

經食道心臟超音波於結構性心臟病 之診斷與治療

Transesophageal Echocardiographic Screening for Structural Heart Interventions

簡韶甫 醫師

國泰綜合醫院 心血管中心

摘要

- 目的

經皮結構性介入手術為患者提供了一個有效的治療選項，其發展受到心臟超音波技術的推動。此篇文章將說明經食道心臟超音波（TEE）在病患手術前檢查所扮演的關鍵角色。

- 最新發現

瓣膜團隊會採用多重影像方式進行評估，但 TEE 在診斷與治療規劃中具有獨特地位。完整運用所有 TEE 視角與功能（例如雙平面、三維影像及多平面重建），能確保對結構性病變的準確評估。

- 總結

TEE 在結構性心臟介入治療規劃中的角色仍極為關鍵，相關檢查應以系統化且全面的方式來執行。

- 關鍵詞

經食道心臟超音波、結構性心臟介入治療、心臟瓣膜疾病。

引言

心臟超音波在經皮結構性心臟介入治療的快速進展與發展中扮演了關鍵角色。經食道心臟超音波（TEE）仍然是經導管心臟介入治療手術過程中的導引基石。美國心臟超音波學會建議術前進行完整的 TEE 檢查，其中包含標準的 28 個超音波視角。此外，為了更深入了解潛在病變並促進適當介入策略的規劃，通常還會取得額外的影像角度。辨識任何相關病灶以及潛在的手術風險。隨著心臟超音波技術的持續擴展，許多嶄新而令人期待的心血管影像技術也正被探索與應用。

本篇文章將概述用於結構性心臟介入治療的 TEE 影像流程，同時介紹影像學上的進展，以協助瓣膜治療團隊確保為病患帶來最佳治療成果。

一般 TEE 考量

在考慮經導管結構性異常介入治療時，必須進行全面性的二維（2D）與三維（3D）經

食道心臟超音波（TEE）檢查，其中包括對五個經食道超音波掃描視窗的影像：上食道、中食道、深食道、胃內與深胃視角。

針對相關結構進行 3D 影像重組可提供解剖構造上的評估，並透過將 2D 掃描平面對已獲得的 3D 影像，進行精確的量測。另一個優勢是能夠重新檢視與處理 3D 影像，並使用廠商提供的軟體產生瓣膜的定量模型。

提升空間與時間解析度的方法，包括：限制掃描體積、使用多心跳週期（multibeat acquisition），同時納入重要解剖標誌並盡量減少影像失真。額外的經胸心臟超音波（TTE）可以在檢查的開始或結束時進行，用來估算右心房壓力與改善都卜勒方向對準。如果在檢查期間血壓出現顯著變化，也應詳細記錄，並同時紀錄病人的體表面積。儘管 TEE 可以獲得大量資訊，但 TTE 有時已足夠用來判定是否需要或適合進行經導管介入治療。此外，電腦斷層掃描

(CT) 如今在結構性介入治療規劃中也扮演關鍵角色。所有瓣膜團隊成員，特別是超音波醫師，皆可從多模態影像方法中獲得極大助益。

檢查前的考量

在進行 TEE 之前，病人應禁食至少六小時。超音波醫師應詳閱病人的病史及先前檢查結果，以提升 TEE 的品質，並同時評估是否存在此檢查的絕對或相對禁忌症。特別是食道或胃部的病變，例如：可能提高損傷風險的病灶、或像是膈疝這類可能阻礙影像品質的問題，都應事先調查清楚。檢查應在設備齊全的手術室中進行，並須持續監測生命徵象與呼氣末二氧化碳濃度 (capnography)。

主動脈瓣

原生主動脈瓣狹窄

自 2011 年美國食品藥物管理局 (FDA) 批准以來，經導管主動脈瓣置換術 (TAVR) 的施作量逐年增加，並在 2019 年超越了傳統的外科主動脈瓣置換量。TAVR 的主要適應症是主動脈瓣狹窄 (AS)；不過，目前亦正積極研究其他適應症，例如主動脈瓣逆流。對於絕大多數患有嚴重主動脈瓣狹窄的病人，經胸超音波 (TTE) 和電腦斷層掃描 (CT) 已足夠用來診斷與規劃介入治療。然而，若 TTE 技術

上困難，或需更佳的視野來觀察潛在阻礙或疑慮時，可能會需要 TEE 輔助。若病人無法接受含顯影劑的 CT 掃描，則也可進行使用 3D-TEE 與多平面重建的影像，以評估主動脈瓣環的大小 (見圖 1，A 與 B 圖)。

最初的 TEE 影像會在中食道視窗，以 110° - 140° 的掃描角度取得，長軸視圖可顯示左心室流出道 (LVOT)、基部中隔、右冠瓣、非冠瓣與左冠瓣間的瓣間三角，以及主動脈根部。瓣環與主動脈的測量分別在心室收縮中期與心舒末期進行。若有需要，可使用雙平面與 3D 影像輔助評估主動脈瓣下或主動脈上的病灶

