecocardiograma intracardiaco mecánico. La imagen fluoroscópica muestra la sonda apuntando hacia la fosa oval. AI: aurícula izquierda. AD: aurícula derecha. FO: fosa oval. VPSD: vena pulmonar superior derecha*

La sonda “phased array” incorpora un transductor de 64 elementos en la parte distal de un catéter dirigible bidireccional, de 90cm de longitud y 9 o 10F (Acunav, Siemens Medical Solutions y ViewFlex Plus, St Jude Medical) (Figuras 67 y 68). Usa un rango de frecuencia de entre 5 a 10MHz, con una penetración más profunda, de hasta 21 cm, permitiendo visualizar estructuras cardiacas izquierdas desde la AD. El catéter AcuNav permite realizar una deflexión en cuatro planos, cada uno de ellos en un ángulo de que 160°, lo cual proporciona múltiples planos de exploración. El ViewFlex tiene un gran radio de curvatura y un asa tipo Agilis (ver Figura 51) que permite maniobrabilidad completa, con posibilidad de angulación en dos planos de hasta 120°.

El sistema phased array dispone de modo M, imágenes doppler y doppler color aportando información sobre la velocidad y la dirección del flujo sanguíneo (Figura 69)<sup>121</sup>.

Se ha desarrollado con este tipo de sonda un software que permite la reconstrucción de imágenes 3D (Semi-Automated 3D, AcunavSiemens, TomTec Imaging) que proporciona una imagen, desde la AD, muy precisa de ambas aurículas y ventrículos, requiriendo un tiempo de reconstrucción de la imagen de 3 a 5 minutos. La principal limitación de este sistema es que necesita de las imágenes 2D para extrapolar los datos en 3D y se requieren más estudios para poder validar la exactitud del sistema<sup>122,123</sup>. Además está disponible en el mercado la integración del EIC con el mapeo electroanatómico, integrando estas dos tecnologías para proporcionar mayor información anatómica al operador, se denomina Carto Sound (Biosense Webster). Permite actualmente generar imágenes 3D mediante la localización especial con su sonda Soundstar ICE. Esta sonda es de calibre 10Fr, con un haz de ultrasonidos similar al del sistema AcuNav y unas frecuencias que van de 5,5 a 10Mhz. En la punta hay un sensor magnético, reconocido por el CARTO para realizar una triangulación de la punta del catéter al colocarse en el interior del corazón mediante un campo magnético. Se puede generar reconstrucciones anatómicas 3D de la estructura cardiaca de interés y fusionarlas con la angiotomografía computerizada 3D o con las imágenes de resonancia magnética. Los sistemas más recientes permiten una reconstrucción manual de una imagen de EIC 3D usando múltiples cortes de imagen bidimensionales. Estas imágenes se fusiona con una angiotomografía computerizada 3D o de resonancia, lo que proporciona un aumento del detalle intracardiaco y una información anatómica más exacta en tiempo real. Finalmente, el desarrollo de una EIC 4D podría

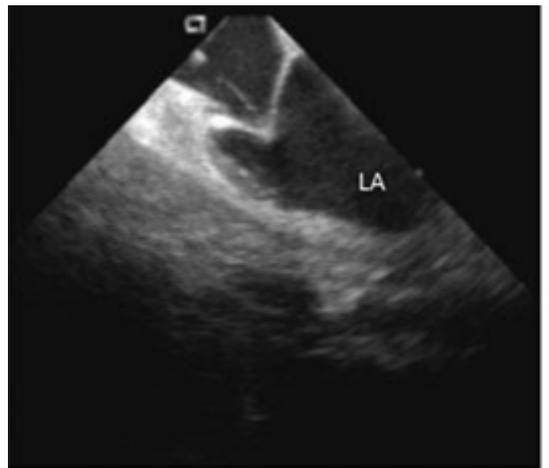
proporcionar también imágenes ecográficas en tiempo real, en vez de reconstrucción<sup>124</sup>.



*Figura 67: Mango para la manipulación de la sonda de EIC phased array. Se aprecian las dos ruedas para orientarlo en antero-posterior e izquierda-derecha*



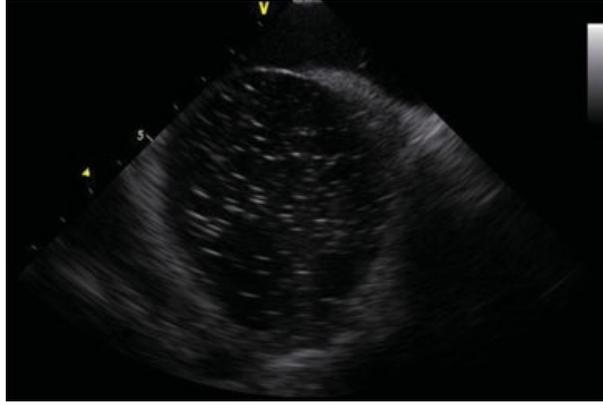
*Figura 68: Punta del catéter de EIC phased array*



*Figura 69: Aguja transeptal en fosa oval guiada por EIC Phased Array. La aguja presiona el septo y podemos ver el “tenting” previo a perforarla.*

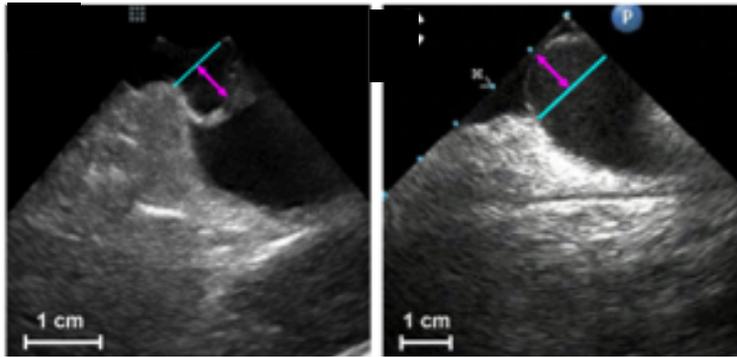
### ***-Utilidad de la Ecocardiografía intracardiaca***

Desde que la FA se ha convertido en la arritmia más frecuente en adultos, y la ablación de venas pulmonares requiere la punción transeptal, el uso del EIC ha encontrado su principal utilidad en los laboratorios de electrofisiología al permitir la visualización directa del septo interauricular. El septo se localiza fácilmente desde la AD donde aparece la FO rodeada de un borde muscular. El catéter de EIC debe progresarse vía venosa femoral, rígido y sin flexión, hasta la mitad de la AD. Es la posición que se denomina “neutral” o “home view”. Para desplegar el septo, la rueda izquierda-derecha del mango se gira ligeramente hacia la derecha y la rueda antero-posterior, ligeramente hacia posterior<sup>125</sup> (Acunav). Durante la punción transeptal permite visualizar la posición del sistema dilatador-aguja y ver cómo se forma un “tenting” al presionar sobre la FO y deformarse ésta. Cuando se avanza la aguja de Brockenbrough la pérdida súbita del tenting confirma la punción, se puede visualizar el avance de la vaina a través del septo hacia la AI y observar el paso de microburbujas o contraste a la AI al inyectar suero salino o contraste para comprobarlo.

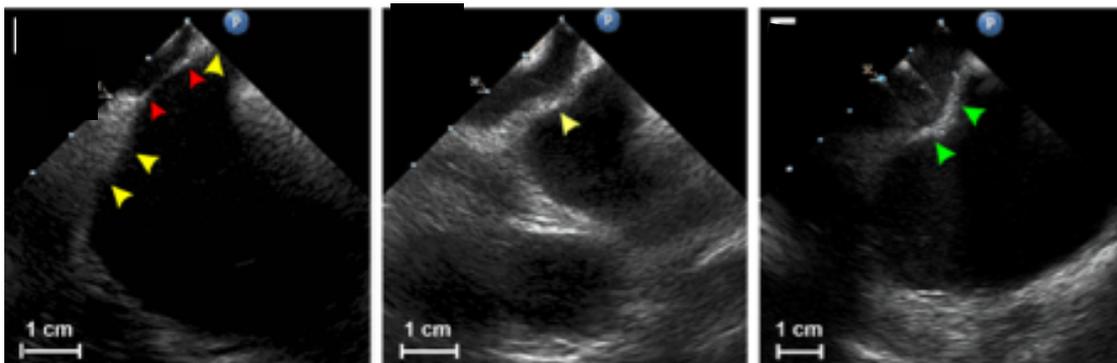


*Figura 70: Visualización por EIC de microburbujas en la AI al inyectar suero salino agitado para confirmar el éxito de la punción transeptal*

Por EIC también podemos tipificar, y conocer previamente a la punción, las características anatómicas del septo, si se trata de un septo normal, redundante o aneurismático, lipomatoso, hipertrófico, o incluso calcificado, situaciones que en principio predisponen a una punción más compleja<sup>126</sup> (Figuras 71 y 72). Cuando se observa un septo hipermóvil, la monitorización con EIC permite valorar la distancia entre el septo y la pared libre de AI para evitar que una excesiva presión de la aguja acabe “arponeando” la AI. Así mismo, hay punciones en las que una vez situada la aguja en la FO ésta se desliza superiormente y podemos acabar pinchando en el septo superior por encima de la FO. Gracias a la visualización con ecocardiografía del movimiento de la aguja se puede corregir este desplazamiento evitando una punción inadecuada.



*Figura 71: EIC de septo redundante con una excursión inferior a 10mm en la imagen de la derecha y septo aneurismático, definido por una excursión >10mm en la imagen de la derecha*



*Figura 72: La primera imagen ecográfica de la izquierda muestra un septo lipomatoso. Las flechas amarillas indican la ecogenicidad de la grasa a nivel del septo y la flechas rojas la FO. La imagen del centro muestra un septo engrosado de más de 5mm de grosor. En la imagen de la derecha se puede observar el aumento de la ecogenicidad compatible con un septo calcificado.*

En caso de disponer de EIC “phased array” se pueden visualizar las cuatro venas pulmonares, delimitar el ostium de las mismas y la situación del catéter de ablación,

asegurando el adecuado contacto y posición del mismo. Rotando el catéter del eco en sentido horario, se visualiza en primer lugar las venas pulmonares izquierdas, determinándose hasta en un 25% de la población un ostium común apareciendo como una vena izquierda única pero con un cuello común de al menos 5mm. Si seguimos con rotación horaria aparece la vena pulmonar inferior derecha, si rotamos un poco más y dirigimos posteriormente se despliega la vena pulmonar superior derecha. Entre un 5 a 15% de la población, se detecta por EIC una vena pulmonar derecha media, aunque a veces se confunde con una ramificación posterior de la superior derecha. Las dimensiones de las venas pulmonares medidas por EIC phased array son similares a las calculadas con tomografía computerizada, mientras que la venografía suele sobreestimar y el ecocardiograma transesofágico (ETE) infraestima. Además, se ha demostrado capaz de identificar más ostium de venas pulmonares que la venografía o el ETE y puede ser útil para detectar variantes anatómicas<sup>127</sup>.

La ecocardiografía intracardiaca resulta de gran utilidad en la detección temprana de posibles complicaciones inmediatamente postablación, como las estenosis de las venas pulmonares gracias al Doppler que incorpora la sonda “phased array”. La ocurrencia de estenosis de las venas pulmonares puede ser diagnosticada por EIC a través de la medida de los ostium de las venas pulmonares y las velocidades de flujos sistólicos y diastólicos antes y después de la ablación por catéter de la FA (Figura 73). Generalmente, alteraciones agudas en la velocidad de flujo de las venas se resuelven en tres meses, sin embargo, hay casos descritos de estenosis severa<sup>128</sup>.

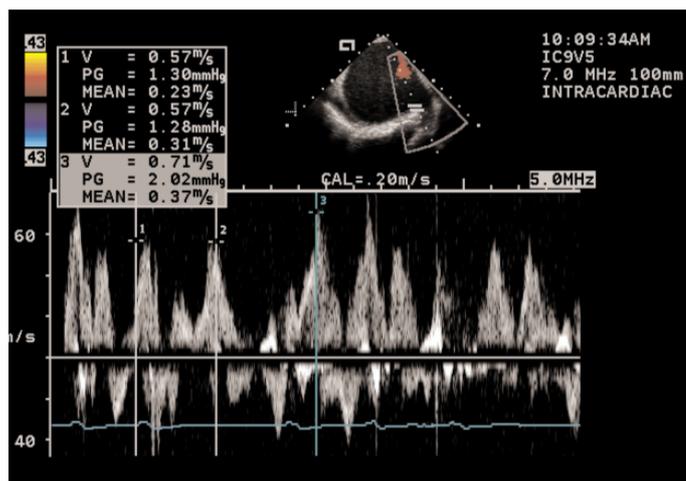
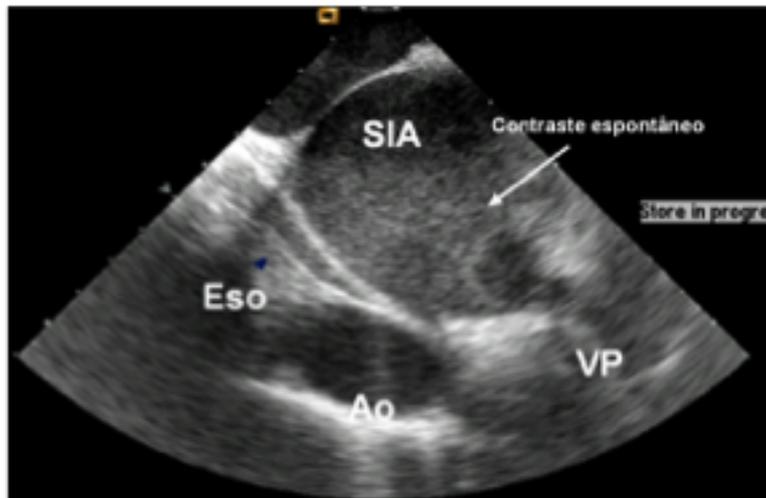


Figura 73: Medidas de la velocidad de flujo con doppler pulsado en el interior de la VPSI

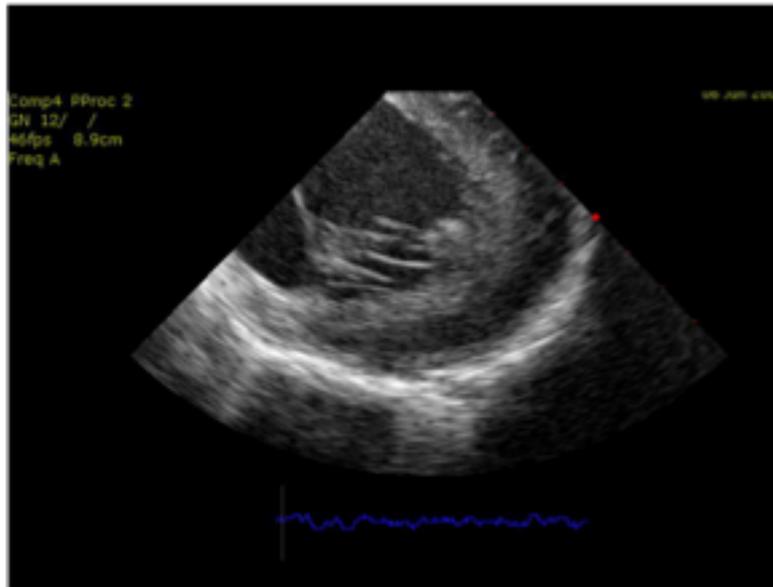
El EIC permite la observación directa de microburbujas que aparecen como resultado del calentamiento excesivo pudiendo prevenir daño del tejido que conlleven posteriormente cicatriz y estenosis de las venas. A este respecto, se considera comparable a la resonancia magnética en cuanto a su capacidad de determinar la relación entre el esófago y la AI con la ventaja de ser en tiempo real. El conocimiento de la proximidad anatómica entre ambos, identificado por el ecocardiograma, permite reducir la energía de radiofrecuencia cuando se ablaciona en la pared posterior, en las proximidades del esófago, de esta forma se consigue reducir el riesgo de lesionar el esófago<sup>129,130</sup>.

