

經導管二尖瓣置換術之現況

王思翰^{1,2} 李政翰³

¹ 國立成功大學醫學院附設醫院 內科部心臟血管科

² 國立成功大學醫學院

³ 台南市立醫院 心臟內科

摘要

二尖瓣逆流是現行最常見之心臟瓣膜疾病，而二尖瓣本身也有著特別複雜的結構，致使在外科手術、經導管緣對緣夾合二尖瓣膜修補手術(Transcatheter edge-to-edge mitral valve repair, TEER)都已日漸成熟的今日，仍有未能完滿之處。因此，經導管二尖瓣置換術(Transcatheter mitral valve replacement, TMVR)也因此而生。此技術原是經心尖置放(Transapical)，但近日經股靜脈置放(Transfemoral)亦在成熟中。術前、術中與術後都需要精準的影像評估才能將瓣膜準確固定並將血栓出血等風險降到最低。此文將討論TMVR之影像評估、瓣膜種類、常見併發症與未來之展望。

關鍵詞：二尖瓣逆流 (Mitral regurgitation)

外科二尖瓣修復 / 置換術 (Surgical mitral valve repair/replacement)

經導管二尖瓣置換術 (Transcatheter mitral valve replacement, TMVR)

經導管緣對緣夾合二尖瓣膜修補手術 (Transcatheter edge-to-edge mitral valve repair, TEER)

左心室出口通道阻塞 (Left ventricular outflow tract obstruction)

引言

二尖瓣逆流是目前常見的瓣膜心臟疾病¹。外科二尖瓣修復 / 置換術 (Surgical mitral valve repair/replacement) 帶來良好的預後，但仍有大量的病患因為手術的高風險而拒絕這樣的手術²。因此，近年來數種經導管介入式的治療方式開始興起，包括近期熱門的經導管緣對緣夾合二尖瓣膜修補手術 (Transcatheter edge-to-edge mitral valve repair, TEER)。然而 TEER 仍然有

其限制，包括無法對應所有的解剖變異，如太厚或是鈣化的瓣膜，過短的二尖瓣後葉、無法完全修復瓣膜逆流以及預防疾病惡化^{3,4}。因此經導管二尖瓣置換術 (Transcatheter mitral valve replacement, TMVR) 便在這樣的情況之下應運而生。

二尖瓣結構與人工瓣之固定

二尖瓣本身是個 D 型、多變的馬鞍狀結構，其尺寸會隨著病患身上體液多寡與血循動力學

狀況不斷變化。除此之外，二尖瓣除了瓣膜本體，亦包含了複雜的瓣膜下結構 (Subvalvular components)，如數條腱索、乳突肌，裝置置放的過程中意外箝制的風險都因此而上升。相較於接受經導管主動脈置換術 (TAVR) 的病患，二尖瓣的鈣化程度一般也較低⁵，且較不對稱 (常見於後方與正前方，兩側則較少見)，缺乏可以牢固的基礎，增加人工瓣膜置放的困難，間接增加人工瓣膜旁滲漏 (Paravalvular leakage) 與人工瓣膜血栓 (Prosthesis thrombosis) 的風險。因此人工二尖瓣在研發時加入了幾種構思來增加瓣膜的牢固性：1) 加入 D 型骨架來吻合二尖瓣構型；2) 加入心尖拴繩 (Apical tether)；3) 以較原生瓣膜大的人工瓣膜來給予輻射狀的固定力量；4) 利用突出的樑 (Tabs) 或齒 (Tines) 來增加人工瓣膜與二尖瓣緣的吻合；5) 錨定在二尖瓣或腱索上。

除此之外，由於二尖瓣鄰近左心室出口通道 (Left ventricular outflow tract, LVOT)，因此 LVOT 阻塞是 TMVR 的重大副作用之一。再者二尖瓣逆流的成因多樣，不若主動脈狹窄主要由鈣化而起，處理上也因此更加困難⁶。

TMVR 適應症

有症狀的嚴重二尖瓣疾病病患一但無法接受外科的二尖瓣手術就會成為 TEER 或是 TMVR 的潛在對象。TMVR 目前仍在研究階段，不若 TEER 中的 Mitraclip 儘管會有較高的殘餘二尖瓣逆流 (residual MR)，已經證實在症狀和存活率上都有相當於外科手術的幫助⁷。目前為止關於 TMVR 的文獻仍十分有限。現行有症狀且手術風險過高或無法手術的二尖瓣逆流，若解剖結構允許則建議使用 TEER 治療。TEER 經以原發性二尖瓣逆流 (primary MR) 病例為主的 EVEREST II trial 證實相較外科治療能在比較安全的情境之下達到相當的臨床效果⁸。在次發性二尖瓣逆流 (secondary MR) 也扮演著類似的角色，在 COAPT trial 中證實可以降低病患之 all-cause mortality^{9,10}。因此，若無法使用 TEER 才考慮使用 TMVR，但其臨床上的證據則更加