(見圖 1，C 圖)。3D 影像的多平面重建可以用於測量主動脈瓣環大小 (供 TAVR 瓣膜尺寸選擇)、進行主動脈瓣面積平面積法

(planimetry) 計算，以及冠狀動脈高度的評估——這對預測 TAVR 手術中冠脈阻塞風險相當重要。短軸視圖 (約在 40° - 60°) 則可同時觀察三個主動脈瓣瓣

尖，有助於分析瓣膜形態。胃內與深胃視角可用於獲得 LVOT 與主動脈瓣的都普勒測量，只要無禁忌情況皆應嘗試。透過深胃視角的五腔室視圖 (掃描角度在 0° - 30°) 來對準超音波束，並將全角增加到約 100° - 130° 以取得長軸視圖，就可測量 LVOT 與主動脈瓣的最大速度。再結合中食道視圖下所量得的 LVOT 直徑，即可

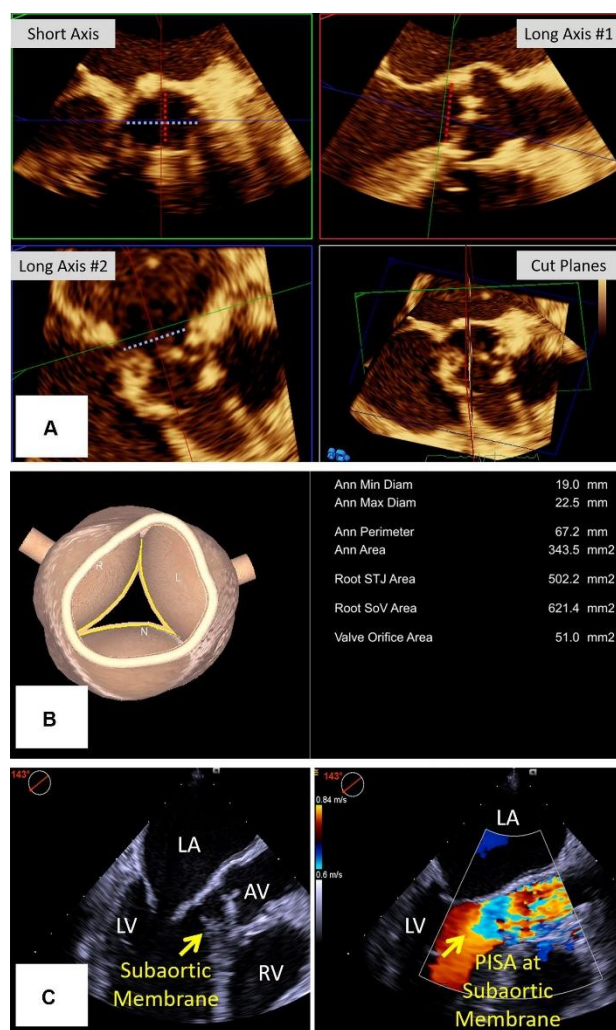


圖 1：主動脈瓣三維與雙平面影像應用

A：TEE 的一大優勢是能取得三維 (3D) 影像資料集。透過 3D 多平面重建 (MPR)，可量測主動脈瓣環的長軸 (藍虛線) 與短軸 (紅虛線)。

B：可清楚顯示術前 TAVR 規劃所需的尺寸，確認嚴重主動脈瓣狹窄並選擇正確裝置大小。

C：TEE 能顯示瓣下纖維膜 (黃色箭頭) 造成狹窄的流束匯聚現象。

註釋縮寫：LA = 左心房；LV = 左心室；AV = 主動脈瓣；RV = 右心室

利用連續性方程式計算主動脈瓣面積。

原生主動脈瓣閉鎖不全
經胸心臟超音波（TTE）是評估顯著主動脈瓣閉鎖不全（AR）的主要影像方式。然而，當影像技術困難、出現偏心逆流噴流（eccentric jets）、或需更精確的嚴重程度分級時，則可能需要進行 TEE 檢查（見圖 2，A 與 B 圖）。

針對原發性嚴重 AR 的經皮介入選項目前仍受限，因為 TAVR 通常需要鈣化結構來固定人工瓣膜。AR 的評估與 AS 相同，會使用相同的 TEE 視窗，並取得與 TTE 一致的定性與定量參數。3D-TEE 能更清楚地觀察 AR 的成因，例如瓣尖脫垂或翻轉，並可進行逆流口面積（regurgitant orifice area）的量測。3D 影像亦可進

行左心室容積與射出分率的定量分析，以協助將病患分級至慢性 AR 的 C 期或 D 期。有效逆流口面積（EROA）可透過近端等速面積法（PISA）、壓力半衰期（pressure half-time）與連續波（CW）多普勒評估進行估算，這些應在胃內視角中進行，並確保超音波束與逆流平行對準。而逆流的窄頸部（vena contracta）應在中食道視窗中量測。應檢查降主動脈及查腹主動脈是否存在整個舒張期的血流反轉（holodiastolic flow reversal），以評估 AR 嚴重度。