Por otra parte, al tratarse de imágenes en tiempo real podrá ayudarnos a la detección temprana de complicaciones agudas como la formación de trombos. Además detecta la presencia de contraste espontáneo, así como la reducción de las velocidades de llenado de la orejuela izquierda  $\leq 20$  cm/s, factores asociados a un riesgo aumentado de

eventos tromboembólicos (Figura 74). Igualmente permite el diagnóstico rápido de perforación y derrame pericárdico y la monitorización de dicho derrame (Figura 75). Otra ventaja es que disminuye el tiempo de exposición a fluoroscopia en estos procedimientos<sup>131-133</sup>. Además, el buen resultado de la introducción de la EIC intrapericárdica en pacientes a los que se practica una ablación epicárdica ha aportado una nueva vía para mejorar la calidad de la imagen y guías estos tratamientos<sup>134</sup>.



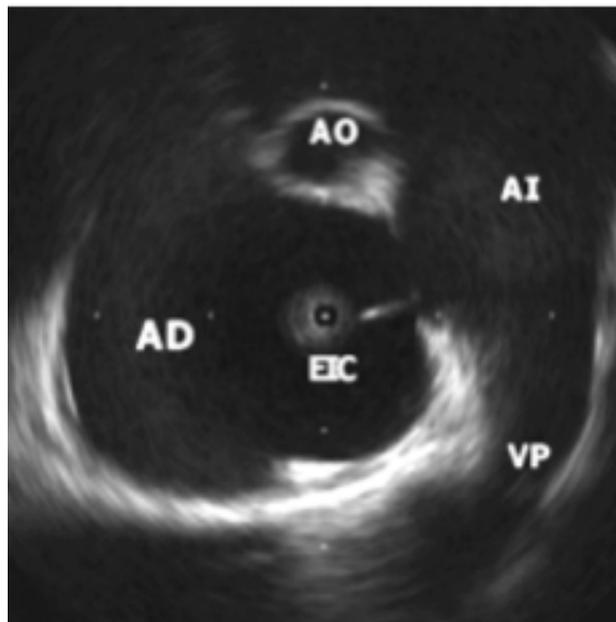
*Figura 74: Contraste espontáneo en AI por EIC phased array. SIA: septo interauricular. Eso: esófago. Ao: aorta. VP: vena pulmonar*



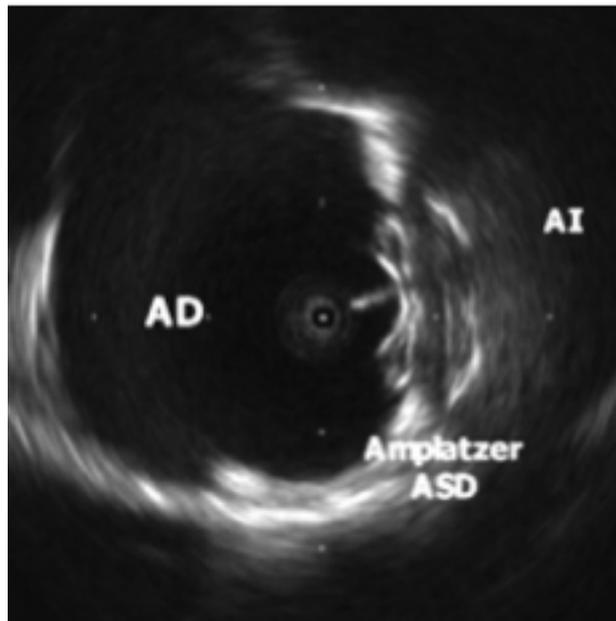
*Figura 75: Visualización de derrame pericárdico durante un procedimiento de ablación*

Otros usos adicionales son la verificación de la adecuada posición de los dispositivos de cierre del foramen oval permeable o de los defectos septales. Se ha demostrado la utilidad y la seguridad de la EIC durante los procedimientos de cierre percutáneo del septo porque evita la necesidad de ETE y la anestesia general, acorta el tiempo de la intervención y permite al cardiólogo intervencionista controlar los aspectos de la imagen sin necesidad de soporte ecocardiográfico adicional<sup>135,136</sup>. La definición de las estructuras cardiacas que se obtiene con el EIC es óptima, especialmente del septo y las estructuras adyacentes. La facilidad de su uso y la fiable información proporcionada durante el procedimiento han hecho ganar terreno a la EIC sobre el ETE. La capacidad del EIC de introducirse en el defecto septal y atravesarlo hacia la AI permite examinar su geometría desde el interior y con más perspectivas. Es un

hecho que las comunicaciones interauriculares no suelen ser absolutamente circulares y simétricas, y sus diámetros pueden variar significativamente según el plano de observación. Las medidas del defecto con EIC en los dos planos habituales (longitudinal y transversal) y la verificación de los rafe a su alrededor, aportan suficiente información fiable para elegir un dispositivo del tamaño adecuado, en general 1-2 mm mayor que el máximo defecto medido, con el fin de asegurar una correcta y sólida aposición en el septo (Figura 76 y 77) <sup>137,138</sup>.



*Figura 76: Imagen por EIC rotacional del tabique interauricular con defecto ostium secundum. El extremo del catéter de ecocardiografía (EIC) está en la aurícula derecha (AD). Ao: aorta. VP: vena pulmonar*



*Figura 77: Implante del dispositivo Amplatzer ASD para comunicación interauricular en el septo, bajo visión con EIC rotacional*

La utilidad del EIC se ha demostrado también en la valvuloplastia con balón, en el diagnóstico y la biopsia de masas intracardiacas, la ablación septal en la miocardiopatía obstructiva hipertrófica, la visualización del seno coronario para implantes de dispositivos de anuloplastia indirecta, el cierre de pseudoaneurismas ventriculares izquierdos y en el cierre de la orejuela izquierda<sup>138-142</sup>. Muchas intervenciones requieren una localización precisa del lugar de punción transeptal para que la intervención tenga éxito; ejemplo de ello es la punción con vistas al implante de Mitraclip donde se aconseja que se realice 3-4 cm por encima de la válvula mitral. En esta selección del punto de punción transeptal también puede ser de ayuda la visualización bajo guía ecográfica.

### ***-Limitaciones del Ecocardiograma Intracardiaco***

Los inconvenientes para el empleo del EIC es la necesidad ocasional de un segundo operador, así como la experiencia que se requiere para interpretar las imágenes. El EIC necesita de una curva de aprendizaje para que el operador se vuelva independiente. Su principal inconveniente es el incremento de coste que supone su utilización en estos procedimientos descritos, agravado además al ser catéteres no reutilizables. También está limitado su uso en pacientes pediátricos por el tamaño del propio catéter aunque existen series publicadas con el empleo de EIC en niños de menos de 15 kg de peso y con edad media de 3 años<sup>143,144</sup>.

### ***Guías***

Ante septos resistentes a la punción, se puede emplear una guía especial de transeptal para adultos, compatible con la vaina y la aguja standard. Se trata de una guía de punta afilada, en forma de J (Safesept, pressure Products, Inc., San Pedro, CA, USA) de 120 cm de longitud y un diámetro de 0.014 para adultos. Fabricada en nitinol, su forma en J se endereza cuando la parte distal de la guía se encuentra en el interior de la aguja pero adquiere su forma en J inicial al protuir por fuera. Este diseño facilita perforar septos más resistentes, disminuye la probabilidad de pinchar otras estructuras de forma inadvertida al reasumir su forma en J al salir de la aguja. Además tiene una marca proximal a 72 cm de la punta que nos informa cuándo la punta está a punto de salir. Cuando la aguja hace tenting sobre la FO, avanzamos la guía para perforar el septo y una vez conseguido la avanzamos hasta posicionarla en la vena pulmonar superior izquierda proporcionando suficiente soporte para avanzar la aguja hasta vencer la resistencia de la fosa<sup>145</sup> (Figura 78).



*Figura 78 : Guía en J Safesent*

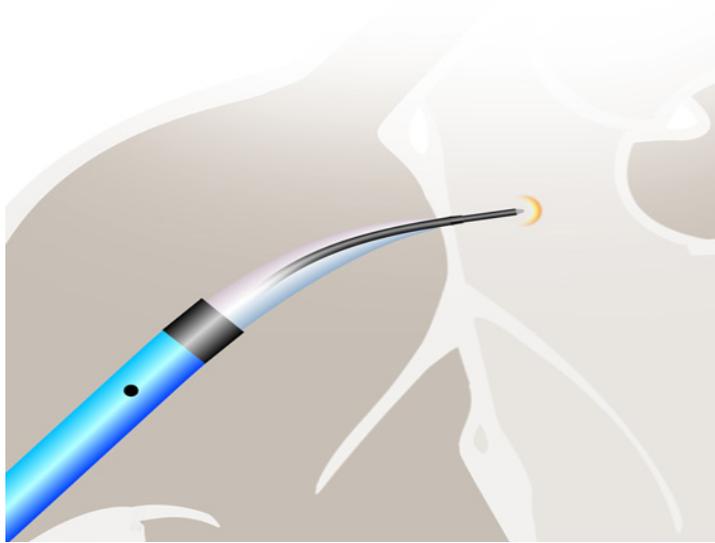
Otra opción es usar una guía de angioplastia convencional de 0.014 a través de la aguja, con la misma técnica descrita. Al comprobar que la guía no sobresale de la silueta cardiaca, ni rodea el espacio pericárdico, ni sigue el trayecto de la aorta podremos avanza el resto del sistema con seguridad<sup>102,146</sup>.

### ***Radiofrecuencia y otra formas de punción***

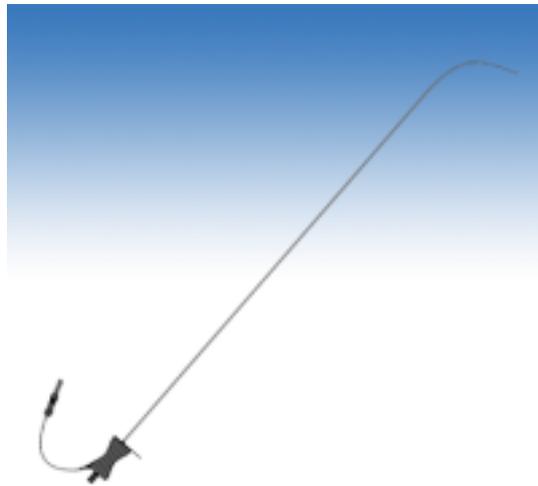
En el intento de mejorar la técnica de punción transeptal se ha desarrollado un nuevo sistema que emplea la energía de la radiofrecuencia (Radiofrequency Transeptal System, Baylis Medical, Montreal, Canadá).<sup>147</sup> En lugar de la aguja convencional, se introduce una aguja con capacidad de transmitir radiofrecuencia, el modelo NRG (Baylis Medical Company) dentro del conjunto formado por el dilatador y la vaina (Figura 79 y 80). Es una aguja disponible en 71 cm o 98 cm, calibre 18 proximal y 21 distal y una curva similar a la aguja de Brockenbrough tradicional. Está aislada a lo largo de su longitud excepto en la punta por donde se libera la energía. El generador

opera a 500 kHz para emitir hasta 25 W con un amplio rango de valores de impedancia (hasta 7.000 ohmios). Una vez que esta aguja se avanza, generalmente a través de una vaina Mullins convencional o incluso una dirigible como la Agilis, con la técnica estándar y posicionados en el FO, se administra de 8 a 10 W de energía durante 2 o 3 segundos. Otro modelo existente, es una aguja de radiofrecuencia flexible, denominada Toronto catéter (Baylis Medical Company) de 71 cm de longitud, acompañada de un dilatador más rígido (Torflex Superstrong, Baylis Medical Company) que es el que permite dada su mayor consistencia dirigir la aguja flexible (Figura 81). Tiene una luz interior de 0.024” en la parte proximal y de 0,018” en la curva distal, lo que permite infusión de contraste o monitorización de presiones por lo 4 orificios distales.

Esta técnica es especialmente útil en septos gruesos, con cicatrices, calcificados o para pacientes con cardiopatía congénita que han requerido reparación septal con parches de pericardio o sintéticos<sup>148</sup> (Figura 82). El estudio TRAVERSE-LA demostró que la aguja NRG reducía el tiempo requerido para realizar la punción en comparación con la técnica habitual y que además obtuvieron menor número de punciones fallidas<sup>149</sup>. Igualmente se ha publicado que la aguja de radiofrecuencia es más segura y eficiente que la aguja estándar de Brockenbrough<sup>150</sup>. Otra opción es utilizar un bisturí convencional y aplicarlo directamente sobre la parte proximal de la aguja de transeptal una vez situada en la FO<sup>151</sup> (ver figura 63). Hay casos publicados de la aplicación de radiofrecuencia para facilitar la creación de un defecto septal facilitando la septostomía en paciente con cardiopatía congénitas complejas que requieren este procedimiento paliativo<sup>152</sup>.



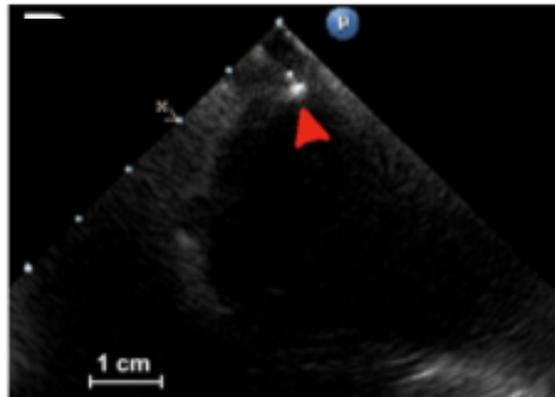
*Figura 79: aguja de radiofrecuencia en la fosa oval*



*Figura 80: Modelo de aguja de radiofrecuencia NRG con punta similar a la aguja de Brockenbrough*



*Figura 81: Modelo de aguja de radiofrecuencia flexible Toronto*



*Figura 82: Administración de radiofrecuencia a través del transeptal. Se aprecia el mayor brillo en el lugar donde la aguja aplica la energía (Flecha roja)*

Otra nueva tecnología es el catéter láser Excimer (0.9 mm Clirpath X-80, Spectranetics, Colorado Springs, Colorado). El láser catéter se inserta a través de una vaina Mullins modificada y su dilatador. Consigue perforar el septo tras una breve aplicación de energía láser de 2 a 5 segundos. El catéter láser necesita 10 veces menos fuerza para atravesar el septo si lo comparamos con la aguja de Brockenbrough. De momento la experiencia disponible con esta técnica se reduce a experimentos con animales<sup>147-156</sup>.

En aquellos casos en los que la punción transeptal no pueda realizarse por vena femoral, se ha desarrollado un sistema de punción a través de la vena yugular interna, se denomina LA-Cross System compuesto por tres partes: una vaina estabilizadora, un catéter guía y una hélice flexible para la punción (Figura 83). La vaina se progresa a través de la vena yugular hasta que su porción distal se sitúa en la vena cava inferior, con una abertura lateral situada a mitad de la aurícula derecha. Avanzamos el catéter guía por dentro de la vaina a través de dicha abertura hasta que entre en contacto con la FO. Posteriormente se avanza el sistema con la hélice a través del catéter guía y en contacto con la fosa se realizan movimientos de rotación hasta perforarla<sup>72,93</sup>.