有限。

術前影像評估

二尖瓣逆流的嚴重度、成因、病理機轉、二尖瓣狹窄與否或是其他瓣膜的異常在術前都需要仔細地被評估。術前影像評估可以幫助評估術中需要用到的裝置器械尺寸、潛在的風險與適合的穿刺部位。

一、心臟超音波 (Echocardiography)

經胸前心臟超音波 (Transthoracic echocardiography) 是術前必須的檢查，能在非侵入性的前提之下評估解剖結構與二尖瓣逆流病理機轉。

經食道超音波 (TEE) 在術前判斷是否有任何程度的二尖瓣狹窄或是判斷 TMVR 術中重要標的的位置 (心中膈穿刺的位置、二尖瓣吻合面等) 上有更好的判斷力¹¹。在術中 TEE 也可提供醫療團隊持續的影像導引。TEE 的 bicaval 和 aortic short-axis view 可以幫助確認合適的心中膈穿刺位置。TEE 也可以幫助確認 TMVR 的人工瓣膜相對原生二尖瓣的位置¹²。

二、心臟電腦斷層 (Cardiac Computed Tomography)

儘管 TEE 已可提供大量資訊，顯影劑細切心臟電腦斷層 (Contrast-enhanced thin-sliced CCT) 可以提供大量毫米級以下的精細空間資訊，加速精準的二尖瓣幾何評估和二尖瓣環的丈量。在 TMVR 之前，心臟電腦斷層是必要的¹¹。

心臟電腦斷層可對二尖瓣環鈣化提供最詳細的定量和定性檢查。包括鈣化的高度、厚度與延伸範圍 (0 到 360 度)。除此之外，心臟電腦斷層對於 TMVR 的併發症預測也有一定的幫助，例如左心室出口 (LVOT) 阻塞。左心室出口阻塞是 TMVR 早期預後不良的重要指標。儘管目前 TMVR 後 LVOT 阻塞的成因還不被完全了解，目前已知的風險因子包括：二尖瓣和主動脈瓣平面呈現銳角夾角、二尖瓣和心中膈距

離、心中膈厚度、人工瓣在心室端的大小與他伸展到心室端裡的長度、較小的二尖瓣到心尖距離、二尖瓣前葉長度與人工瓣與二尖瓣環平面的同軸度 (Coaxiality)。

被人工瓣膜向前推擠後的二尖瓣前緣、人工瓣膜以及左心室前壁側 (Antero-septal wall) 之間形成了「新左心室出口通道」(Neo-LVOT)¹³。Neo-LVOT 的大小可以透過軟體去分段計算重組出的假想柱狀體體積來獲取。其後，neo-LVOT 在整個心臟週期中的大小也可以透過軟體模擬出來。人工瓣膜在心房和心室間放置的比例 (atrial-ventricular ratio) 也會顯著影響 LVOT 阻塞的風險。較靠心室的置放會引起較大的 LVOT 阻塞風險。原則上，人工瓣膜建議選擇稍微過大的尺寸，可以降低血栓和瓣膜周圍滲漏的風險 (Paravalvular leakage)。

有文獻指出若 neo-LVOT 截面積小於 1.7cm^2 ，可以預見會發生 LVOT 阻塞 (Sensitivity: 96.2%, Specificity: 92.3%)，但該文獻使用的人工瓣膜並不是為了 TMVR 而設計的¹⁴。近期的文獻也指出，影像估計 (estimated) 與實際觀察 (Observed) 到的 LVOT 阻塞在使用平常的量測方法時關係薄弱。neo-LVOT 在收縮中晚期 (mid-late systole) 會較小，因此可以改以量測平均或是收縮早期的 LVOT 大小來評估。如此一來可以顯著增加 LVOT 阻塞的預測能力¹⁵。

心臟電腦斷層也可以基於心中膈特性與二尖瓣的相對位置評估心中膈穿刺最合適的位置。若是胸腔電腦斷層將可以幫助評估經心尖 TMVR (Transapical TMVR) 穿入的理想肋間位置¹⁶。此外電腦斷層也可以提供病患股靜脈與主動脈彎曲程度的相關資訊。