人工主動脈瓣疾病

對於裝有生物瓣或機械瓣的患者，若出現特定病理情況，皆可能符合進行經皮介入治療的適應症。

機械主動脈瓣

當懷疑出現顯著的機械瓣膜阻塞時，TEE 可用於確認診斷，例如辨識瓣葉活動不良，或直接觀察到贅生物（如纖維肉芽組織或血栓），以及出現延遲高峰的多普勒頻譜訊號。但在多數情況下，TTE 或透視攝影即可提供足夠的診斷資訊。由於中食道視窗常受到聲波陰影的影響，可能無法清楚看到瓣葉與左心室流出道

（LVOT），因此需施行額外的探頭操控，如全向角度變化或轉至胃內視角等，是十分關鍵的。在報告中，應詳述瓣周逆流（Paravalvular leakage）噴流的位置與嚴重程度，並依照先前的指引使用定性與定量參數進行描述。若出現顯著的 PVL 噴流，可能可以經由血管封堵裝置進行封閉；但若為機械瓣本體阻塞或瓣膜內逆流，目前尚無對應的經皮介入方式。

生物主動脈瓣

當外科植入的生物瓣出現顯著狹窄情況時，可考慮進行「瓣中瓣」（valve-in-valve, ViV）結構性介入治療。瓣膜葉片增厚或活動受限最容易在中食道長軸視圖與胃內視窗中觀察，但此類影像取得困難與機械瓣相似。

若患者表現為顯著逆流，則須進一步釐清是瓣膜內

（transvalvular）還是瓣膜周圍（paravalvular）逆流。瓣膜內逆流通常是生物瓣退化

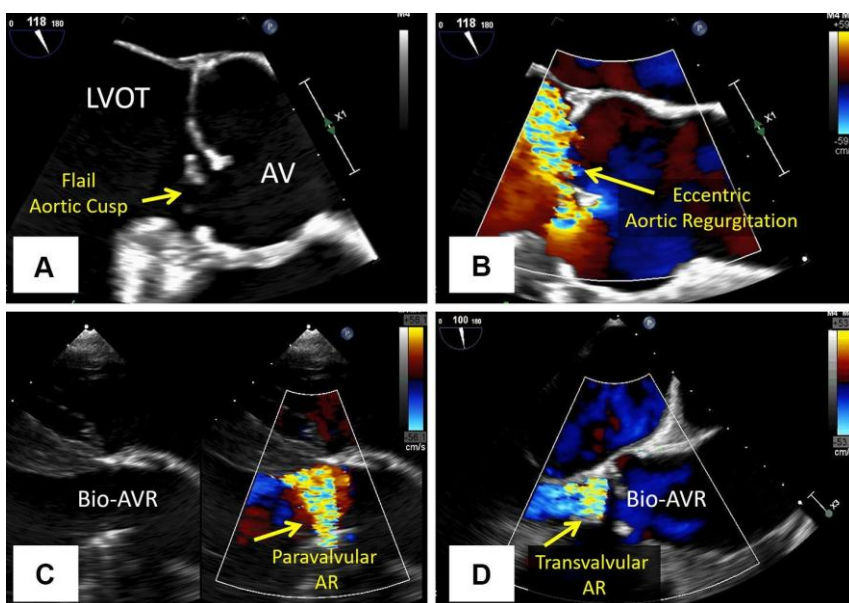


圖 2：TEE 在主動脈瓣逆流與人工瓣逆流的應用

A：右冠瓣翻轉（黃色箭頭）導致逆流。

B：偏心逆流噴流朝向瓣間纖維區，TTE 難以辨識。

C：偏心的瓣周逆流朝向中隔。

D：明顯經瓣逆流，後續接受瓣中瓣手術（ViV）。

的表現，而 PVL 也偶爾會出現。不論是瓣內或瓣周逆流，皆可於相同的 TEE 視窗中進行評估；若為瓣膜內逆流，則病患可能符合 ViV 手術的適應症（見圖 2，C 與 D 圖）。PVL 的範圍與位置也應記錄下來，因為若為局部性嚴重的缺口，可能適合進行經皮裝置封閉。在所有掃描視窗中進行雙平面影像（biplane imaging），有助於區分偏心的瓣內逆流噴流，避免與 PVL 混淆。

二尖瓣

原生二尖瓣閉鎖不全

二尖瓣（MV）是一個結構複雜的裝置，由乳頭肌、腱索以及兩個瓣葉組成，這些構造一同被馬鞍狀的二尖瓣瓣環包圍。經導管邊對邊修復術（TEER）已徹底改變了對於嚴重二尖瓣閉鎖不全（MR）且不适合手術病患的治療方式，而其可行性評估也常是進行 TEE 篩檢的主要目的。

TEE 影像從中食道視窗開始，先在 $0^{\circ} - 30^{\circ}$ 取得四腔室影像，並使用脈衝（Pulsed）與連續波（CW）多普勒來取得二尖瓣血流灌注型態、E 波峰值速度與平均壓力梯度（須搭配心跳速率記錄）。若患者有心房顫動，則平均壓力梯度應取五個心跳週期的平均值。