*Figura 83: sistema LA-Cross Transeptal. En la parte distal se aprecia la hélice que perfora al rotar*

Hay otras técnicas publicadas de transeptal con variantes, como el método del dilatador. Se trata de realizar la punción con el dilatador, sin usar la vaina tipo Mullins. Emplea la aguja de Brockenbrough, que en todo momento permanece en el interior del dilatador. Con la punta roma del dilatador se localiza la FO y una vez situado se presiona con el dilatador hasta perforar el septo. Las series publicadas con esta técnica muestran menos complicaciones graves, ya que es la punta roma la que localiza el septo<sup>157</sup> (Figura 84).



*Figura 84: Método del dilatador con el conjunto formado por la aguja de transeptal y el dilatador, sin utilizar vaina.*

## **HIPÓTESIS**

La ecografía intracardiaca (EIC) está cada vez más presente en el intervencionismo cardiaco. La ablación de las venas pulmonares por fibrilación auricular (FA) es un procedimiento intervencionista donde la EIC tiene también una indicación potencial ya que podría facilitar la punción transeptal en muchos aspectos en los procedimientos de ablación, haciéndola más precisa, segura y rápida. Por otra parte, el uso indiscriminado de la misma aumenta significativamente el coste del procedimiento por lo que una opción sería reservarlo para aquellas punciones transeptales con “predictores de dificultad”.

## **OBJETIVOS**

El objetivo de este estudio es valorar la utilidad de la ecografía intracardiaca en la punción transeptal y analizar si existen predictores de dificultad que ayuden a determinar qué pacientes se benefician de su uso.

## **MÉTODOS**

### **Diseño del Estudio**

Para realizar el estudio, éste se llevo a cabo en dos fases.

#### ***Estudio Fase I***

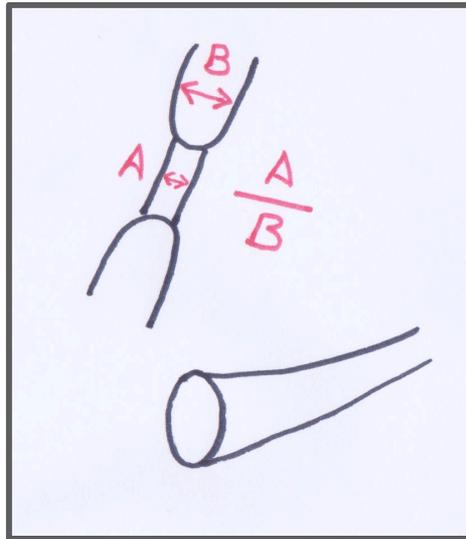
La primera fase fue un estudio preliminar retrospectivo, donde pretendimos estudiar la correlación entre el ecocardiograma intracardiaco y el ecocardiograma

transesofágico en su valoración sobre las características del septo interauricular y la identificación de variables demográficas y anatómicas que permitieran identificar punciones más complejas. Se analizaron de forma retrospectiva las características de 100 pacientes consecutivos sometidos a una PT guiada con EIC para la ablación de taquiarritmias auriculares izquierdas o FA. Se midió el tiempo medio requerido para la PT analizando las grabaciones de las punciones. Se medía desde el momento en el que aparecía la aguja en la ventana ecocardiográfica hasta que se realizaba la punción transeptal, comprobado por la pérdida de tenting, el paso de burbujas de suero salino agitado o bien por inyección de contraste.

### **Resultados del estudio preliminar**

Se incluyeron 69 pacientes varones y 31 mujeres, cuya edad media fue de  $52 \pm 14$  años. La arritmia motivo del estudio fue FA (83%), flutter izquierdo (3%), o TA (14%). Se midió el tiempo medio requerido para la PT analizando las grabaciones de 100 punciones transeptales consecutivas, guiadas por EIC. Se calculó un tiempo medio de punción de  $14 \pm 11$  min. Ninguna de las características demográficas se asoció a una prolongación del tiempo requerido de punción. En cambio sí pudimos identificar diversas variables que influían, como el grosor de la membrana de la fosa oval. Ésta se asoció de forma lineal con el tiempo requerido para la PT ( $b=7.9 \pm 2.7$ ;  $P=0.005$ ). Otra variable que se identificó fue la excavación de la fosa oval, estimada como el cociente entre el grosor de la membrana y el grosor del septo muscular, ( $b=40 \pm 13$ ;  $P=0.002$ ). Se pudo determinar que los pacientes con un grosor de la membrana  $\geq 1.5$  mm, una excavación poco profunda de la fosa (cociente: grosor membrana / septo muscular  $> 1/3$ ), con degeneración lipomatosa del septo, o con anomalías del seno coronario representaban un grupo de pacientes (28% de los

estudiados) en los que la PT se tornaba más compleja (tiempo de PT =  $20 \pm 14$  min vs  $12 \pm 9$  min en el resto;  $P=0.01$ ). Se estudió la correlación de la cuantificación del septo por EIC y ecocardiografía transesofágica (ETE), resultando una buena correlación ( $R^2=0.78$ ;  $b=1.04 \pm 0.1$ ;  $P<0.0001$ )<sup>15</sup>.



*Figura 2: Excavación de fosa oval. A: septo membranoso. B: septo muscular. Proximidad con el seno coronario*

## **Fase II**

### **Población estudiada:**

Fueron incluidos pacientes que se sometían a ablación de venas pulmonares por FA.

### **Criterios de inclusión:**

Edad  $\geq$  18 años e indicación de ablación de venas pulmonares por FA.

## **Criterios de Exclusión**

Pacientes con ablación de venas pulmonares previa o que hubiesen requerido ya una punción transeptal por otro motivo diferente.

## **Inclusión de pacientes**

Se incluyeron todos los pacientes que fueron sometidos a ablación de venas pulmonares y que cumplieron los criterios de inclusión y ningún criterio de exclusión. La intervención se llevaba a cabo según el protocolo habitual seguido en la Unidad de Electrofisiología del Hospital Clínico San Carlos. El paciente permanecía en ayunas desde la noche anterior, la intervención se realizaba con sedación controlada por un anestesista. El operador de la punción transeptal tenía a su disposición el mismo material que se estima necesario en estos procedimientos de forma habitual en la unidad.

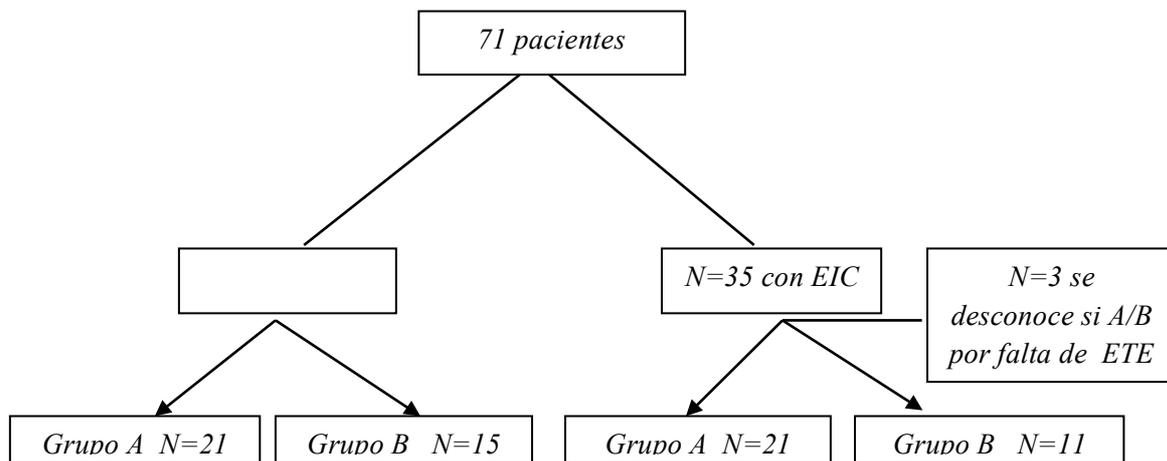
## **Procedimientos previos a la ablación**

Previamente al ingreso a todos los pacientes se les realizaba la historia clínica y se les practicaba un ecocardiograma transesofágico de rutina, principalmente con vistas a descartar la presencia de trombo en la aurícula izquierda y para realizar una serie de medidas que se utilizaron en nuestro el estudio.

## ***Diseño Fase II***

Se reclutaron los pacientes y se aplicaron los parámetros de dificultad definidos según la primera fase del estudio, dividiendo los pacientes según el grado de dificultad de la punción transeptal determinado por ETE. Aquellos pacientes que “no” cumplían los criterios de punción compleja según las medidas del ETE, se asignaron al grupo A y aquellos que “sí” lo cumplían quedaron asignados al grupo B. En la segunda fase del

estudio, el médico responsable del procedimiento decidía antes de comenzar el mismo, y sin conocer las características anatómicas del septo interauricular, si iba a emplear las imágenes de ecografía intracardiaca para hacer la punción transeptal o no. En cualquier caso en todos los pacientes se introducía un catéter de ecografía intracardiaca y un segundo médico observaba en tiempo real la punción mediante ecocardiografía. En caso de que el punto de punción elegido por el operador fuera inadecuado, éste era advertido por el médico que controlaba la punción por ecocardiografía y se facilitaba la misma al operador para que corrigiera la punción, anotándose como un cross-over X. Igualmente, en caso de que el operador solicitara ver las imágenes ecocardiográficas para realizar la punción, se procedía de la misma manera y se contabilizaba como cross-over (ver figura 1)



*Figura 1: Algoritmo de diseño del estudio. Grupo A: punción sin criterios de dificultad según parámetros de ETE. Grupo B: punción con criterios de dificultad según ETE.*

## **Recopilación de datos y variables del estudio**

Se recopilaron las siguientes variables:

### **-Pre-punción Transeptal**

\*Identificación del paciente

\*Edad

\*Sexo

\*Tamaño de la Aurícula en mm

\*Datos del ETE: grosor del septo muscular (mm), grosor del septo membranoso (mm), excavación de fosal oval (relación entre grosor septo membranoso/grosor septo muscular). Características anatómicas del septo interauricular: presencia de septos lipomatosos, hipertróficos, anomalías del seno coronario, foramen oval permeable.

### **-Durante la Punción Transeptal:**

\*Características del septo por EIC: grosor del septo muscular (mm), grosor del septo membranoso (mm), excavación de fosal oval (relación entre grosor septo membranoso/grosor septo muscular), diámetro mayor del septo membranoso (mm). Características anatómicas del septo: presencia de septo lipomatoso, hipertrófico, anomalías del seno coronario, foramen oval permeable.

\*Tiempo total de punción: medido desde el posicionamiento de la vaina con la aguja en su interior en VCS hasta comprobar la efectividad de la punción según el criterio del operador (paso de burbujas a AI, medida de la presión o desaparición del “tenting septal”). Variable tiempo expresada en segundos

\*Número de intentos de reposición antes de la punción, sea efectiva o no

\*Número de intentos de punción

\*Necesidad de aviso de corrección de la zona de punción elegida, por parte del operador externo que controla el ecocardiograma intracardiaco

\*Realización de Cross-over

\*Punción inefectiva: definido como “cross-over”, complicación en el procedimiento o interrupción por sospecha de punción errónea.

\*Descripción del material utilizado: tipo de eco (rotacional o phased array), Tipo de aguja (BRK o BRK1), tipo de vaina (SL1 en la mayoría de los casos, solo en uno se utiliza una vaina Preface).

\*Operador del procedimiento

### **-Post-punción:**

\*Registro de las complicaciones asociadas a la punción

\*Ecocardiograma transtorácico o EIC de control

### **Seguimiento**

Todos los pacientes fueron revisados con posterioridad, en las consultas externas de la Unidad de Arritmias con la misma periodicidad que los pacientes no incluidos en el estudio, sin requerir pruebas complementarias adicionales para ello.

## **Materiales**

La Unidad de Arritmias dispone de dos tipos de transductores para la ecografía intracardiaca, el mecánico o rotacional y el “PhasedArray. Las sondas de ecocardiografía que se utilizaron en el estudio fueron de estos dos tipos en función de la disponibilidad del material. Mayoritariamente se empleó el EIC con tecnología phased array (en 63 pacientes de los 71 pacientes). Dado que ambos tipos de EIC y todo el material necesario para la punción están autorizados para la práctica clínica habitual, se utilizaron según la elección del médico que realizaba el procedimiento y la disponibilidad del mismo. Se emplearon las agujas de Brockenbrough tipo BRK o BRK1, preferentemente la vaina SL1 en la mayoría de los casos, ocasionalmente SL0 y en un solo caso se utiliza una vaina Preface.

### **Análisis estadístico:**

Las variables categóricas se expresan como número y porcentaje de observaciones. Las variables cuantitativas se describen como la media  $\pm$  desviación estándar. Para comparar las variables categóricas se usó la prueba de Chi-cuadrado. Para contrastar los efectos de la ecocardiografía (con o sin EIC) y de la ETE (Grupo A y B) sobre el Tiempo (en segundos) de la punción, se usó un modelo de regresión lineal. En vez de ajustar el modelo al tiempo, se usó una transformación logarítmica de esta variable por el mejor ajuste de su distribución a la distribución normal. Los resultados fueron analizados usando un nivel de significación estadística  $p$  de 0.05.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el sistema estadístico R en su versión 2.12.2.

## RESULTADOS

### *Resultados del estudio principal*

#### **Variables demográficas:**

Se incluyeron en el estudio 71 pacientes, de los cuales 53 (75%) eran hombres y 18 (25%) mujeres. El promedio de edad de los pacientes fue de 54 años (Rango: 23-77).

Veinte pacientes presentaban hipertensión (29%) con distribución similar entre los grupos: 11 de ellos fueron asignados al grupo con EIC y 9 al grupo sin EIC con una  $p$  0,496 (9 en el grupo A y 10 en grupo B).

Cuatro pacientes varones tenían cardiopatía estructural subyacente: 2 con cardiopatía dilatada atribuible a taquimiocardiopatía (uno de los cuales presentaba  $FEVI \leq 35\%$ ), otro una valvulopatía mitroaórtica leve y otro con cardiopatía isquémica, distribuidos de forma homogénea; dos en el grupo sin EIC y otros dos en el grupo con EIC.

El tamaño promedio de la aurícula fue de 41 mm (Rango: 23-54 mm). Ninguna de las variables demográficas presentó diferencias significativas entre los grupos designados a punción con/sin EIC, incluido el tipo de FA que presentaba el paciente, paroxística frente a persistente ( $p$  0,365) (Tabla 1).

Tabla 1. Características demográficas y clínicas de los pacientes sometidos PT con EIC y sin EIC				
Sexo		Con EIC	Sin EIC	p-value
	Hombre	24 (68,6%)	29 (80.6%)	0,246
Edad				
		54.2 ( $\pm$ 10)	53.08 ( $\pm$ 12.3)	0.963
FA persistente				
	Sí	8 (23,5%)	12 (33.3%)	0,364
HTA				
	Sí	11 ( $\pm$ 32,3%)	9 ( $\pm$ 25)	0.496
Tamaño de aurícula				
		41.1 ( $\pm$ 6.5)	41.5 ( $\pm$ 5.1)	0.892

### Resultados del Ecocardiograma Transesofágico (ETE):

Disponíamos de la información del ETE previo en 68 de los 71 pacientes. Hay dos pacientes a los que no se pudo realizar ETE por intolerancia a la prueba y un tercer paciente del que disponemos de la descripción de su datos generales en el informe ecocardiográfico pero del que no se conservan las imágenes para realizar sobre ellas las medidas necesarias que permitiesen su distribución en grupos según los parámetros establecidos de dificultad. En la tabla 2 se recogen las características ecográficas del septo interauricular de los pacientes sometidos a PT con ecografía vs sin ecografía intracardiaca.