三、心臟核磁共振檢查 (Cardiac magnetic resonance)

心臟核磁共振可以準確的定量二尖瓣逆流的流量與比例且可以在無游離輻射的情況下提供 3D 重組影像，但是空間解析度上則完全無法跟心臟電腦斷層相比。再者心臟核磁共振的 3D 重組影像一般是心臟舒張期時擷取的，因此無法用以評估 LVOT 阻塞的風險¹¹。

TMVR 人工瓣膜概論

目前市面上大致有 9 種不同的 TMVR 產品在接受臨床試驗評估。我們舉目前最常見的 TENDYNE 來加以討論。

TENDYNE

TENDYNE 包含了兩個由鎳鈦合金構成的自張型框架和一個豬心包膜組成的三瓣瓣膜。人工瓣膜的外環可以吻合二尖瓣環。瓣膜的直立面必須對齊主動脈和二尖瓣前緣的界面 (Aorto-mitral continuity)。人工瓣膜的另一端有一個編織的高分子量聚乙烯繫帶固定在心尖心外膜的襯墊上 (附圖)。此系統是可以在置放後再固定 (repositioning) 且可回收的，繫帶的長度與鬆緊度需調整至人工瓣膜適當放置且二尖瓣回流與人工瓣膜脫落的風險皆最低的狀況¹⁷。

目前有兩個針對 TENDYNE 瓣的置放與臨床結果的研究^{18,19}，在 TENDYNE 瓣置放後追蹤了 109 個患者進行了可行性研究，成功率高達 97.2% (106 人)。住院或 30 日後有 5.5% 的死亡率，1.8% 的中風率以及 19.3% 的大量或危及性命的出血風險 (Major or life threatening bleeding)，99% 的二尖瓣逆流減到了微量甚至無的情況。一年後的追蹤則發現死亡率達到 26%，26 例中有 22 例是因為心血管意外死亡。兩年後死亡率達 39%，主因是難治的心衰竭 (14%)。但瓣膜在一年或兩年的追蹤皆不見輕度以上 (\geq mild) 的逆流²⁰。另一篇文獻則是追蹤了 36 位 TMVR 後的患者的心臟電腦斷層，發現病患在舒張末期容積、左心室射出率、左心室質量等關於左心室重塑 (Left ventricular remodeling) 等指標都表現出顯著的進步²¹。



附圖：Tendyne 人工瓣膜

目前，SUMMIT (Clinical Trial to Evaluate the Safety and Effectiveness of Using the Tendyne Mitral Valve System for the Treatment of Symptomatic Mitral Regurgitation; NCT03433274) 試驗嘗試比較用 TENDYNE 瓣行 TMVR 和用 Mitraclip 做 TEER 的病患之預後。

臨床觀點

TMVR 的發展很大一部分是為了治療更多 TEER 所不能修復的瓣膜結構異常與損傷，但高達近 50% 的病患在許多 TMVR 試驗的評估階段就已被排除。主要是由於二尖瓣環太大、太小或過高的 LVOT 阻塞風險，但這與 TMVR 發展的初衷相互矛盾^{15,19,22,23}。預期之後各種人工瓣膜將出現更多不同的尺寸選擇，進而提升 TMVR 的可行性。

經心尖或經股靜脈

目前大部分的 TMVR 都是經心尖 (Transapical) 植入的，因為早期的 TMVR 瓣膜皆是如此植入的。經心尖提供了更直接的置放途徑且最大程度地縮短了導引管 (Introducer) 到二尖瓣的距離。但數個研究也指出因為心尖穿刺帶來無可避免的心肌傷害²⁴ 與左側開胸後帶來的較長住院時間帶來了較多有害的影響。在衰弱或較多共病的病患身上尤其明顯。因此如何降低整套系統的口徑與如何將其彎曲到可以透過導線推送穿過心中膈完成置放成為了現行工程上最大的挑戰。經過數個世代不同裝置的試驗後，目前已有多種經股靜脈 (transfemoral) TMVR 裝置都能成功運作。目前統計上，置放成功率經股靜脈與經心尖並沒有顯著的差異，但經股靜脈的死亡率稍低。經股靜脈置放降低術後住院時間，但也同時引起是否需要關閉心中膈穿刺裂隙的議題。近期一個 TEER 的研究在隨機選擇關閉心中膈穿刺傷口與否上並沒有顯現出較好的預後²⁵。