2D 的有效逆流口面積（EROA）在調整 Nyquist 限值後，需先找到近端等速面積法

（PISA）的半徑再進行計算。若逆流噴流為偏心型或出現在心室收縮中後期，可能會影響都普勒對準而降低精準度。

透過細緻地增加全向角度（omnipane angle），可以發現局部的病灶，例如瓣葉脫垂或腱索斷裂。若 TTE 中對腱索斷裂難以明確觀察，但臨床上高度懷疑，則應於 TEE 中完整描述並定位腱索斷裂位置，並測量其斷裂間隙（flail gap）與寬度（flail width）。若斷裂間隙超過 10 毫米、斷裂寬度超過 15 毫米、或病灶位於瓣膜交界處（commissural flail），皆會增加 TEER 手術的技術難度。

如同時存在脫垂，也應註明。此外，若為黏液樣變性的瓣葉導致深層皺褶（infold），則應與真正的二尖瓣裂（cleft）加以區分。此類判別可以透過來自心房面與心室面的 3D 影像進行。3D 全容積掃描（full-volume）影像也可應用於左心室功能與體積的定量評估。

交界視圖（commissural view）通常在 $50^{\circ} - 70^{\circ}$ 角度取得，可同時呈現內側與外側瓣膜交界處與兩個乳頭肌。由於

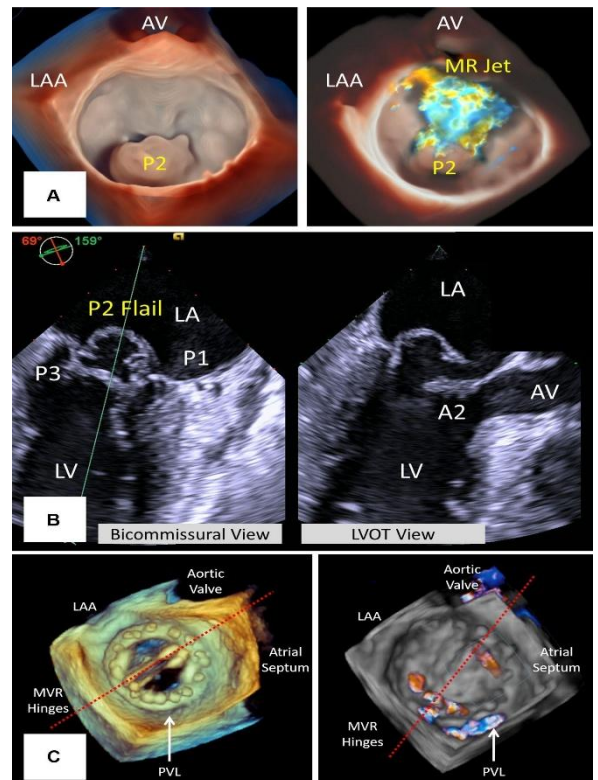


圖 3：TEE 於二尖瓣修補評估與人工瓣逆流中的應用
A：P2 瓣尖脫垂與翻轉；彩色都卜勒顯示嚴重偏心逆流。
B：明確顯示夾合區與夾子放置位置。
C：機械瓣 3D 影像與瓣周逆流（5 點鐘方向）。
註釋縮寫：LA = 左心房；LV = 左心室；AV = 主動脈瓣；LAA = 左心耳；MVR = 二尖瓣置換術

此視圖是 TEER 手術的主要觀察角度，因此在進行病患篩檢時，應評估其影像品質與探頭操控的難易度。順時針旋轉探頭可以將掃描平面向前（靠近前交界）調整，反之則向後（靠近後交界）調整。雙平面影像技術可同時觀察瓣膜對合區，並於掃描時自一側交界延伸至另一側，有助於病灶定位、夾瓣策略規劃以及確認瓣葉長度是否足夠。

3D 影像應以「外科醫師視角」（surgeon's view）呈現，可加入或去除彩色都普勒（見圖 3，A 與 B 圖）。多平面重建可計算二尖瓣面積（MVA），若計算結果小於 4.0 cm^2 ，則在放置多個夾子時須特別謹慎。若掃描速率

(frame rate) 充足且無明顯影像失真，則亦可使用 3D 彩色都普勒進行 EROA 的平面積法量測，以確認逆流嚴重度。胃內視角也可用來評估瓣葉病灶，特別是在中食道影像受限時。高度偏心的 MR 噴流在此視窗下有更佳的多普勒對準角度，也更易於評估。此視窗亦可顯示瓣膜下結構，當中食道掃描受到聲影遮蔽時尤其重要。

應盡可能以脈衝波都普勒評估所有四條肺靜脈的基線流速，因為肺靜脈的收縮期血流反轉是一項高度特異性的嚴重 MR 徵象。此評估在 TEER 術前有助於預測治療後的血流動力學改善效果。

右側肺靜脈通常可在 40° - 60° 的中食道視圖中，藉由從主動脈短軸視圖順時針旋轉掃描而觀察。右下肺靜脈常呈垂直方向，導致多普勒評估角度不佳。左側肺靜脈則可在 100° - 120° 角度中，透過逆時針旋轉掃描同時觀察，左上肺靜脈會出現在影像畫面的右側。