**Tabla 2. Características ecográficas del septo interauricular en los pacientes sometidos a PT con EIC y sin EIC**

<b>Anchura del septo muscular postero superior</b>	<b>Con EIC</b>	<b>Sin EIC</b>	<b>p value</b>
	4,639 ( $\pm$ 1,53)	5,33 ( $\pm$ 2,42)	0,335
<b>Anchura del septo muscular antero inferior</b>			
	6,247 ( $\pm$ 7,07)	5,839 ( $\pm$ 4,91)	0,965
<b>Anchura del septo membranoso</b>			
	1,316 ( $\pm$ 0,79)	1,181 ( $\pm$ 0,46)	0,74
<b>Excavación del foramen oval</b>			
	0,277 ( $\pm$ 0,12)	0,252 ( $\pm$ 0,12)	0,396
<b>Foramen oval permeable</b>			
Eco Si	5 (14,7%)	0 (0%)	0,023*
*Fisher			

De los 69 pacientes con ETE (hay un paciente del que disponemos el informe escrito aunque no de las imágenes como describimos antes) 5 presentan FOP y todos pertenecían al grupo con EIC ( $p=0,023$ ).

Los datos obtenidos de la ETE permitieron clasificar, aplicando los parámetros especificados, a los pacientes en baja o alta dificultad de punción (grupos A o B respectivamente). Entre aquellos a los que se les había realizado la ETE, 42 (61,8%) fueron asignados al grupo de punciones más sencillas (A) y 26 (38,2%) en el grupo de punciones complejas (B). A los tres pacientes restantes no se les pudo asignar al grupo de riesgo debido a que no se disponía de los datos de ETE para realizar las mediciones del septo muscular y membranoso.

De los criterios impuestos en el estudio para asignar a los pacientes al grupo de punciones complejas en 16 pacientes (61.5%) se cumplía que presentaban un septo interauricular membranoso  $\geq 1,5$  mm; 21 pacientes (80,8%) una excavación poco profunda de la fosa oval, no tuvimos ningún caso de degeneración lipomatosa del septo ni anomalías del seno coronario.

Los pacientes fueron distribuidos a realizarse la punción transeptal con o sin EIC a criterio del operador, que en todo momento desconocía el grado de dificultad de la punción según los parámetros del ETE, es decir, desconocía si el paciente pertenecía al grupo A o B. El resultado de la distribución quedó de la siguiente forma (ver Figura 1, Algoritmo de distribución de pacientes):

-*Con eco intracardiaco*: 35 pacientes (21 grupo A, 11 grupo B y 3 sin clasificar desde el punto de vista ecocardiográfico).

-*Sin eco intracardiaco*: 36 pacientes (21 grupo A y 15 grupo B).

No existieron diferencias en la distribución por sexo y edad, ni en ninguna de las restantes variables demográficas o morfológicas medidas mediante ETE entre ambos

grupos de asignación (con o sin EIC), como se observa en las tablas 1 y 2, con la única excepción de la variable presencia de FOP, cuyos pacientes fueron sometidos a PT con EIC (tabla 2).

**Reproducibilidad de las características del septo estimadas con Ecocardiograma intracardíaco y transesofágico:**

Independientemente de que el operador tuviera o no visible la imagen del EIC, durante la intervención se le realizó a todos los pacientes. Disponemos de las medidas de 69 de ellos faltando las de dos pacientes al no grabarse las imágenes para su valoración posterior. En la tabla 3 se describen los resultados obtenidos mediante ecocardiograma intracardíaco.

**Tabla 3. Características del septo interauricular por ecocardiograma intracardiaco en los pacientes sometidos a PT**

<b>Anchura del septo muscular postero superior</b>	<b>Con EIC</b>	<b>Sin EIC</b>	<b>p value</b>
	3,82 ( $\pm$ 1,16)	4,26 ( $\pm$ 1,59)	0,445
<b>Longitud del septo membranoso</b>			
	16,91 ( $\pm$ 4,54)	16,53 ( $\pm$ 6,32)	0,687
<b>Anchura del septo membranoso</b>			
	1,35 ( $\pm$ 0,62)	1,21 ( $\pm$ 0,54)	0,444
<b>Excavación del foramen oval</b>			
	0,37 ( $\pm$ 0,15)	0,33 ( $\pm$ 0,17)	0,225

Si se reevalúan los criterios para asignar pacientes al grupo de punciones complejas usando el ecocardiograma intracardiaco (EIC), en vez de la ETE previa a la intervención, se observa que 20 pacientes cumplían el criterio de anchura del septo membranoso  $\geq$ 1,5 mm y 28 pacientes el criterio de excavación poco profunda de la fosa oval. En total 32/69 pacientes cumplirían el criterio de punción compleja aplicando los parámetros de dificultad al EIC, comparados con los 26 que se habían asignado al utilizar los parámetros definidos mediante ETE. Descriptivamente

identificamos por EIC un septo con degeneración lipomatosa (1,4%), que por ETE había sido identificado como punción compleja sin describirse las características lipomatosas del septo. Dentro del grupo B fue una punción sin visualización de la imagen ecográfica y fue una punción correcta.

En total el acuerdo entre ambas técnicas fue de 88,06% (59/67), 6 pacientes quedaban incluidos en baja dificultad mediante ETE y en alta dificultad mediante EIC, mientras que 2 quedaban incluidos en el grupo de alta dificultad mediante ETE y en baja dificultad en EIC (Tabla 4). El valor de kappa fue de 0,7555 (DE: 0,121;  $p < 0,001$ ).

**Tabla 4. Distribución de pacientes en alta/baja dificultad de punción en función de clasificación mediante Ecocardiograma Transesofágico o Ecocardiograma Intracardíaco**

<b>ETE/EIC</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Total</b>
<b>A</b>	35	6	41
<b>B</b>	2	24	26
<b>Total</b>	37	30	67

Se observó que la medida del septo membranoso mediante EIC daba valores superiores (un promedio de 0,022 mm más por observación) que con el ETE, sin embargo las diferencias no fueron significativas ( $p=0,806$ ).

En el caso de la medida de la excavación del foramen oval las diferencias sí que fueron significativas ( $p < 0,001$ ), con un promedio de 0,817 más en la medida de la excavación de la FO mediante ecocardiograma intracardiaco en comparación con el ETE.

### **Complicaciones:**

En el estudio registramos dos complicaciones (2,82%), un derrame pericárdico con taponamiento cardiaco; y otro paciente donde se interrumpió el procedimiento ya que el operador sospechó punción errónea de la pared de la aurícula izquierda y que en la monitorización clínica-ecográfica posterior no presentó derrame pericárdico. Estos dos casos de complicaciones pertenecían al grupo de punción sin EIC y estaban dentro del subgrupo clasificado como punción A (punción no compleja).

### **Efectividad de la punción:**

Durante el procedimiento se produjeron once punciones denominadas incorrectas; nueve de ellas por cross-over, al solicitar el operador, en 8 de esas punciones, la visión de la imagen ecográfica, lo que se considera criterio de ineffectividad; y en el caso restante fue el médico encargado del EIC el que avisa de la posición incorrecta de la aguja durante la punción. Las dos restantes fueron igualmente etiquetadas como incorrectas por las complicaciones mencionadas.

Todos los intentos incorrectos ocurrieron en el grupo sin EIC, 6 en el grupo B (punción compleja) y 5 en el grupo A. En 9 de los 36 pacientes (25 %) asignados al grupo sin ecografía intracardiaca, el operador solicitó la visión ecográfica durante el procedimiento (cross-over): 3 pertenecían al grupo A y 6 al grupo B asignados según ETE.

En la tabla 5 se describe la distribución de punciones correctas/incorrectas entre los grupos teniendo en cuenta la clasificación previa al estudio de los pacientes mediante ETE en alta y baja dificultad de punción:

<b>Tabla 5. Clasificación mediante Ecocardiograma Trans-esofágico (ETE)</b>				
<b>ECO</b>	<b>Grupo</b>	<b>Punción incorrecta</b>	<b>Punción correcta</b>	<b>Total</b>
<b>Con eco</b>	<b>A</b>	0	21	21
	<b>B</b>	0	11	11
	<b>Total</b>	0	32	32
<b>Sin eco</b>	<b>A</b>	5	16	21
	<b>B</b>	6	9	15
	<b>Total</b>	11	25	36
<b>Total</b>		11	57	68

Se obtuvieron los siguientes resultados para la anterior tabla donde se expresa el riesgo de realizar una punción incorrecta (tabla 6):

Tabla 6. RR para la relación entre el éxito de la punción en intervenciones con o sin EIC y el grupo de dificultad de punción según ETE						
		RR			Test de la chi <sup>2</sup>	Test de Fisher <sup>1</sup>
		Estimado	Lim. inf.	Lim. Sup.	p-valor	p-valor
EIC (Si/No)		0	-	-	<0,001	<0,001
Grupo (B/A)		1,94	0,66	5,72	0,224	0,312
Grupo (B/A)	EIC si	-	-	-	-	-
	EIC no	1,68	0,63	4,50	0,299	0,465
EIC (Si/No)	Grupo A	0	-	-	0,017	0,048
	Grupo B	0	-	-	0,017	0,024

La probabilidad de realizar una PT incorrecta no dependió de las características ecográficas del septo interauricular (RR B/A 1,94 (0,66-5,72); p:0.31). La probabilidad de una punción incorrecta sólo dependió de la ausencia de ecografía intracardiaca para guiar la punción ( $p < 0,001$ ).

Se deduce que realizar la punción con la ayuda de ecografía condiciona significativamente la efectividad de la punción ( $p=0,001$ ). Sin embargo, la clasificación en alta/baja dificultad de la punción aunque mostró un incremento de riesgo de realizar punciones inefectivas en el grupo de alta dificultad (RR=1,94) este incremento no fue significativo ( $p=0,224$ ). Esto mismo ocurrió cuando se evaluó el grupo de dificultad de punción por grupo de pacientes con EIC y sin EIC. Sin embargo, aquellos que estaban asignados con EIC tuvieron menor número de punciones inefectivas tanto en el grupo A ( $p=0,048$ ) como en el B ( $p=0,024$ ). (Ver Figura 2 . Algoritmo de resultados de efectividad de la punción).

<sup>1</sup> El p-valor del test (exacto) de Fisher es calculado para una hipótesis alternativa  $RR < 1$ .

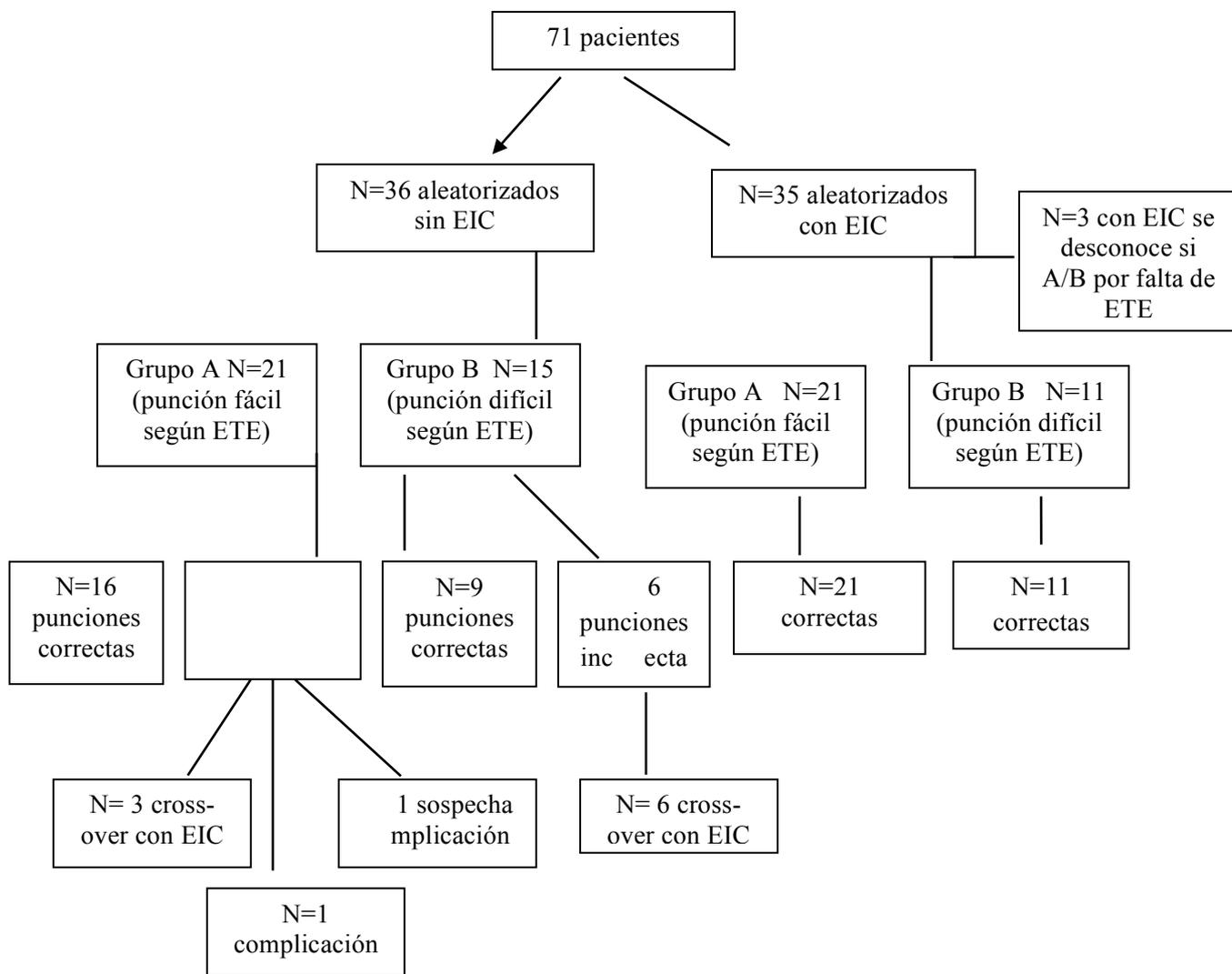


Figura 2: Efectividad de las punciones

Si repetimos el análisis utilizando la clasificación punción fácil/difícil que resultaría de las medidas del ecocardiograma intracardiaco en vez del ETE obtenemos los datos de la tabla 7:

<b>Tabla 7. Clasificación mediante Ecocardiograma Intra-cardíaco (EIC)</b>				
<b>Tabla de contingencia</b>				
<b>EIC</b>	<b>Grupo</b>	<b>Punción inefectiva</b>	<b>Punción efectiva</b>	<b>Total</b>
<b>EIC si</b>	<b>A</b>	0	18	18
	<b>B</b>	0	15	15
	<b>Total</b>	0	33	33
<b>EIC no</b>	<b>A</b>	2	17	19
	<b>B</b>	9	8	17
	<b>Total</b>	11	25	36
<b>Total</b>		11	58	69

Se obtuvieron los siguientes resultados para la anterior tabla:

Tabla 8. RR para la relación entre la efectividad de la punción en intervenciones con o sin EIC y el grupo de dificultad de punción según EIC						
		RR			Test de la chi <sup>2</sup>	Test de Fisher <sup>2</sup>
		Estimado	Lim. inf.	Lim. Sup.	p-valor	p-valor
EIC (Si/No)		0	-	-	<0,001	<0,001
Grupo (B/A)		5,20	1,21	22,34	0,010	0,018
Grupo (B/A)	EIC si	-	-	-	-	-
	EIC no	5,03	1,26	20,10	0,006	0,010
EIC (Si/No)	Grupo A	0	-	-	0,157	0,487
	Grupo B	0	-	-	<0,001	0,001

A pesar de que en este caso la distribución de pacientes por ecografía realizada es la misma que en la tabla anterior, la clasificación según dificultad de la punción mostró un riesgo relativo mayor de realizar punciones incorrectas en el grupo de alta dificultad (RR=5,03) que en la distribución por ETE (Tabla 6), en todos los pacientes y especialmente en el grupo sin EIC (donde se registran las punciones incorrectas). Los que sí que tuvieron EIC disponible, tuvieron un menor riesgo para punciones

<sup>2</sup> El p-valor del test (exacto) de Fisher es calculado para una hipótesis alternativa RR<1.

inefectivas tanto en el grupo A ( aunque no significativo,  $p= 0,487$ ) como en el grupo B ( $p<0,001$ ).