中風風險

中風是心臟介入手術 (structural heart procedure) 其中一個畏人的併發症。現行 TMVR

的病患早期的中風率大約 4%²⁶，高於 TEER，但與 TAVR 的數據差不多²⁷。這樣的數據與醫師的學習曲線和使用初代的人工瓣膜系統有關，且目前為止預防血栓的器械在 TMVR 術中並不常見，可能也與此有關。在 TEER 的試驗中腦中風保護系統 (Cerebral protection system) 被證實是可行的且有非常高的機率 (近 100%) 能在術中捕捉到血栓²⁸。TMVR 的過程中是否可以使用這樣的系統以及手術前中後的抗血栓藥物都是很重要的議題。

出血風險

另一個需要關注的議題則是早期發生的大量或致命出血的高盛行率。這除了歸咎於抗凝劑的使用之外也牽扯到了現行無論經心尖或是經股靜脈仍然大口徑的導管系統。事實上之前就曾經有大型研究顯示經心尖 TMVR 的 30 天內在手術風險 (因出血) 高達 10%²⁹。除此之外，術後 30 日的大量 / 致命出血風險在經心尖和經股靜脈兩種途徑上不相上下，但這來自大部分由經心尖 TMVR 患者所組成的研究。

LVOT 阻塞

另一個限縮 TMVR 發展的緊箍咒則是前面提到的 LVOT 阻塞 (LVOT obstruction)。但推測可能是因為精準的術前影像分析排除了許多高風險的患者，LVOT 阻塞目前僅出現在一小部分的患者中 (<1%)³⁰。在使用可回收 (recapturable) 的 TMVR 系統時，同時使用 TEE 去判斷 LVOT 阻塞與否將可以幫助即時作出調整。不過病患在 TMVR 完成後，血液動力學會發生變化，因此術後數小時仍然需要再次仔細的檢視瓣膜與 LVOT 的情況。

目前有數種方式可以預防或是處理術後的 LVOT 阻塞。包括心中膈酒精消融、射頻燒灼術、對吻氣球擴張 (Kissing balloon technique) 與 TMVR 後 TAVR (經導管主動脈瓣置換術)³¹。另外一種形式是使用經皮二尖瓣前葉切開術 (Percutaneous laceration of the AML to prevent outflow obstruction, LAMPOON) 來進行。現行的文獻認為這是個未來可行的方式³²，但在特定

的 TMVR 裝置(如 Evoque) 中這是不可行的，因為此裝置需要抓住二尖瓣來固定。

瓣膜功能

基本上 TMVR 瓣膜若被妥善地放置都可以顯著地降低二尖瓣逆流的程度。若撇除不成功置放的個案，很少有個案在放置 TMVR 後出現超過輕微二尖瓣逆流以上的病狀。

但部分的病患則在術後 30 日和 1 年出現瓣膜血栓 (valve thrombosis) 的問題。其盛行率分別大約是 2.0% 與 3.5%^{19,30}，因此患者的抗血栓策略也引起了討論。其實，在抗凝血藥物還未被強制給予的時候，Tendyne 人工瓣的瓣膜血栓率高達 17.1%(35 人有 6 人)。後來在 Warfarin 的使用下，就沒有再出現血栓案例¹⁹。因此現行大多 TMVR 裝置在放置後都建議使用 3 到 6 個月的抗維生素 K 藥物。至於抗血小板藥物的使用在各型瓣膜中試驗中則不盡一致，仍未有共識。

TMVR 術後使用何種抗凝血藥物以及是否使用抗血小板藥物仍需討論。

TMVR 和 TEER

目前的文獻顯示 TMVR 的術後瓣膜功能與殘留的二尖瓣逆流情形都優於 TEER。TEER 後有近 6% 病患出現再發的顯著二尖瓣逆流³³。但 TMVR 在手術安全性和心血管副作用的部分則較 TEER 差。因此，在有顯著適合 TEER 的病患身上並不推薦使用 TMVR，但在不適用 TEER 的高危險族群中，TMVR 則成為了極好的選擇。病患 TEER 的失敗機率與二尖瓣逆流復發的可能性必須被審慎考量，因為 TEER 將窄縮後續 TMVR 瓣膜的選擇。因此病患二尖瓣逆流的成因應被審慎評估。

目前仍在進行中的 SUMMIT trial 將評估 TMVR 與 TEER 在二尖瓣逆流病患中扮演的角色。

結 論

TMVR 是目前二尖瓣疾病治療的一線曙光，幫助突破許多 TEER 與外科手術無法克服

的障礙。但目前發展仍受到不少來自二尖瓣複雜結構引起的限制，TMVR 術前的病患評估與選擇因此而至關重要。目前有 9 種 TMVR 裝置正在接受研究，其中有 6 種有望可以改以經股靜脈的形式來置放。經股靜脈的形式帶來了相仿甚至更好的臨床結果。更多關於 TMVR 的研究仍在進行以更加了解 TMVR 的實用性與安全顧慮，值得我們關注。

Acknowledgement

Tendyne is a trademark of Abbott or its related companies. Reproduced with permission of Abbott, © 2023. All rights reserved.