原生二尖瓣狹窄

風濕性二尖瓣疾病仍是二尖瓣狹窄最常見的成因，而經胸超音波 (TTE) 通常為最初的影像檢查工具。風濕性變化所引起的典型瓣膜異常，包括瓣葉增厚、舒張期呈拱門狀 (doming) 突出、交界融合，以及腱索結構的改變，這些都可透過 TEE 觀察得更加清楚。

嚴重程度的分級標準過去已被廣泛描述，包括使用「壓力半衰期法 (pressure half-time, PHT)」來計算二尖瓣口面積 (MVA)；而三維 TEE 則可輔助進行直接的 MVA 平面積量測。

氣球擴張瓣膜成形術 (balloon valvuloplasty) 的可行性可根據基礎 MVA 大小及是否合併二尖瓣逆流進行評估。瓣膜下結構、瓣葉與交界部的形態，可透過 Wilkins、Sutaria 或 Nunes 等評分系統進行量化，這些指標有助於預測手術成效。若預計進行氣球擴張手術，在進行 TEE 時應特別評估左心耳是否有血栓存在，並觀察房間隔，以規劃橫隔穿刺位置。此外，也應紀錄肺動脈收縮壓 (PASP) 作為基準值。

退化性或鈣化性二尖瓣狹窄的盛行率正逐漸上升，但在治療上常是一項難題。與風濕性 MV 疾病不同，此類患者的 TTE 表現常不典型，因此 3D-TEE 對於確認疾病嚴重程度極為重要。需注意的是，此類情況下不應使用 PHT 法計算 MVA，而應改以三維平面積與多平面重建技術進行評估。若病人無法接受外科手術，則可考慮「鈣化二尖瓣環瓣中瓣手術 (valve-in-MAC procedure)」作為替代方案。為協助瓣膜團隊進行可行性評估，應詳細描述鈣化的分佈情形與瓣環的形狀及尺寸。

中食道長軸視圖可顯示基部中隔與主動脈-二尖瓣夾角 (aortomitral angle)，於心室收縮期時可在主動脈瓣與二尖瓣瓣環之間畫一虛擬線，兩線交會所形成的角度若為銳角，則表示左心室流出道 (LVOT) 阻塞的風險較高。同時也應記錄基礎的 LVOT 壓力梯度、左心室腔室大小、功能與二尖瓣瓣葉長度，以綜合判斷產生阻塞的可能性。

人工二尖瓣疾病

若為二尖瓣位置的機械瓣，TEE 在影像評估方面優於 TTE。然而，目前可用的經皮結構性介入方式，僅限於處理顯著的瓣周逆流 (PVL)。PVL 在 TEE 中較易被觀察到，因其可避開由瓣膜裝置所造成的聲波陰影。整體的影像技術與原生二尖瓣閉鎖不全的檢查方式類似 (見圖 3, C 圖)。若病患為生物瓣膜狹窄和/或瓣膜內逆流，且手術風險極高，則可考慮進行瓣中瓣 (ViV) 手術。不過，仍需同時安排電腦斷層 (CT) 來評估瓣膜尺寸、主動脈-二尖瓣夾角 (aortomitral angle) 與預計置換後的新 LVOT 面積 (neo-LVOT area)。部分接受過二尖瓣環成形術 (annuloplasty) 的病患，若符合條件，也可能成為 TEER 的潛在對象。術前的 TEE 應如同原生 MR 的流程進行，同時需特別著重於確認是否有局部病灶 (如瓣葉翻轉或脫垂)，

以及瓣葉殘餘長度是否足以供夾瓣裝置夾合。

三尖瓣

原生三尖瓣閉鎖不全

隨著三尖瓣邊對邊修復術（tricuspid edge-to-edge repair）技術的出現，對於患有嚴重三尖瓣閉鎖不全（TR）且屬高風險族群的病患，結構性介入治療已成為可行選項。

進行 TEE 篩檢的主要目的是確認 TR 的病因，以及逆流的定位與嚴重程度。不過，由於三尖瓣的影像本身就較難取得，因此此項評估本身具挑戰性。初步評估可在中食道四腔室視窗下觀察到三尖瓣，通常可見中隔葉與前葉。瓣葉有時會被下列結構遮蔽，如：間隔脂肪增生（lipomatous hypertrophy of the interatrial septum）、主動

脈根部擴張，或左心側人工瓣膜。接著將全向角度

（omniplane angle）調整至 60° ，並順時針旋轉探頭，即可取得右心室流入—流出視圖。在此視角中，前葉位於靠近主動脈瓣的位置，而後葉則位於遠端。雙平面影像可進一步觀察中隔葉的構造。從雙腔靜脈視圖（bicaval view）逆時針旋轉探頭，也可獲得其他角度的三尖瓣影像。不過，即使如此，三尖瓣在中食道視窗中仍為最遠離探頭的心瓣膜，且常被近場結構（如房間隔或二尖／主動脈瓣）遮蔽，導致影像受限。此時可進一步推進探頭至深食道或胃內視窗，提升結構清晰度。在深食道視窗中，通常可觀察到中隔葉與前／後葉。透過雙平面與 3D 影像，可判別影像中所呈現的是前葉還是後葉。若進一步將探頭向下推進至胃內視角，並進行前屈