## Factores influyentes en el tiempo de punción:

En la tabla 9 se describe el tiempo (segundos) necesario para la intervención:

Tabla 9. Evaluación del tiempo necesario para la intervención							
Tiempo de punción previo a Cross Over	N	Media	SD	Max	Min	Mediana	p value
Total	4	214,75	149,21	380	69	205	
Tiempo de punción posterior a Cross Over	N	Media	SD	Max	Min	Mediana	p value
Total	4	155	217,03	480	30	55	
Tiempo de punción total en pacientes con Cross Over	N	Media	SD	Max	Min	Mediana	p value
Total	9	385,22	222,48	780	99	359	
Tiempo de punción total en pacientes sin Cross Over	N	Media	SD	Max	Min	Mediana	p value
Total	61	195,07	289,11	1920	20	100	
EIC Si	34	192,56	226,53	1043	20	105	0,942
EIC No	27	198,22	357,41	1920	30	100	
A	38	165,84	319,16	1920	20	82,5	0,003
B	20	238,4	228,06	1043	31	176	
Tiempo total	N	Media	SD	Max	Min	Mediana	p value
Total	70	219,51	287,29	1920	20	115	
EIC Si	34	192,56	226,53	1043	20	105	0,280
EIC No	36	244,97	336,09	1920	30	150	
A (ETE)	41	191,24	330,47	1920	20	90	<0,001
B (ETE)	26	257,54	207,67	1043	31	204	
A (EIC)	37	124,03	129,94	630	22	83	<0,001
B (EIC)	32	333,72	373,19	1920	20	204	
Tamaño de la aurícula<42 mm	35	141,34	135,72	630	20	90	0,011
Tamaño de la aurícula≥42 mm	35	297,69	369,45	1920	31	172	

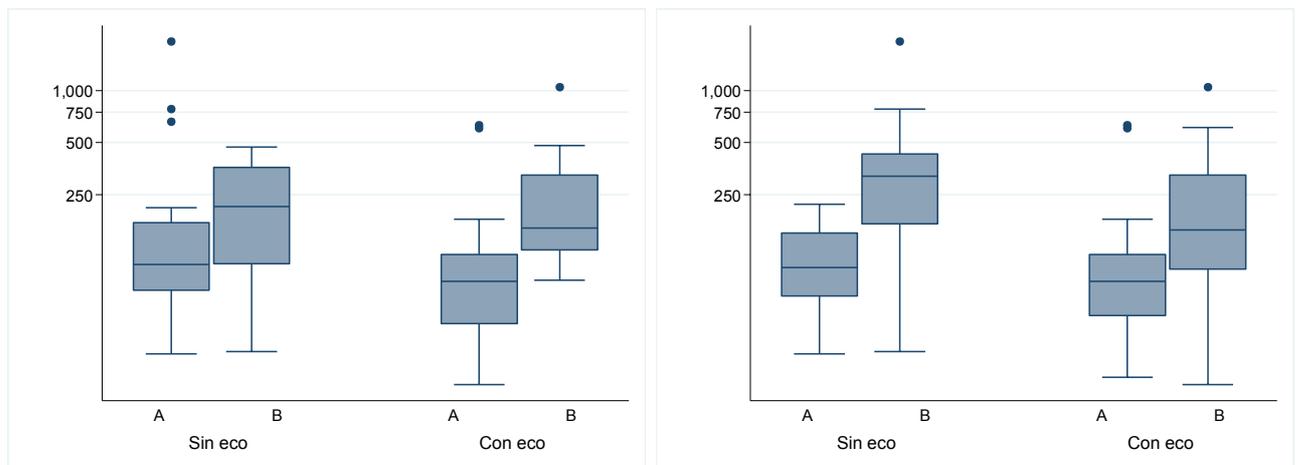
Los pacientes que requirieron “cross-over” presentaron tiempos más elevados que los que no ( $p=0,001$ ). Este criterio por sí mismo fue considerado como punción incorrecta y los casos ocurrieron en el grupo de pacientes con punción sin EIC. Por lo tanto parece lógico, y así se observa, que los pacientes con cross-over invirtieron más tiempo en la punción. Sin embargo, al eliminar los pacientes con cross-over y comparar el tiempo con “EIC sí” y “Eco no” no se observaron diferencias significativas ( $p=0,942$ ), es decir, el EIC electivo no retrasa la punción transeptal. No se observó relación entre el tiempo de punción y la disponibilidad de visión del operador del EIC, aunque sí que se observó relación entre el tiempo de punción y la dificultad de la punción, tanto sin considerar a los pacientes sujeto de cross-over ( $p=0,003$ ) como a todos ( $p<0,001$ ).

Relacionado con el tiempo de punción, tomando como punto de corte la mediana del tamaño de la aurícula de los paciente incluidos ( $AI=42$  mm), se encontró que los pacientes que tenían tamaños de la aurícula izquierda por encima de 42 mm requerían mayores tiempos de intervención. No se observaron diferencias en el tiempo con respecto a los intentos de reposición, intentos de punción o tipo de FA. (Tabla 10).

<b>Tabla 10. Variables influyentes en tiempo de punción</b>			
<b>Intentos de reposición</b>	<b>0</b>	<b>&gt;0</b>	<b>p-value</b>
Total	56	10	
Eco Si	28	3	0,243
Eco No	28	7	
<b>Intentos de punción</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>p-value</b>
Total	56	8	
Eco Si	27	2	0,217
Eco No	29	6	
<b>Fibrilación auricular persistente</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>p-value</b>
Total	3	63	
Eco Si	0	31	0,241
Eco No	3	32	

Cuando vemos como se distribuye el tiempo de forma gráfica entre los grupos A y B (clasificados según ETE y EIC), observamos que tanto en los pacientes que se utilizó ecografía intracardiaca para guiar la PT, como en los que no, las punciones con predictores de dificultad según ETE (Figura 1, izquierda) o EIC (Figura 2, derecha) se asociaron a tiempos de punción más prolongados.

Fig.1. *Tiempo punción total según dificultad por ETE* Fig. 2. *Tiempo punción total según dificultad por EIC*



Para contrastar los efectos de la ecocardiografía (con o sin EIC) y de la ETE (Grupo A y B) sobre el Tiempo (en segundos) de la punción, se usó un modelo de regresión lineal. En vez de ajustar el modelo al tiempo, se usó una transformación logarítmica de esta variable por el mejor ajuste de su distribución a la distribución normal. Toma en cuenta los efectos principales de ambos factores (visibilidad de la EIC por el operador y la asignación a los grupos de dificultad mediante ETE/EIC) así como el efecto de su posible interacción. El modelo de regresión obtenido no mostró efectos de su posible interacción entre la disponibilidad de EIC y el grupo de dificultad (Tabla 11). No se encontró relación entre el tiempo y la disponibilidad de EIC ( $p=0,105$ ). Sin embargo sí que se encontró relación entre el tiempo y el grupo de dificultad ( $p=0,007$ ). Estamos incluyendo a todos los pacientes (también cross-over con sus tiempos totales) y este modelo es consecuente con lo obtenido en la Tabla 9 para el tiempo total.

Tabla 11 Grupo riesgo ETE	Coef.	Std. Err	t	p-value	ICsup	ICinf
(Intercept)	4,4018	0,199	22,06	<0,001	4,801	4,003
GrupoB	0,931	0,335	2,78	0,007	1,601	0,262
Eco /sin eco	0,459	0,279	1,65	0,105	1,016	-0,098
GrupoB:Eco/sin eco	-0,548	0,451	-1,22	0,229	0,353	-1,449

Existe una relación entre el tiempo, el grupo de dificultad (pertenecer al B) y el que haya mayor número de intentos de reposición o de punci3n (Tabla 12).

Tabla 12 tiempo	Coef.	Std. Err.	t	P>t	95% IC	
Sin EIC	0,118	0,202	0,580	0,562	-0,287	0,523
Grupo B	0,684	0,198	3,460	0,001	0,288	1,079
Intentos de reposici3n	1,096	0,234	4,680	0,001	0,627	1,565
Intentos de punci3n	1,388	0,376	3,690	0,001	0,635	2,141
Crossover (Si)	-0,829	0,434	-1,910	0,061	-1,698	0,039
Constante	4,294	0,164	26,110	0,000	3,964	4,623

Otro modelo posible que ajusta menos pero quizás sea más interesante para el objetivo del estudio es evaluar el tamaño de la aurícula que no se incluye en el modelo anterior porque correlaciona mucho con los intentos de punción y de reposición. Así la tabla 13 refleja esa relación entre el tamaño de la aurícula y el tiempo.

Tabla 13 tiempo	Coef.	Std.Err.	t	P>t	95% IC	
Sin EIC	0,078	0,219	0,360	0,722	-0,360	0,517
Grupo B	0,444	0,216	2,060	0,044	0,013	0,875
Tamaño de la aurícula $\geq 42$ mm	0,485	0,206	2,360	0,021	0,074	0,896
Crossover (Sí)	0,815	0,328	2,480	0,016	0,159	1,472
Constante	4,324	0,193	22,360	0,000	3,938	4,711

Si bien el estudio no fue diseñado con ese propósito, podríamos comparar la influencia de los operadores en el estudio, con las limitaciones que supone el diseño del mismo, ya que de los 3 operadores solo podríamos comparar dos, al ser los que presentan distribución similar de EIC si/no y grupos A/B según ETE y cumplirían el criterio de tener una población similar a cargo. El operador 1 tuvo más punciones inefectivas (4 de 38 punciones) respecto al operador 2 (1 de 21 punciones) y tardó más tiempo total (274,02 vs. 169,81), en “EIC sí” (246,07 vs. 174.9), con “EIC no” (292,26 vs. 165,18), por grupo A (256,9 vs. 118,75) y por grupo B (276,67 vs. 237,89). Sin

embargo, ninguna de las diferencias fue significativa por bajo número de observaciones.

## DISCUSIÓN

En esta tesis hemos intentado aclarar hasta qué punto el EIC puede resultar útil o necesario para realizar la PT. De forma que si redujera complicaciones y/o facilitara el procedimiento podría recomendarse de forma estándar como parte del protocolo de ablación de aquellas arritmias que requieren el acceso a la aurícula izquierda.

Nos planteamos el abordaje de la hipótesis como un estudio prospectivo llevado a cabo en los pacientes que iban a someterse por primera vez a una ablación de FA en la Unidad de Electrofisiología del Hospital Clínico San Carlos. Contamos para ello con los resultados de nuestro estudio descriptivo inicial y con la motivación para su desarrollo al considerar que la técnica de la PT es cada vez más frecuente en los laboratorios de electrofisiología y de hemodinámica, junto con una situación económica que obliga a la optimización de nuestros recursos. Hay que reseñar que el uso del EIC en las salas de arritmias es minoritario, en base a diferentes motivos, principalmente el precio de la sonda ecográfica no esterilizable, la falta de formación en ocasiones, en ecografía intracardiaca de una gran parte de los especialistas en electrofisiología, así como la necesidad de otro acceso vascular añadido a los diversos catéteres que se requieren para el tratamiento y estudio de arritmias cardiacas.

El diseño del estudio podría haber consistido en una aleatorización simple a EIC versus no EIC pero consideramos que no era ético ya que en nuestra unidad se utiliza de forma protocolizada con el resultado de baja tasas de complicaciones. Además ya se demostró en un estudio publicado por esta misma unidad, que la ecocardiografía intracardiaca permite el aprendizaje seguro y eficaz de la punción transeptal. Asimismo, la colocación del catéter de ecocardiografía en la fosa oval permite una referencia fluoroscópica fácil de seguir, lo que simplifica el procedimiento<sup>119</sup>.

Con la primera fase del estudio pretendimos conocer qué características apreciadas por EIC en los pacientes sometidos a PT, podían relacionarse con una mayor dificultad de ésta. Para ello analizamos 100 pacientes consecutivos sometidos a punción bajo guía ecocardiográfica. Se pudo determinar que los pacientes con un grosor de la membrana  $\geq 1.5$  mm, una excavación poco profunda de la fosa, una degeneración lipomatosa del septo, o con anomalías del seno coronario, representaban un grupo de pacientes en los que la PT se tornaba más compleja. Una vez identificados estos parámetros de dificultad quisimos asegurarnos de la existencia de una buena correlación entre los hallazgos del ETE y del EIC, ya que de esta forma la EIC podría no ser necesaria en todos los pacientes y optimizar este recurso para pacientes con dichas características que anticipasen una PT más compleja. Por tanto se estudió la correlación de la cuantificación del septo por EIC y ETE, resultando una buena correlación.

Tras estos resultados, comenzó el reclutamiento consecutivo de los setenta y un pacientes que cumplieron los criterios de inclusión descritos en el diseño del trabajo. Fueron distribuidos según si la punción transeptal se realizaba bajo la visualización del ecocardiograma intracardiaco o no. Esto resultó en dos grupos bastante homogéneos en cuanto a las características demográficas, con mayor número de varones incluidos en el estudio, pero sin alcanzar diferencias significativas en cuanto a su distribución. Tampoco existieron diferencias significativas en cuanto a la presencia de cardiopatía estructural, tamaño de las aurículas ni sobre el tipo de fibrilación auricular (Tabla 1).

Los pacientes eran sometidos previamente a un ETE donde medimos las características del septo interauricular. Analizando los datos obtenidos con el ETE obtuvimos una diferencia significativa en la distribución de los 5 casos de FOP (Tabla 2), que pertenecían al grupo de punción con EIC, frente a ningún caso de FOP en el

grupo sin EIC. Esta distribución fue fruto de la casualidad y para no influir en los resultados de la punción, el operador desconocía la existencia de FOP y el protocolo de punción transeptal se realizó de la misma forma en todos los pacientes incluidos.

De las variables principales que consideramos como predictoras de dificultad (anchura del septo muscular postero-superior, anchura del septo muscular antero-inferior, anchura del septo membranoso, y excavación del foramen oval), no encontramos diferencias significativas entre los pacientes asignados a los grupos con eco o sin EIC (Tabla 2). No obtuvimos ningún caso de septo lipomatoso o anomalías del seno coronario por ETE, que según nuestro estudio preliminar también dificultan la punción transeptal. En este sentido los datos publicados en la literatura ya habían identificado predictores de dificultad en base a características anatómicas identificables visualmente, como es la presencia de septos fibrosos por PT previas, septos hipertróficos, lipomatosos y septos hipelaxos<sup>118,125,159</sup>. Con este estudio definimos otros parámetros que constituyen medidas fácilmente realizables en el ETE que se suele llevar a cabo de forma rutinaria en la mayor parte de los laboratorios de electrofisiología como parte previa a la PT para asegurarnos la ausencia de material trombótico en la aurícula izquierda.

Analizamos los parámetros del septo interauricular con el ecocardiograma intracardiaco (Tabla 3). La anchura del septo muscular postero-superior, anchura del septo membranoso, excavación de la fosa oval y longitud del septo membranoso no mostraron diferencias entre los grupos diseñados para la punción con y sin EIC tal y como ocurrió con las medidas del septo realizadas con el ETE. Por tanto, esto nos permitió también disponer de una población bastante homogénea con vistas a comparar el valor de la guía del EIC en sujetos con y sin predictores de dificultad.