Reference:

1. Kataria R, Castagna F, Madan S, et al. Severity of Functional Mitral Regurgitation on Admission for Acute Decompensated Heart Failure Predicts Long-Term Risk of Rehospitalization and Death. *J Am Heart Assoc* 2022;11(1):e022908.
2. Mirabel M, Iung B, Baron G, et al. What are the characteristics of patients with severe, symptomatic, mitral regurgitation who are denied surgery? *Eur Heart J* 2007;28(11):1358-65.
3. Nishimura RA, Vahanian A, Eleid MF, Mack MJ. Mitral valve disease--current management and future challenges. *Lancet* 2016;387(10025):1324-34.
4. Chiarito M, Pagnesi M, Martino EA, et al. Outcome after percutaneous edge-to-edge mitral repair for functional and degenerative mitral regurgitation: a systematic review and meta-analysis. *Heart* 2018;104(4):306-12.
5. Chen HY, Engert JC, Thanassoulis G. Risk factors for valvular calcification. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 2019;26(2):96-102.
6. Del Forno B, De Bonis M, Agricola E, et al. Mitral valve regurgitation: a disease with a wide spectrum of therapeutic options. *Nat Rev Cardiol* 2020;17(12):807-27.
7. Feldman T, Kar S, Elmariam S, et al. Randomized Comparison of Percutaneous Repair and Surgery for Mitral Regurgitation: 5-Year Results of EVEREST II. *J Am Coll Cardiol* 2015;66(25):2844-54.
8. Feldman T, Foster E, Glower DD, et al. Percutaneous repair or surgery for mitral regurgitation. *N Engl J Med* 2011;364(15):1395-406.
9. Stone GW, Lindenfeld J, Abraham WT, et al. Transcatheter Mitral-Valve Repair in Patients with Heart Failure. *N Engl J Med* 2018;379(24):2307-18.
10. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 2022;43(7):561-632.
11. Alperi A, Granada JF, Bernier M, Dagenais F, Rodés-Cabau J. Current Status and Future Prospects of Transcatheter Mitral