（anteflexion）與

順時針旋轉，即可獲得短軸視圖（角度約 $20^\circ - 40^\circ$ ）。配合雙平面影像，可評估瓣葉間的對合情形，並可明確觀察逆流噴流的確切位置與是否存在對合缺口

（coaptation gap）。若 2D 影像對三尖瓣葉已能清楚呈現，則應在上述任一視窗下進行

3D 影像掃描。由於三尖瓣在空間上的變異性較高，因此需搭配周邊解剖標誌（如主動脈瓣、室間隔、冠狀竇等）以協助瓣葉辨識（見圖 4，A 與 B 圖）。套用彩色多普勒後，可利用逆流口面積（EROA）之平面積法，補足對 TR 嚴重程度的定性與定量評估。

原生三尖瓣狹窄

目前針對三尖瓣狹窄的經皮介入治療選項仍十分有限。最常見的病因是風濕性心臟病，其他較少見的原因包括類癌症候群（carcinoid syndrome）與感染性心內膜炎。TEE 可在診斷過程中提供協助。若出現流速加快、壓力梯度與血流速度升高、以及瓣葉活動度下降等現象，皆代表可能存在顯著狹窄；而三維影像則可進一步量化三尖瓣口面積。目前仍以外科手術為首選的治療方式。

人工三尖瓣疾病

三尖瓣生物瓣功能失調的患者，可能有機會接受瓣中瓣（valve-in-valve）置換術。此類治療目前仍處於研究階段，或屬於標籤外（off-label）使用。若出現瓣周逆流（PVL），可能可以透過經皮封堵裝置加以處理（見圖 4，C 與 D 圖）。診斷與治療規劃需要結合經胸超音波（TTE）、經食道超音波（TEE）與電腦斷層（CT）等多模態影像工具。人工瓣膜狹

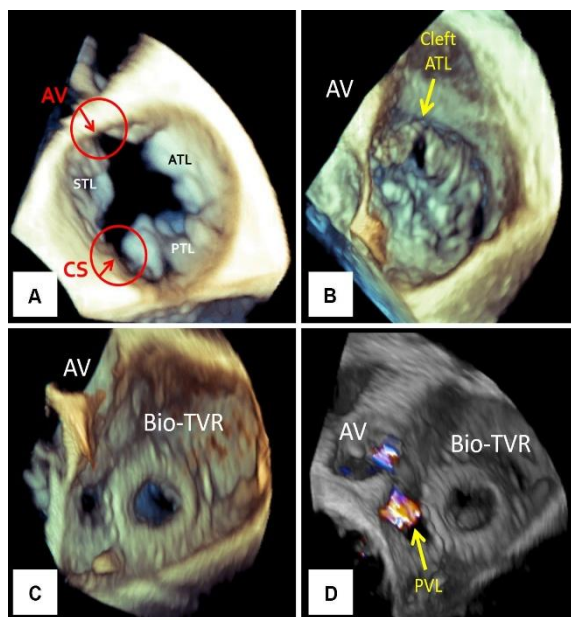


圖 4：三尖瓣三維影像與瓣周逆流顯示
A：三尖瓣 3D 影像與解剖標記（CS 與 AV）。
B：前瓣葉裂隙。
C：Bio-TVR 結構清楚可見。
D：彩色都卜勒顯示瓣周逆流噴流（黃色箭頭）。

窄或逆流的超音波診斷方法，先前已有相關指引詳細說明。

肺動脈瓣

原生肺動脈瓣逆流

肺動脈瓣逆流最常見於先天性心臟病的病患，尤其是曾接受外科手術者，其次為類癌症候群、感染性心內膜炎與風濕性心臟病。這類病患可能被考慮接受經皮肺動脈瓣置換術，使用的裝置如：Melody 瓣膜（美敦力公司，Minneapolis, Minnesota）或 Sapien 瓣膜（愛德華生命科學公司，Irvine, California）。是否進行此類治療，通常需與成人先天性心臟病專科團隊共同評估，並搭配其他影像檢查如電腦斷層（CT）或磁共振造影（MRI）進行綜合判斷。

原生肺動脈瓣狹窄

肺動脈瓣狹窄的評估方式，與主動脈瓣狹窄相似，最常見的病因為**先天性異常**。它常伴隨其他先天性心臟缺陷，例如心房中膈缺損（ASD）或心室中膈缺損（VSD），但也可能單獨存在。風濕性心臟病與類癌症候群也可能是後天性原因。TEE 可協助排除瓣膜下或瓣膜上的狹窄，並可進一步觀察肺動脈瓣，但由於其位於心臟的前側位置，影像取得可能較為困難。

人工肺動脈瓣疾病

人工肺動脈瓣相關的疾病相對少見，其診斷與治療規劃需要**多模態影像的結合**。

患者可能成為接受 Melody 或 Sapien 等瓣膜置入術的對象，這些瓣膜將置於失功能的生物瓣或導管中。這類經皮介入治療可作為傳統手術的替代選項，特別是針對高風險患者。