Como hemos comentado, con las variables del septo por ETE se establecieron dos grupos según los predictores de dificultad descritos y al compararlo con la capacidad del EIC de identificar punciones complejas, obtuvimos que el acuerdo entre ambas técnicas fue aceptable (Tabla 4). El valor de kappa calculado según estos datos fue de 0,75 (DE: 0,121;  $p < 0,001$ ). Los valores de septo membranoso fueron 0.22 mm mas gruesos por EIC que por ETE pero sin diferencias significativas. La mayor discordancia entre ambas técnicas la encontramos en las medidas de la excavación de la FO. Por tanto utilizando la excavación con un punto de corte  $\geq 0.33$ , el ETE es menos sensible que el EIC en la identificación de punción compleja. Podemos concluir que la concordancia de los predictores de dificultad entre ETE y EIC, aunque aceptable, no es completa. Parece que la ETE es más selectiva clasificando las punciones complejas. Ante estos datos cabe plantearnos si incrementando el número de pacientes incluidos, esta diferencia disminuiría o bien habría que reevaluar el punto de corte de la excavación de la FO por ETE para mejorar la concordancia entre EIC y ETE.

Sobre la efectividad de la punción, definimos punción incorrecta como la suma de aquellas punciones en las que el operador solicita, o se le recomienda, la visión guiada con EIC, complicaciones o sospecha de complicaciones. Bajo esta definición se obtuvieron 11 punciones inefectivas (15%), la mayoría de las cuales como consecuencia de producirse un “cross-over, es decir, el operador solicitaba realizar la punción con EIC y por eso se penalizó como punción inefectiva. Sólo dos casos se debieron a complicaciones que obligaron a interrumpir el procedimiento (Figura 2). Las punciones incorrectas se concentran todas en el grupo de pacientes sometidos a PT sin EIC, la mayoría como consecuencia de la petición del operador de realizar la punción con eco, es decir, de lo que hemos llamado cross-over. Esto supone que un

25% de las punciones en las que el operador cedió realizarla sin EIC acabaron finalmente “cruzándose” de grupo y realizándose bajo supervisión ecocardiográfica (Figura 2).

Cuando en base a lo anterior calculamos el riesgo de obtener una punción incorrecta se confirma que la visión ecocardiográfica durante la punción condiciona la efectividad de la misma (Tabla 6). Sin embargo la clasificación según los predictores de dificultad, aunque muestran incremento de riesgo de punción incorrecta en el grupo de alta dificultad, ésta no alcanza significación estadística. El mismo resultado obtuvimos cuando analizamos el grupo de dificultad según si se realizó o no bajo visión ecocardiográfica. Se demuestra que aquellos pacientes asignados con EIC tuvieron menor número de punciones incorrectas tanto si fueron clasificados como fáciles o como difíciles. Esto nos permite confirmar que la efectividad está asociada a la utilización de ecocardiograma intracardiaco. Por otra parte a pesar de la tendencia observada, no se alcanza la significación estadística necesaria para interpretar que los predictores de dificultad por ETE predicen la efectividad de la punción, aunque como comentaremos más tarde sí están relacionado con el tiempo empleado en la misma.

Cuando realizamos el análisis partiendo de la clasificación de dificultad de la punción según las medidas del ecocardiograma intracardiaco y no del ETE, obtuvimos la distribución reflejada en la Tabla 8. A pesar de que en este caso la distribución de pacientes por EIC es prácticamente la misma que la realizada con ETE (Tabla 6) encontramos que la clasificación según los parámetros de dificultad muestran un riesgo relativo mayor de punción incorrecta en el grupo de alta dificultad que en la distribución con ETE, especialmente a expensas del grupo sin EIC que es donde se registran las punciones incorrectas. Además los que se realizaron con EIC tuvieron

menor riesgo de punción incorrecta tanto en el grupo A (aunque sin alcanzar significación) como en el grupo de punción compleja (B).

Por lo tanto con lo hasta ahora expuesto se cumple uno de los objetivos primarios de nuestro estudio, demostrar que el uso del EIC disminuye las complicaciones asociadas a esta técnica, es decir, aporta seguridad al procedimiento. Hasta donde tenemos conocimiento en lo publicado sobre este tema, no está claramente establecido que el uso del EIC disminuya las complicaciones. Diversos estudios, ninguno aleatorizado ni con comparación directa entre punción con EIC versus la técnica clásica fluoroscópica, muestran bajas tasas de complicaciones al realizar la PT con EIC. El estudio de Aldhoom et al publica un porcentaje de complicaciones con EIC de 3.3% y ningún caso de mortalidad<sup>160</sup>. Uno de los estudios más recientes en este sentido comunica un porcentaje de complicaciones con el uso de EIC de 3.6%<sup>126</sup>. Sin embargo al contrastarlo con estudios que no usan el ecocardiograma, las diferencias en las complicaciones no son significativas. Sí se reporta disminución del riesgo de taponamiento, aunque la causa puede ser multifactorial, desde el uso del EIC para guiar la punción, hasta otros factores como son la monitorización de la aplicación de radiofrecuencia con el mismo EIC y la mayor experiencia de los operadores que participan en los estudios. La comparación entre estudios es compleja, las diferencias poblacionales, las diversas estrategias de ablación y la variabilidad del operador dificultan sacar conclusiones definitivas<sup>103,126-7,160</sup>. Un estudio aleatorizado comparando la estrategia con EIC frente la forma convencional sería la clave, aunque requeriría probablemente un gran tamaño muestral.

Por otra parte no alcanzamos la significación estadística en el objetivo de demostrar que los predictores de dificultad por ETE pudiesen ser predictores de punciones complejas, con la finalidad de utilizar dichos parámetros para seleccionar una

población que se beneficiase preferentemente de este recurso tan limitado por su precio. Curiosamente, cuando aplicamos estos mismos parámetros en las mediciones del septo con el EIC, sí parece que se identifica de forma adecuada punciones complejas, por lo que podemos decir que los predictores de dificultad son más sensibles para la ecocardiografía intracardiaca que para la transesofágica aunque esto no nos sirva para la optimización de este recurso.

Del estudio podemos sacar información sobre el tiempo necesario para realizar la punción según la utilización o no de EIC (Tabla 9). El tiempo necesario para la punción fue claramente mayor en los casos que requirieron cross-over, es decir, pasar del grupo de punción sin ecocardiograma intracardiaco a punción con ecocardiograma. Es la necesidad de cross-over lo que marca la diferencia de tiempo empleado en la punción, de forma que si excluimos estos casos, al comparar el tiempo de punción con y sin EIC no obtuvimos diferencias significativas. Igualmente cuando analizamos el tiempo total, sin exclusiones, tampoco encontramos que la visualización con EIC disminuyese de forma significativa el tiempo requerido. Hasta donde conocemos, se ha reportado que el EIC disminuye el tiempo de procedimiento, así como de fluoroscopia, en el intervencionismo percutáneo de cardiopatías congénitas <sup>4,120,138,161</sup> pero no existen publicaciones sobre la reducción del tiempo de procedimiento de ablación de FA. Nuestro estudio tampoco demuestra que realizar la PT con EIC reduzca de forma significativa el tiempo empleado. Las causas pueden ser también múltiples desde la mayor dependencia de las intervenciones en cardiopatía congénitas de disponer de imagen ecocardiográfica para el éxito de su tratamiento, hasta el menor número de pacientes incluidos en nuestro estudio, con ningún caso de variantes anatómicas que sabemos por estudios publicados que sí influyen en la punción como la presencia de septos lipomatosos, hipertróficos, fibróticos o anomalías del seno

coronario<sup>110,135,137</sup>. Sin embargo, encontramos que el tiempo requerido se asociaba de forma significativa a los predictores de dificultad identificados por ETE, siendo más prolongado en el grupo de punciones complejas, tanto con exclusión de cross-over como considerando todos los casos. El mismo resultado se obtiene con la identificación de los grupos de dificultad por ETE que con EIC. Si bien en relación al objetivo de nuestro estudio, éste nos demuestra que realizar la punción bajo la visualización ecocardiográfica no acorta el tiempo empleado en la misma, sí hemos hallado que nuestros parámetros de dificultad se correlacionan con el tiempo de punción. Estos resultados apoyan y confirman los datos que obtuvimos en el estudio preliminar (Fase I) y que nos sirvió para definir los parámetros de dificultad de punción ya comentados.

Otro parámetro que parece influir y alargar el tiempo de punción es el tamaño auricular. Encontramos que los pacientes con aurículas >42mm requirieron mayores tiempos en el procedimiento que aurículas de menor tamaño. Esto podría ser consecuente con el hecho de que cualquier modificación anatómica del corazón, como es la dilatación auricular, modifica las referencias anatómicas y fluoroscópicas que utilizamos para posicionar la vaina y la aguja en el foramen oval y como consecuencia prolongar el tiempo requerido en la punción transeptal.

Analizamos otras posibles variables influyentes en el tiempo de punción (tabla 10), como los intentos de reposición/punción. No encontramos relación entre el tiempo de punción y los intentos de posición y de punción con la visualización o no del septo por EIC. Probablemente el escaso número de intentos influyen en no encontrar significación en estas variables, puesto que parece lógico pensar que a mayor número de intentos habría mayor consumo de tiempo. Además es probable que la posibilidad de cross-over reduzca a su vez el número de intentos y penalice la significación de este

análisis ya que contar con esta opción puede suponer que el operador ha preferido cambiar a visualización con eco antes que probar con nuevos intentos reposición/punción.

Igualmente valoramos la posible influencia del tipo de FA (paroxística o persistente) sobre el tiempo, sin encontrar diferencias con respecto a esta variable y punción con/sin EIC. Es importante reseñar que la mayor parte de los pacientes incluidos estaban diagnosticados como FA persistente por lo que esto limita la posibilidad de sacar otras conclusiones (Tabla 10).

La representación gráfica del tiempo de punción según las figuras 1 y 2 del Box Plot refleja visualmente como la dificultad de la punción influye en los tiempos. De hecho, si la clasificación se basase en los parámetros por EIC, y no por ETE, la diferencia sería aún mayor. Además podemos observar que la mediana de las gráficas en los grupos con EIC es más baja y esto lo interpretamos como una tendencia a que los tiempos de punción son menores en los grupos donde se realiza el procedimiento con visión ecográfica. Sin embargo como ya comentamos antes y así queda reflejado en la tabla 9 esta diferencia no alcanza la significación.

Para contrastar la posible relación entre el tiempo y el EIC así como la dificultad en la punción se realizó una transformación logarítmica de la variable tiempo. Esto nos permitió obtener un modelo de regresión lineal donde igualmente se demuestra la ausencia de interacción entre el uso del EIC y el tiempo y sí se encontró relación entre el tiempo y la dificultad (Tabla 11). También obtuvimos una relación entre el grado de dificultad y los intentos de punción/reposición. De forma que en el grupo de punciones complejas encontramos mayor número de intentos de reposición y punción (Tabla 12). Igualmente cuando aplicamos el modelo de regresión sobre la variable tamaño de la

aurícula nos encontramos que la dilatación de la aurícula  $>42$  mm también interaccionaba con el tiempo punción (Tabla 13).

Por otra parte sabemos que la experiencia del operador en el manejo de esta técnica es otro factor a tener en cuenta y que puede influir en nuestros resultados. Este estudio no fue diseñado para comparar operadores y esto supone una limitación a la hora de sacar conclusiones. De hecho de los 3 operadores que participaron sólo podríamos comparar dos de ellos por presentar una distribución similar de casos. Si bien encontramos que un operador presentaba más punciones incorrectas y requería más tiempo para realizar la punción (independientemente del grupo de dificultad o de realizarse con/sin EIC) no obtuvimos diferencias significativas entre ambos, probablemente por el bajo número de casos incluidos.

Ante los datos presentados, si aumentásemos los paciente incluidos en el estudio, probablemente se reducirían los efectos de la variabilidad individual de los pacientes, se podría obtener significación entre lo grupos de dificultad y la efectividad de la punción, así como el tiempo y otras posibles variables. Además el diseño con más pacientes podría permitir la comparación entre operadores y eliminar este sesgo. Otra limitación del estudio, es la ausencia de aleatorización en los grupos. Aunque la selección de realizar la PT guiada por EIC era tomada por el operador sin conocer los predictores de dificultad, esta distribución no se llevó acabo de forma aleatorizada. En nuestro estudio hemos comprobado la dificultad que existe a la hora de analizar las ventajas de la ecografía intracardiaca, debido en parte a que no se pueden aleatorizar los grupos. No obstante, los datos apuntan a su utilidad a la hora de facilitar el procedimiento, sobre todo en los casos complejos, y ofrecer una mayor seguridad.

## CONCLUSIONES

1- Se demuestra la utilidad del ecocardiograma intracardiaco en la punción transeptal. La efectividad de la punción, entendida como ausencia de “cross-over”, complicaciones o interrupción del procedimiento, fue mayor cuando se realizaba bajo guía ecocardiográfica. Las complicaciones se dieron exclusivamente en los pacientes asignados a punción realizada sin ecocardiograma intracardiaco.

2- Respecto a los predictores de dificultad establecidos por ecocardiograma transesofágico (grosor del septo membranoso  $\geq 1.5$  mm y la excavación poco profunda de la fosa definido como el cociente del grosor septo membranoso entre el septo muscular  $>1/3$ ) aunque fueron más frecuentes en los sujetos con punciones incorrectas no se alcanzó una significación estadística.

3- El tiempo de punción está relacionado con los predictores de dificultad, consumiendo más tiempo aquellas punciones que cumplieran dichos parámetros de dificultad. Estos datos están concordancia con nuestro estudio descriptivo preliminar.

4- El tiempo de punción también se relacionó con otros factores propios de la intervención como el tamaño de la aurícula izquierda, así como el número de intentos de reposición y número de intentos de punción que parecen a su vez relacionados con la ausencia de visión por parte del operador del eco intracardiaco aunque sin obtener significación estadística.

La utilización o no del ECI en los procedimientos de ablación de FA se basa mayoritariamente en un problema de limitación económica de este recurso dado su coste, puesto que los datos muestran su clara utilidad en la práctica clínica diaria. La reutilización mediante esterilización de la sonda permitiría abaratar costes y generalizar su empleo.

## REFERENCIAS:

- 1- Daoud EG. Transseptal catheterization. Heart rhythm. 2005; 2 (2): 212-214
- 2- Villacastín J, Pérez-Castellano N, Moreno J, Álvarez L, Morales R, Rodríguez A. Resultados de la curva de aprendizaje de la punción transeptal guiada mediante ecografía intracardiaca. Rev Esp Cardiol. 2004; 57 (4):359-62
- 3- Maloney J, Burnett J, Dala-Krishna P, Glueck R. New Directions in Intracardiac Echocardiography. Journal of intervencional Cardiac Electrophysiology. 2005; 13:23-29.
- 4- Hijazi ZM, Wang Z, Cao Q, Koenig P, Waight D, Lang R. Transcatheter closure of atrial defets and patent foramen ovale under intracardiac echocardiographic guidance: feasibility and comparison with transesophageal echocardiography. Catheter Cardiovasc Interv. 2001; 52: 194-199.
- 5- Cournand A, and Ranges H. A.: Catheterization of the right auricle in man. Proc. Soc. Exper. Biol & Med.1941; 46: 462.
- 6- Morrow A.G., Braunwald E., Ross J Jr. Left heart catheterization: an appraisal of techniques and their applications in cardiovascular diagnosis. Archives of Internal Medicine. 1960; 105: 177-187.
- 7- Allison P.R. and Linden R.J. The Bronchoscopic measurement of left auricular pressure. Circulation.1953; 7: 669-704.
- 8- Björk V.O, Malmstrom G and Uggla L.G. Left auricular pressure measurements in man. Ann Surg. 1953; 138: 718-725.