- Valve Replacement: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol* 2021;77(24):3058-78.
12. Mackensen GB, Lee JC, Wang DD, et al. Role of Echocardiography in Transcatheter Mitral Valve Replacement in Native Mitral Valves and Mitral Rings. *J Am Soc Echocardiogr* 2018 ;31(4):475-90.
 13. Blanke P, Naoum C, Dvir D, et al. Predicting LVOT Obstruction in Transcatheter Mitral Valve Implantation: Concept of the Neo-LVOT. *JACC Cardiovasc Imaging* 2017;10(4):482-5.
 14. Yoon SH, Bleiziffer S, Latib A, et al. Predictors of Left Ventricular Outflow Tract Obstruction After Transcatheter Mitral Valve Replacement. *JACC Cardiovasc Interv* 2019;12(2):182-93.
 15. Meduri CU, Reardon MJ, Lim DS, et al. Novel Multiphase Assessment for Predicting Left Ventricular Outflow Tract Obstruction Before Transcatheter Mitral Valve Replacement. *JACC Cardiovasc Interv* 2019;12(23):2402-12.
 16. Blanke P, Park JK, Grayburn P, et al. Left ventricular access point determination for a coaxial approach to the mitral annular landing zone in transcatheter mitral valve replacement. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2017;11(4):281-7.
 17. Muller DWM, Farivar RS, Jansz P, et al. Transcatheter Mitral Valve Replacement for Patients With Symptomatic Mitral Regurgitation: A Global Feasibility Trial. *J Am Coll Cardiol* 2017;69(4):381-91.
 18. Sorajja P, Gössl M, Babaliaros V, et al. Novel Transcatheter Mitral Valve Prosthesis for Patients With Severe Mitral Annular Calcification. *J Am Coll Cardiol* 2019;74(11):1431-40.
 19. Sorajja P, Moat N, Badhwar V, et al. Initial Feasibility Study of a New Transcatheter Mitral Prosthesis: The First 100 Patients. *J Am Coll Cardiol* 2019;73(11):1250-60.
 20. D., M., Two-year outcomes of Tendyne Transcatheter Mitral Valve Implantation (TMVI) to treat symptomatic severe mitral regurgitation. Presented at: PCR e-course 2020. June 25–27, 2020. Online. Available at: <https://www.tctmd.com/slide/transapical-ii-tendyne-device-description- results-and-ongoing-studies>. Accessed October 20, 2020.
 21. Fukui M, Sorajja P, Gössl M, et al. Left Ventricular Remodeling After Transcatheter Mitral Valve Replacement With Tendyne: New Insights From Computed Tomography. *JACC Cardiovasc Interv* 2020;13(17):2038-48.
 22. Alperi A, Dagenais F, Del Val D, et al. Early Experience With a Novel Transfemoral Mitral Valve Implantation System in Complex Degenerative Mitral Regurgitation. *JACC Cardiovasc Interv* 2020;13(20):2427-37.
 23. Niikura H, Gössl M, Kshetry V, et al. Causes and Clinical Outcomes of Patients Who Are Ineligible for Transcatheter Mitral Valve Replacement. *JACC Cardiovasc Interv* 2019;12(2):196-204.
 24. Ribeiro HB, Nombela-Franco L, Muñoz-García AJ, et al. Predictors and impact of myocardial injury after transcatheter aortic valve replacement: a multicenter registry. *J Am Coll Cardiol* 2015;66(19):2075-88.
 25. Lurz P, Unterhuber M, Rommel KP, et al. Closure of Iatrogenic Atrial Septal Defect After Transcatheter Mitral Valve Repair: The Randomized MITHRAS Trial. *Circulation* 2021;143(3):292-4.
 26. Puls M, Lubos E, Boekstegers P, et al. One-year outcomes and predictors of mortality after MitraClip therapy in contemporary clinical practice: results from the German transcatheter mitral valve interventions registry. *Eur Heart J* 2016;37(8):703-12.
 27. Auffret V, Regueiro A, Del Trigo M, et al. Predictors of Early Cerebrovascular Events in Patients With Aortic Stenosis Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol* 2016;68(7):673-84.
 28. Frerker C, Schlüter M, Sanchez OD, et al. Cerebral Protection During MitraClip Implantation: Initial Experience at 2 Centers. *JACC Cardiovasc Interv* 2016;9(2):171-9.
 29. Bapat V, Rajagopal V, Meduri C, et al. Early Experience With New Transcatheter Mitral Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol* 2018;71(1):12-21.
 30. Webb J, Hensey M, Fam N, et al. Transcatheter Mitral Valve Replacement With the Transseptal EVOQUE System. *JACC Cardiovasc Interv* 2020;13(20):2418-26.
 31. Lisko J, Kamioka N, Gleason P, et al. Prevention and Treatment of Left Ventricular Outflow Tract Obstruction After Transcatheter Mitral Valve Replacement. *Interv Cardiol Clin* 2019;8(3):279-85.
 32. Khan JM, Babaliaros VC, Greenbaum AB, et al. Anterior Leaflet Laceration to Prevent Ventricular Outflow Tract Obstruction During Transcatheter Mitral Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol* 2019;73(20):2521-34.
 33. Nickenig G, Estevez-Loureiro R, Franzen O, et al. Percutaneous mitral valve edge-to-edge repair: in-hospital results and 1-year follow-up of 628 patients of the 2011-2012 Pilot European Sentinel Registry. *J Am Coll Cardiol* 2014;64(9):875-84.

Transcatheter Mitral Valve Replacement

Szu-Han Wang¹, Cheng-Han Lee²

*¹Division of Cardiology, Department of Internal Medicine,
National Cheng Kung University Hospital, College of Medicine,
National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan*

²Tainan Municipal Hospital, Tainan, Taiwan

Mitral regurgitation is one of the most dominant valvular heart disease contemporary. However, the complicated structure of mitral valve still leads to treatment difficulties even with the well-developed surgical treatment or transcatheter edge-to-edge mitral valve repair (TEER) technique. Thus, transcatheter mitral valve replacement (TMVR) was developed. This originally transapically technique has transferred to transfemoral ones. Peri-procedure image is necessary to help planning, guiding and following the valve placement, which declines the risk of embolism and other complication. This article discussed about the image evaluation, Tendyne valve and the future of TMVR.