左心耳封堵術

儘管抗凝治療可有效降低心房顫動患者的中風風險，但其同時也會增加出血風險。為了降低這類出血風險，已開發出多種經皮左心耳（LAA）封堵裝置。目前常用的裝置大致可分為兩大類型：****圓盤—葉瓣式（disc-lobe type）與非圓盤式（non-disc lobe type）****的封閉裝置。

左心耳是一個位於左心房前外側的囊袋狀構造，具有多種形態變異。影像評估從中食道視窗 0° 角度開始，搭配探頭前屈與逐步拉回，即可清楚顯示 LAA。接著全向角度會依序提高至 45°、90° 及 135°（見圖 5，A 圖）。在所有視

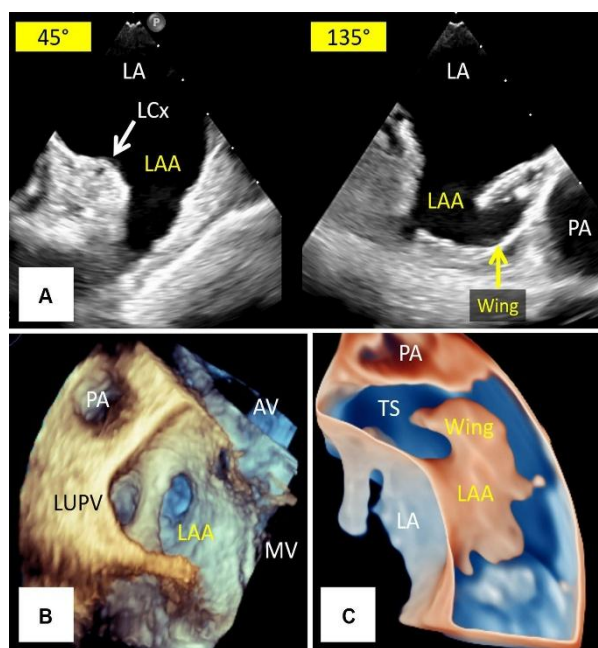


圖 5：左心耳封閉術前 TEE 評估

A：雞翅型 LAA，未見血栓；LCx 作為參考點。

B：LAA 周邊解剖標記（LUPV、MV、AV、PA）。

C：RAO 尾側角度模擬導管攝影對應視角。

註釋縮寫：LA = 左心房；LAA = 左心耳；TS = 橫簾；PA = 肺動脈

角下，均須於心室收縮期測量裝置著床區的寬度與深度（依所使用的裝置而異），並記錄有無血栓、副耳（accessory lobes）、或明顯的櫛肌

（pectinate muscles）突起。副耳的數量與櫛肌的分布可能會影響封堵裝置的選擇。

此外，亦應辨識****左迴旋支（left circumflex artery）****的位置，因為此為決定裝置大小與深度的重要解剖標誌。若使用非圓盤型裝置，LAA 開口（ostium）應自左迴旋支至橢圓窩邊緣前約 2 毫米處量測；深度則自該線中點垂直延伸至 LAA 尖端。若為圓盤—葉瓣型裝置，需分別量測**解剖開口與預期著床區**

（**landing zone**）：開口自二尖瓣環至橢圓窩邊緣，著床區則為該線以下 10–12 毫米處，視裝置大小而定。深度測

量為從開口中點向內壁的垂直距離。

儘管較新一代裝置對深度要求較低，但仍應記錄，因每款裝置皆有其最小深度需求。3D 影像多在 45° 時進行，並可加上脈衝波多普勒（Pulsed Doppler）以測量 LAA 排空速度。3D 影像在確認著床區與開口直徑方面特別有用，也可協助觀察 LAA 的形態特徵，並可使用擬真影像技術（如 TrueVue / GlassVue，飛利浦醫療）來強化可視性（見圖 5，B 與 C 圖）。

此外，也應檢查房間隔（IAS），以評估橫隔穿刺（transseptal puncture）理想位置，通常以偏下且偏後的位置最有利於對準 LAA 軸線。

心房中膈缺損（Atrial Septal Defects, ASD）

最常見的心房中膈缺損為繼發性 ASD（secundum type），其發生於卵圓窩（fossa ovalis）區域，且可透過經皮封閉裝置進行治療。而上型靜脈竇 ASD（superior sinus venosus type），則可能經由覆膜支架（covered stent）進行經皮封閉。在進行封閉前，需使用 TEE 進行完整篩檢，評估缺損影像與尺寸。

是否符合封閉適應症，通常透過 TTE 判定，包括以下條件：

- 右心室擴大
- 肺血與體循環血流比（ $Q_p:Q_s$ ） > 1.5
- 肺血管阻力（PVR） $<$ 系統血管阻力的 $1/3$
- 肺動脈收縮壓（PASP） $<$ 系統動脈壓的 50%