- 9- Bagger M, Björk V and Malmstrom G. Technique and sequelae of catheterization of the left side of the heart. *Am Heart J.* 1957; 53: 1-9.
- 10- Brock R, Milstein B and Ross D.H. Percutaneous left ventricular puncture in the assessment of aortic stenosis. *Thorax.*1956; 11: 163-170.
- 11- Cournand A, Motley H.L, Himmelstein A, Dresdale D, and Baldwin J. Recording of blood pressure from the left auricle and the pulmonary veins in human subjects with interauricular septal defect. *Am. J. Physiol.* 1947; 150: 267-273.
- 12- Ross J Jr. Catheterization of the left heart through the interatrial septum: a new technique and its experimental evaluation. *Surg Forum.*1958; 9:297-304.
- 13- Ross J JR. Transseptal Left Heart Catheterization. *Annals of Surgery.* 1959;149: 3-10.
- 14- Ross J Jr, Braunwald E, Morrow AG. Transseptal left atrial puncture. New technique for the measurement of left atrial pressure in man. *The American Journal of Cardiology.* 1959; 5: 653-655.
- 15- Ross J Jr, Braunwald E, Morrow AG. Left heart catheterization by the transseptal route. A description of the technic and its applications. *Circulation.*1960; 22: 927-34.
- 16- Brockenbrough E., Braunwald E. and Ross J. Jr. Transseptal left heart catheterization: a review of 450 studies and description of an improved technic. *Circulation.* 1962; 25: 15-21.
- 17- Ross J. Jr. Considerations regarding the technique for transseptal left heart catheterization. *Circulation.* 1966; 34; 391-399.

- 18-Nixon P.G.F. The transseptal approach to the left atrium in mitral regurgitation. Thorax.1960; 15:225-230.
- 19-Nixon P.G.F. and Ikram H. Left heart catheterization with special reference to the transseptal method. Brit Heart J. 1966; 28: 835-841.
- 20-Lynn Miller B. and Medd W.E. Transseptal left heart catheterization. Brit. Heart J. 1964; 26: 33-38.
- 21-Cope C. Technique for transseptal catheterization of the Left atrium: Preliminary report. J. Thoracic Surg. 37: 482.1959
- 22-McIntosh H.D., Sleeper J. Thompson H.K. and Whalen R. Simplification of left heart catheterization. Amer J Cardiol 7:580, 1961.
- 23-Brockenbrough E., Braunwald E, Ross J Jr, Morrow A.G. Left heart catheterization in infants and children. Pediatrics 1962; 30; 253-261.
- 24-Roveti G, Ross R, Bahson H. Transseptal left heart catheterization in the pediatric age group. J. Pediatrics. 61,6.1962
- 25-Duff D and Mullins C. Transseptal Left Heart Catheterization in Infants and Children. 4:213-223. 1978. Catheterization and Cardiovascular Diagnosis.
- 26-Bette L and Harbauer G. Transseptal Catheterization of the left Heart: Observtion in 200 cases. Jap Heart J. 5; 4. 1964.
- 27-Ali Khan MA, Mullins C, Bash S. Trasseptal left heart catheterization in infants, children and young adults. Catheterization and Cardiovascular Diagnosis 17: 198-201.1989

- 28- Peckham G, Chrysohou A, Aldrige H and Wigle E. Combined percutaneous retrograde aortic and transseptal left heart catheterization. *Brit. Heart J.* 1964;26:460.
- 29- Libanoff A.J., Silver A.W. Complications of transseptal left heart catheterization. *The American Journal of Cardiology* 1965; 15; 390-393.
- 30- Braunwald E. Transseptal left heart catheterization. *Circulation* 1968: Supp III;37; 74-79
- 31- Enghoff E., Cullhed I. Experiences with transseptal left heart catheterization. A review of 454 studies. *Amer. Heart J.*, 1971; 81; 3; 398-408
- 32- Sone FM Jr., Shirey EK. Cine coronary arteriography. *Mod Concepts Cardiovasc Dis* 1962;31:733-8
- 33- Judkins MP. Selective coronary arteriography: a percutaneous transfemoral approach. *Radiology* 1967; 89:1040-5
- 34- Lundqvist C.B., Olsson S.B., Varnauskas E. Transseptal left heart catheterization: a review of 278 studies. *Clin. Cardiol.* 9, 21-26.1986
- 35- Ross J. Jr. Transseptal left heart catheterization: a 50-year Odyssey. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 51; 2107-2115.
- 36- Roelke M, Conrad A.J. and Palcios I. The technique and safety of transseptal left heart catheterization: the Massachusetts General Hospital experience with 1279 procedures. *Catheterization and Cardiovascular Diagnosis* 32:332-339 (1994).

- 37- Hung J. Atrial septal puncture technique in percutaneous transvenous mitral commissurotomy: mitral valvuloplasty using the Inoue balloon catheter technique. *Catheterization and Cardiovascular Diagnosis* 26:275-284 (1992)
- 38- Weiner R and Maranhao V. Development and application of transseptal left heart catheterization. *Catheterization and Cardiovascular Diagnosis* 15:112-120 (1988).
- 39- Inoue K. Percutaneous Transvenous mitral commissurotomy using the Inoue balloon. *Eur Heart J*.1991 Jul; 12 Suppl B: 99-108.
- 40- Feldman T, Wasserman HS, Herrmann HC et al. Percutaneous mitral valve repair using the edge-to-edge technique: six- month results of the EVEREST Phase I Clinical Trial. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 2134-40.
- 41- Nombela-Franco L, Urena M, Barbosa H. Avances en el tratamiento percutáneo de la insuficiencia mitral. *Rev Esp Cardiol*. 2013;66(7):566-582.
- 42- Chiam P, del Valle R y Ruiz C. Terapéutica valvular percutánea. *Rev Esp Cardiol*. 2008; 61 (Supl 2): 10-24
- 43- De Becker O, Piazza N, Banai S, Lutter G, Maisaro F and Sondergaard L. Percutaneous transcatheter mitral valve replacement. *Circ Cardiovasc Inter* 2014 jun; 7(3) 400-9
- 44- Cribier A, Eltchaninoff H, Tron C, Bauer F. Early experience with percutaneous transcatheter implantation of heart valve prosthesis for the treatment of end-stage inoperable patients with calcific aortic stenosis. *JACC* 2004; 43 (4): 698-703
- 45- Arzamendi D y Miro J. Intervencionismo en las cardiopatías congénitas del adulto. *Rev Esp Cardiol*.2012; 65(8):690-699.

- 46- Hernández F, García-Tejada J, Velázquez M. Ecocardiografía intracardiaca en el cierre percutáneo de defectos del septo interauricular en adultos. *Rev Esp Cardiol*.2008; 61 (5): 465-70.
- 47- Du ZD, Koenig P, Cao QL et al. Comparison of transcatheter closure of secundum atrial septal defect using the Amplatzer septal occlude associated with deficient versus sufficient rims. *Am J Cardiol* 2002; 90: 865-9
- 48- McMahon CJ, El Said HG, Mullins CE. Use of the transseptal puncture in transcatheter closure of long tunnel-type patent foramen ovale. *Heart* 2002; 88: E3.
- 49- Tande AJ, Knickelbine T, Chavez I, et al. Transseptal technique of percutaneous PFO closure results in persistent interatrial shunting. *Catheter Cardiovasc Interv* 2005; 65:295-300
- 50- Thompson A, Hagler D and Taggart N. Transseptal puncture to facilitate device closure of “long tunnel” patent foramen ovale. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2014. 11:1-5.
- 51- Holmes DR, Ready VY, Tury ZG, Doshi SK. Percutaneous closure of the left atrial appendage versus warfarine therapy for prevention of stroke in patients with atrial fibrillation: a randomized non-inferiority trial. *Lancet*.2009; 374: 534-42
- 52- Nageh T, Meier B. Intracardiac devices for stroke prevention. *Prev Cardiol* 2006;9: 42-8.
- 53- López-Mínguez JR, Eldoayen-Gragera J, González-Fernández R. Resultados inmediatos y a más de un año en 35 pacientes consecutivos a los que se realiza cierre de orejuela izquierda con el dispositivo Amplatzer Cardiac Plug. *Rev Esp Cardiol*. 2013;66 (2):90-97.

- 54- Shapira Y, Hirsch R, Kornowski R, et al. Percutaneous closure of perivalvular leaks with Amplatzer occluders: feasibility, safety and shortterm results. *J Heart Valve Dis* 2007; 16: 305-13.
- 55- Pretorius M, Hughes AK, Stahlman MB, et al. Placement of the TandemHeart percutaneous left ventricular assist device. *Anesth Analg* 2006;103: 1412-3.
- 56- Burkhoff D, Cohen H, Brunckhorst C, O'Neil WW. A randomized multicenter clinical study to evaluate the safety and efficacy of the TandemHeart percutaneous ventricular assist device versus conventional therapy with intraaortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock. *Am Heart J* 2006;152: 469.e1-8.
- 57- Burkhoff D, O'Neil W, Brunckhorst C, et al. Feasibility study of the use of the Tandem Heart percutaneous ventricular assist device for treatment of cardiogenic shock. *Catheter Cardiovasc Interv* 2006; 68: 211-7
- 58- Naidu S. Novel Percutaneous Cardiac Assist Devices. *Circulation*.2011; 123: 533-545.
- 59- Roveti GC, Ross RS, Bahmson HT. Transseptal left heart catheterization in the paediatric age group. *J Paediatr* 61:855-858.1962
- 60- Mullins CE. Transseptal left heart catheterization: Experience with a new technique in 520 pediatric and adult patients. *Pediatric Cardiology*. 4; 3.1983
- 61- Rashkind WJ. Ballon Atrioseptostomy revisited: the first fifteen years. *Int J Cardiol*. 1983. 4 (3): 369-372.
- 62- Abrams D. Invasive electrophysiology in paediatric and congenital heart disease. *Heart*.2007; 93:383-391

- 63- Alvensleben J, Dick M, Bradley D and LaPage M. Transseptal access in pediatric and congenital electrophysiology procedures: defining risk. *J Interv Card Electrophysiol*.2014. 41: 273-277.
- 64- Law I.H., Fischbach P.S., LeRoy S., Lloyd T.R., Rocchini A.P. and Dick M. Access to the Left Atrium for Delivery of Radiofrequency Ablation in young patients: Retrograde Aortic vs Transseptal Approach. *Pediatr Cardiol* 22: 204-209. 2001.
- 65- Deshpande SS, Bremner S, Sra JS et al. Ablation of left free-wall accessory pathways using radiofrequency energy at the atrial insertion site: transseptal versus transaortic approach. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1994; 5: 219-31.
- 66- Katritsis D, Giazitzoglou E, Korovesis S, et al. Comparison of the transseptal approach to the transaortic approach for the ablation of left-sided accessory pathways in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome. *Am J Cardiol* 2003; 91: 610-3.
- 67- Lesh MD, Van Hare GF, Scheinman MM, et al. Comparison of the retrograde and transseptal methods for ablation of left free wall accessory pathways. *J. Am Coll Cardiol* 1993; 22: 542-9.
- 68- De Ponti R, Casari A, Salerno J, Storti C, Zardini M, Ferrari A and Longobardi M. Radiofrequency transcatheter ablation of left-sided atrioventricular accessory pathways: role of the transeptal approach. *G Ital Cardiol* 1992; 22: 1255-1264.
- 69- Isa R, Perez-Castellano N, Villacastín J, Moreno J, Ruiz E y Solís J. Optimización del abordaje transeptal para la ablación de una taquicardia ventricular izquierda en

- un paciente con una prótesis mecánica aórtica. *Rev Esp Cardiol.* 2005; 58 (6):756-8.
- 70-Kobza R, Hindricks G, Tanner H, Kottkamp H. Left septal ablation of the fast pathway in AV nodal reentrant tachycardia refractory to right septal ablation. *Europace.*2005; 7(2): 149-53.
- 71-Naiara Calvo, Arguedas H, Canepa J, García-Bolao I. Endocardial left ventricular lead placement from the left subclavian vein approach. *Europace.* 2014; 16: 1857-1859.
- 72-Leclercq F, Hager F, Macia J, Mariottini C, Pasquie J. Left ventricular lead insertion using a modified transeptal catheterization technique: a totally endocardial approach for permanent biventricular pacing in end-stage heart failure. *Pacing Clin Electrophysiol.*1999; 22: 1579-5
- 73-Shalghanov T, Vassil B, Aleksieva T y K. Acceso transeptal a la aurícula izquierda desde vena femoral izquierda. *Rev Esp Cardiol.* 2008; 61 (9): 985-93.
- 74-Joseph G, Baruah D, Kuruttukulam S, Chandy S. Transjugular approach to transeptal balloon mitral valvuloplasty. *Catheterization and Cardiovascular Diagnosis.* 1997; 42: 219-226.
- 75-Lim H, Pak H, Tse H, Lau C, Hwang C, Kim YH. Catheter ablation of atrial fibrillation via superior approach in patients with interruption of the inferior vena cava. *Heart Rhythm.* 2009. Feb; 6 (2): 174-9.
- 76-Tzeis A, Andrikopoulos G, Deisenhofer I, Yen Ho S and Theodorakis G. Transeptal Cathetrization: Considerations and Caveats. *PACE* 2010; 33:231-242.

- 77- Weiner R and Maranhao V. Development and applications of transseptal left heart catheterization. *Catheterization and Cardiovascular Diagnosis* 15: 112-120.1988.
- 78- El-Said HG, Ing FF, Grifka RG, Nihill MR et al. 18-year experience with transseptal procedures through baffles, conduits and other intra-atrial patches. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000; 50: 434-439
- 79- Adrouny ZA, Sutherland DW, Griswold HE, Ritzmann LW. Complications with transseptal left heart catheterization. *AM Heart J* 1963;65:327-33
- 80- Braunwald E, Gorlin R, McIntosh H, Ross RS, Rudolph AM, Swan HJC. Cooperative Study on Cardiac Catheterization. Introduction. *Circulation* 1968; 37(suppl III): III-I-4.
- 81- De Ponti R, Cappato R, Curnis A et al. Transseptal catheterization in the electrophysiology laboratory: data from a multicenter survey spanning 12 years. *J. Am. Coll Cardiol.* 2006; 47: 1037-42.
- 82- Roelke M, Smith A.J and Palacios I. The technique and safety of transseptal left heart catheterization: The Massachusetts General Hospital Experience with 1279 procedures. *Catheterization and Cardiovascular Diagnosis* 32:332-339.1994.
- 83- Hammerstingl C, Lickfett L, Jeong KM et al. Persistence of iatrogenic atrial septal defect after pulmonary vein isolation-an underestimated risk?. *Am Heart J* 2006; 152: 362-5
- 84- Rillig A, Meyerfeldt U, Birkemeyer R, et al. Persistent iatrogenic atrial septal defect after pulmonary vein isolation: incidence and clinical implications. *J Interv Card Electrophysiol* 2008; 22: 177-81.