若 PVR 或 PASP 升高，則需與成人先天性心臟病與肺高壓專科團隊進行多學科討論。

TEE 評估會在上食道視窗以每 15° 逐步掃描房間隔（IAS），此方法可觀察 ASD 上方、上腔靜脈與主動脈的關係。接著將探頭推進至中食道四腔室視圖，此視角可同時看到 ASD、二尖與三尖瓣，並量測 ASD 後緣與房室環緣。自約 30° 起持續順時針旋轉，可觀察到短軸視圖，並量測 ASD 與主動脈、後緣的距離。進一步增加角度至雙腔靜脈視圖，可評估上下腔靜脈邊緣，並檢查是否有異常的肺靜脈回流。在此視圖下亦可進行 3D 影像掃描，ASD 可從左心房或右心房方向呈現。量測最大缺損尺寸，有助於預測封閉裝置的尺寸。此外，若有多孔性 ASD 或分隔型缺損，也須特別註記，因其可能會影響所需裝置的數量與類型。同時，亦應評估周邊組織邊緣（rims）是否足夠，作為封閉的條件。

卵圓孔未閉（Patent Foramen Ovale, PFO）：

卵圓孔未閉約存在於 25% 的一般人口中，是一種由原始

中膈與次級中膈間的通道所構成的生理變異。該通道主要在中食道視圖中評估，其分流的方向與存在與否，可透過彩色都卜勒初步觀察。調整

Nyquist 限值至 <40 cm/sec 有助於分流清楚顯示。可於病患靜息與 Valsalva 動作（或按壓腹部後突然釋放）時注射攪拌過的鹽水（氣泡試驗），當右心房顯影後可評估是否有右向左分流。

在報告中，應記錄以下內容：

- PFO 大小
- 通道長度（tunnel length）
- 是否合併心房中膈瘤（atrial septal aneurysm）

心室中膈缺損（Ventricular Septal Defects, VSD）

心室中膈缺損（VSD）是先天性心臟病中最常見的異常之一。若出現顯著的左向右分流（ $Q_p:Q_s > 1.5$ ）以及逐漸加重的左心室擴大，則病患可能需要接受介入治療。

肌肉型 VSD（muscular VSD）可能為先天或後天（如心肌梗塞後）所致，若滿足以下條件，可能成為經皮封閉的候選者：

- $Q_p:Q_s > 1.5$
- 肺血管阻力（PVR） $<$ 系統血管阻力的 $1/3$
- 肺動脈收縮壓（PASP） $<$ 系統壓力的 50%

相對地，**出口型 (outlet) 與房室管型 VSD

(atrioventricular canal type) **則需外科手術封閉。

****膜周型 VSD**

(perimembranous VSD) **約占有 VSD 的 80%，也通常需外科處理，但已有部分研究報告其在特定情況下可接受標籤外的經皮封閉。

膜周型 VSD 常合併以下併發症：

- 中膈瘤 (septal aneurysm)
- 主動脈瓣葉脫垂
- 顯著主動脈逆流
- 主動脈下狹窄

TEE 可協助 VSD 的**定位與尺寸量測**。應在所有可觀察室中膈的視圖中進行 2D 與彩色都卜勒影像，並逐步調整全向角度。若條件允許，亦應在所有視角下進行雙平面與 3D 影像掃描。

在中食道短軸視圖中，膜周型 VSD 會靠近三尖瓣顯現。

出口型 VSD 則位於肺動脈瓣附近。此視圖也應仔細檢查右心室流出道，透過連續波 (CW) 都卜勒評估是否存在顯著狹窄。

****入口型 VSD (inlet VSD) ****通常可在中食道四腔室或胃內視圖中看到。若將探頭稍微前屈或拉回，於短軸視圖下可於二尖瓣水平下方，於後側室中膈位置觀察到 VSD。若能將 VSD 血流與超音波束方向對準，即可計算右心室收縮壓 (RVSP) = 系統收縮壓 - VSD 跨越壓力梯度。當全向角度旋轉至中食道長軸視圖時，亦可觀察**主動脈瓣葉脫垂與逆流**。此外，也應測量 VSD 上緣至主動脈瓣的距離。若在中食道無法清楚顯示 VSD，應轉至胃內視窗，逐步調整每 15° 角度，搭配彩色都卜勒進行精細掃描。

此外，也可能遇到一種特殊缺損：**Gerbode 缺損**，即左心室與右心房之間存在異常分流。此缺損多為醫源性

(iatrogenic)，也可能為先天性或感染性心內膜炎所致。評估重點包括：

- 缺損的**位置與大小**
- 分流的**方向與程度**

若無周邊結構受損風險，則可考慮進行**經皮封堵**處理。

結論

儘管並非所有結構性心臟介入治療的規劃都必須仰賴 TEE，但當需要額外、且經常是關鍵的資訊時，TEE 依然是一項**強而有力的工具**。三維影像的應用能提升對病灶的理解與特性分析，因此應作為常規工具納入檢查流程。經皮結構性介入手術為病患提供了另一種治療選擇，而一份**完整的 TEE 檢查**將能確保心臟團隊為病患做出最合適的臨床決策。

參考文獻

1. Curr Cardiol Rep. 2023 Mar;25(3):97-107