- 85- Liu T, Lai H, Lee W, Wang K, Wu T, Huang J, Hsueh C, and Ting C. Immediate and late outcomes of patients undergoing transseptal left-sided heart catheterization for symptomatic valvular and arrhythmic diseases. *Am Heart J* 2006; 151: 235-41.
- 86- Anselmino M, Scaglione M, Battaglia A, Muccioli S, Sardi D, Azzaro G, Garberoglio L, Miceli S. Iatrogenic atrial septal defects following atrial fibrillation transcatheter ablation: a relevant entity?. *Europace*. 2014; 16 (11): 1562-8.
- 87- Tang RB, Dong JZ, Long DY. Incidence and clinical characteristics of transient ST-T elevation during transseptal catheterization for atrial fibrillation ablation. *Europace*. 2014; 27: 278-83
- 88- Ellis ER, Culler SD, Simon AW, Reynolds MR. Trends in utilization and complications of catheter ablation for atrial fibrillation in Medicare beneficiaries. *Heart Rhythm*. 2009; 6:1267-73
- 89- Cappato R, Calkins H, Chen SA et al. Updated worldwide survey on the methods, efficacy, and safety of catheter ablation for human atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2010; 3:32-8.
- 90- Hsu LF, Jasi P, Hocini M et al. Incidence and prevention of cardiac tamponade complicating ablation for atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2005; 28 (Suppl.1): S106-9
- 91- Katritsis G, Siontis G, Giazitzoglou E et al. Complications of transseptal catheterization for different cardiac procedures. *International Journal of Cardiology*. 2013; 168: 5352-54.

- 92- Fagundes RL, Mantica M, De Luca L, et al. Safety of single transseptal puncture for ablation of atrial fibrillation: retrospective study from a large cohort of patients. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2007; 18:1277-81.
- 93- Inoue K, Owaki T, Nakamura T, Kitamura F and Miyamoto N. Clinical application of transvenous mitral commissurotomy by a new balloon catheter. *J Thorac Cardiovasc Surg* 87: 394-402, 1984.
- 94- Bloomfield D.A. and Sinclair-Smith B. C. The limbic ledge: a landmark for transseptal left heart catheterization. *Circulation* 1965;31;103-107
- 95- Babaliaros V.C., Green J.T., Lerakis S., Lloyd M, Block P.C. Emerging applications for transseptal left heart catheterization. Old techniques for new procedures. *J. Am. Coll. Cardiol* 2008; 51: 2116-22.
- 96- Cope C. Newer Technics of transseptal left heart catheterization. *Circulation* 28: 758, 1963.
- 97- Aldridge H.E. Transseptal left heart catheterization without needle puncture of the septum. *Am. J. Cardiol.* 13: 239, 1964.
- 98- Damián Sánchez-Quintana. Capítulo 1: Anatomía cardiaca aplicada a la aritmología intervencionista. *Manual de Arritmias y electrofisiología cardiaca.* Pulso ediciones SL. ISBN-13.978-84-86671-81-5
- 99- Bazaz R. and Schwartzman D. Site-selective atrial septal puncture. *J Cardiovasc Electrophysiol*, vol. 14, pp. 196-199, February 2003.
- 100- Kuester L.B., Fischman A.J., Fan C., Halpern E., Aquino S.L. Lipomatous hypertrophy of the interatrial septum. *Chest* 2005; 128:3888-3893.

- 101- Prior JT. Lipomatous hypertrophy of cardiac interatrial septum: a lesion resembling hibernoma, lipoblastomatosis and infiltrating lipoma. Arch Pathol 1964; 78:11-15.
- 102- Szili-Torok T, Kimman GP., Theuns D., Res J., Roelandt J., Jordaens L.J. Transseptal left heart catheterization guided by intracardiac echocardiography. Heart 2001; 86: e11.
- 103- Subinas A, Montero V, Ormaetxe J, Martínez-Alday J, Arcocha M, Aguirre J. Punción transeptal mediante referencias electrofisiológicas para procedimientos de ablación. Rev Esp Cardiol.2007; 60 (1): 80-3.
- 104- Molina L. Menos curvas, menor presión, mayor precisión. Punción transeptal para las vías izquierdas. Arch Cardiol Mex. 2014;84 (2):117-120
- 105- Earley M. How to perform a transseptal puncture. Heart 2009; 95: 85-92.
- 106- Hu YF, Tai CT, Lin YJ, Chang SL, Lo LW, Wongcharoen W, Udyavar AR et al. The Change in the fluoroscopy-guided transseptal puncture site and difficult punctures in catheter ablation of recurrent atrial fibrillation. Europace 2008; 10:276-279.
- 107- Raymond W, Klein G, Leong-Sit P, Gula L, Yee R, Krahn A and Skanes A. Troubleshooting difficult transseptal catheterization. J Cardiovasc Electrophysiol, vol. pp.1-5
- 108- Bidart C, Vaseghi M, Cesario D, Mahajan A, Fujimura O Boyle N. Radiofrequency current delivery via transseptal needle to facilitate septal puncture. Heart Rhythm.2007; 4: 1573-76.

- 109- Elayi CS, Gurkey JC, Di Sessa TG, Kakavand B. Surgical electrocautery facilitated transseptal puncture in children. *Pacing Clin Electrophysiol.*2011; 34(7): 827-31.
- 110- Abed H, Alasady M, Lau D, Lim H, Sanders P. Approach to the difficult transseptal: Diathermy facilitated left atrial access. *Heart, lung and Circulation.* 2012; 21: 108-112.
- 111- Smelley MP, Shah DP, Weisberg I, kim SS, Lin AC, Beshai JF, Burke MC, Knight BP. Initial experience using a radiofrequency powered transseptal needle. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2010; 27:9-427.
- 112- De Ponti R, Marazzi R, Picciolo G, Salernorp-Uriarte JA. Use of a novel Sharp-tip, J-shaped guidewire to facilitate transseptal catheterization. *Europace* 2010; 12:668-673.
- 113- Navin C, Nanda and Andrew P. Miller. Principles of intracardiac echocardiography. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 2005: 13, 7-10.
- 114- Calkins H, Brugada J et al. Expert Consensus Statement on Catheter and Surgical Ablation of Atrial Fibrillation: Recommendations for Personnel, Policy, Procedures and Follow-up.
- 115- Kliger C, Cruz-Gonzalez I, Ruiz C. Presente y futuro de la ecocardiografía intracardiaca para guiar las intervenciones en cardiopatía estructural. *Rev Esp Cardiol.*2012; 65(9): 791-793
- 116- Glassman E, Kronzon I. Transvenous intracardiac echocardiography. *Am J Cardiol.* 1981;47: 1255-9.

- 117- Hung JS, Fu M, Yeh KH et al. Usefulness of intracardiac echocardiography in complex transseptal catheterization during percutaneous transvenous mitral commissurotomy. *Mayo Clin Proc* 1996; 71: 134-40.
- 118- Daoud EG, Kalbfleisch SJ, Hummel JD. Intracardiac echocardiography to guide transseptal left heart catheterization for radiofrequency catheter ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1999; 10: 358-63.
- 119- Villacastin J, Castellano N, Moreno J, Álvarez L, Morales R, Rodríguez A. Resultados de la curva de aprendizaje de la punción transeptal guiada mediante ecografía intracardiaca. *Rev Esp Cardiol* 2004; 57 (4): 359-62
- 120- Rigatelli G, Cardaioli P, Roncon L, Giordan M, Bebedo E, Oliva L et al. Impact of intracardiac echocardiography on radiation exposure during adult congenital heart disease catheter-based interventions. *Int J Cardiovasc Imaging*.2007; 23: 139-42.
- 121- Morton J and Kalman J. Intracardiac Echocardiographic Anatomy for the Interventional Electrophysiologist 2005;13: 11-16
- 122- Knackstedt C, Franke A, Mischke K, Zarse M, Gramley F, Schimpf T, Plisiene J. Semi-automated 3-dimensional intracardiac echocardiography: development and initial clinical experience of a new system to guide ablation procedures. *Heart Rhythm* 2006; 3: 1453-1459.
- 123- Mor-Avi V, Sugeng L, Lang R. Real time 3-Dimensional Echocardiography. An integral component of the routine echocardiographic examination in adult patients? *Circulation*.2009; 119: 314-329.

- 124- Kliger C, Cruz-González I y Ruiz C. Presente y futuro de la ecocardiografía intracardiaca para guiar las intervenciones en cardiopatía estructural. *Rev Esp Cardiol.* 2012; 65 (9): 791-794
- 125- Hizaji Z, Shivkumar K, Sahn D. Intracardiac echocardiography during interventional and electrophysiological cardiac catheterization. *Circulation.* 2009; 119: 587-596.
- 126- Filgueiras-Rama D, Torres-Alba F, Castrejon S, Estrada A, López T, Moreno M, Merino J. Utility of intracardiac echocardiography for catheter ablation of complex cardiac arrhythmias in a medium-volume training center. *Echocardiography.* 2014; 00: 1-11.
- 127- Ruisi C, Neil B, Asnes J, Sugeng L, Marieb M, Clancy J and Akar J. Use of intracardiac echocardiography during atrial fibrillation ablation. *Pace.* 2013; 36: 781-788.
- 128- Ernst S, Ouyang F, Goya M, Lober F, Schneider C, Hoffmann-Riem M et al. Total pulmonary vein occlusion as a consequence of catheter ablation for atril fibrillation mimicking primary lung disease. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2003; 14: 366-70
- 129- Kenisberg D, Lee BP, Grizzard J, EllenbogenK, Wood M. Accuracy of intracardiac echocardiography fpr assessing the esophageal course along the posterior left atrium: a comparison to magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2007; 18: 169-173.

- 130- Ren F, Lin D Marchlinski F, Callans D, Patel V. Esophageal imaging and strategies for avoiding injury during left atrial ablation for atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2006; 3: 1156-1161.
- 131- Dravid S, Hope B, McKinnie J. Intracardiac Echocardiography in Electrophysiology: a review of current applications in practice. *Echocardiography* 2008; 25 (10): 1172-75.
- 132- Cooper J and Laurence E. Use of Intracardiac Echocardiography to Guide Ablation of Atrial Fibrillation. *Circulation* 2001; 104; 3010-3013.
- 133- Maloney J, Burnett M, Dala-Krishna P and Glueck R. New Directions in Intracardiac Echocardiography. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology* 2005; 13: 23-29.
- 134- Horowitz BN, Vaseghi M, Mahajan A, cesario DA, Buch E, Valderrábano M. Percutaneous intrapericardial echocardiography during catheter ablation: A feasibility study. *Heart Rhythm*. 2006; 3:1275-82.
- 135- Hijazi ZM, Wang Z, Cao Q, Koenig P, Waght D, Lang R. Transcatheter closure of atrial defects and patent foramen ovale under intracardiac echocardiographic guidance: feasibility and comparison with transesophageal echocardiography. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2001; 52: 1387-90
- 136- Hernández F, Albarrán A, García J, Sánchez I, Velázquez MT, Andreu J. Eficacia y seguridad de la ecocardiografía intracardiaca en el cierre percutáneo de defectos del tabique interauricular en adultos. *Rev Esp Cardiol*.2005; 5: 45-54.
- 137- Amin Z. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2006; 67: 438-43.

- 138- Hernández F, García-tejada J, Velázquez M, Albarrán A, Andreu J. Ecocardiografía intracardiaca en el cierre percutáneo de defectos del septo interauricular en adultos. *Rev Esp Cardiol.* 2008; 61 (5): 465-70
- 139- Salem MI, Makaryus A, Kort S, Chung E, Marchant D, Ong L et al. Intracardiac echocardiography using the acunav ultrasound catheter during percutaneous balloon mitral valvuloplasty. *J Am Soc Echocardiogr.* 2002; 15: 1533-7.
- 140- Alfonso F, Martín D, Fernández-Vázquez F. Intracardiac echocardiography guidance for alcohol septal ablation in hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *J Invasive Cardiol.* 2007; 19: E134-6.
- 141- Melman Y, Levy M, Laham R. Intracardiac echocardiography and fluoroscopy guided percutaneous left ventricular pseudoaneurysm closure. *Catheter Cardiovas Interv.* 2011; 1: 133-6.
- 142- Segar DS, Bourdillon P, Elsner G, Kesler K. Intracardiac echocardiography-guided biopsy of intracardiac masses. *J Am Soc Echocardiogr.* 1995; 8: 927-9
- 143- Saad E, Prata I, Camanho L. Use of intracardiac echocardiography in the electrophysiology laboratory. *Arq Bras Cardiol* 2011; 96(1): e11-e17.
- 144- Mah D, Miyake C, Sherwin E, Walsh A, Anderson M, Western K, Abrams D, Cecchin F, walsh E, Triedman J. The use of an integrated electroanatomic mapping system and intracardiac echocardiography to reduce radiation exposure in children and young adults undergoing ablation of supraventricular tachycardia. *Europace.*2014; 16: 277-283.

- 145- Patel A, Cao Q, Koenig P, Hijazi ZM. Intracardiac echocardiography to guide closure of atrial septal defects in children less than 15 kilograms. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2006; 68: 287-91
- 146- De Ponti R, Marazzi R, Picciolo G and Salerno-Uriarte J. Use of a novel Sharp-tip, J-shaped guidewire to facilitate transseptal catheterization. *Europace* 2007; 12: 668-673.
- 147- Haruta S, Kouno H, Akanuma H et al. The guidewire technique for transseptal puncture. *J Invasive Cardiol* 2005; 17: 68-70.
- 148- Esch J, Triedman J, Cecchin F, Alexander M, Walsh E. Radiofrequency-assisted transseptal perforation for electrophysiology procedures in children and adults with repaired congenital heart disease. *Pace.* 2013; 36: 607-611.
- 149- Hsu J, Badhwar N, Gerstenfeld E, Randall L, Mandyam M. Randomized trial of conventional transseptal needle versus radiofrequency energy needle puncture for left atrial access. (the Traverse-LA study). *J Am Heart Assoc.* 2013; 2:1-9
- 150- Jauvert G, Grimard C, Lazarus A, Alonso C. Comparison of a radiofrequency powered flexible needle with a classic rigid Brockenbrough needle for transseptal punctures in terms of safety and efficacy.
- 151- Justino H, Benson L, Nykanen D. Transcatheter creation of an atrial septal defect using radiofrequency perforation. *Cathet Cardiovasc Intervent.* 2001; 54: 83-87.
- 152- Veldtman G, Wilson G, Peirone A, Hartley A. Radiofrequency perforation and conventional needle percutaneous transseptal left heart access. *Cathet Cardiovasc Intervent.* 2005; 65: 556-563.

- 153- Sherman W, Lee P, Hartley A, Love B. Transatrial septal catheterization using a new radiofrequency probe. *Catheter Cardiovasc Interv* 2005; 66: 14-7.
- 154- Bommer WJ, Lee G, Riemenschneider TA, et al. Laser atrial septostomy. *Am Heart J*.1983; 106: 1152-6.
- 155- Galal O, Weber HP, Enders S, et al. Transcatheter laser atrial septostomy in rabbits. *Int J Cardiol* 1993; 42:31-5.
- 156- Elagha AA, Kim AH, Kocaturk O, Lederman RJ. Blunt atrial transeptal puncture using excimer laser in swine. *Catheter Cardiovasc* ;70: 585-90.
- 157- Wang Y, Xue Y, Mohanty P, Natale A, Li L. Dilator method and needle method for atrial transeptal puncture: a retrospective study from a cohort of 4443 patients. *Europace*. 2012; 14: 1450-1456.
- 158- Porro Fernandez MR, Perez Castellano N, Pindado Rodriguez J, Salinas Arce J, Vega Olvera M, Moreno Planas J, et al. Predictores de dificultad de la puncion transeptal . *Rev Esp Cardiol*.2008; 61 Supl 3:10.
- 159- Marcus GM, Ren X, Tseng ZH, Badhwar N, Lee BK, Olgin JE. Repeat transeptal catheterization after ablation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2007; 10: 55-59.
- 160- Aldhoon B, Wichterle D, Peichl P, Cihak R and Kautzner J. Complications of catheter ablation for atrial fibrillation in a high-volume centre with the use of intracardiac echocardiography. *Europace*.2013; 15: 24-32.

161- Zanchetta M, Onorato E, Rigatelli G, Pedon L, Zennaro M. Intracardiac echocardiography guided device closure atrial septal defects. *J. Am Coll Cardiol.* 2003; 41: 285-292.



