

# L'impianto di corde tendinee artificiali per via transapicale nel trattamento dell'insufficienza mitralica degenerativa

## *Transapical off-pump mitral valve repair with ptfе chord implantation*

**Luigi Martinelli; Leopoldo Bardaro**

Struttura Complessa di Cardiocirurgia  
ICLAS Istituto Clinico Ligure di Alta Specialità – Rapallo

### ABSTRACT

#### Background

Il sistema NeoChord DS 1000 (NeoChord, Inc., Minneapolis, Minnesota) è una tecnica minimamente invasiva di riparazione della valvola mitralica che si realizza mediante l'impianto di corde tendinee artificiali in PTFE per via transapicale senza circolazione extracorporea, utilizzando l'ecocardiografia come unica metodica di imaging intraoperatorio. Allo scopo di valutare la fattibilità, la sicurezza e i risultati a 12 mesi, abbiamo analizzato la casistica iniziale di 3 Centri italiani, utilizzando questa metodica in pazienti con rigurgito mitralico (MR) dovuto a prolasso o flail del lembo posteriore.

#### Metodi

Da luglio 2015 a novembre 2016, 34 pazienti con MR severa sono stati selezionati per l'impianto transapicale di Neo-Chordae in 3 centri in Italia. In tutti i pazienti il successo procedurale è stato valutato secondo i criteri del Mitral Valve Academic Research Consortium (MVARC) a 30 giorni e analizzando i risultati a medio termine durante il follow-up a 6 e 12 mesi.

#### Risultati

L'età media dei pazienti era  $64,7 \pm 11$  anni, 26 erano maschi (76%) e l' STS score medio era 1,06% (0,46-1,12). Venticinque pazienti avevano una malattia isolata dello scallo centrale del lembo posteriore (P2) e 9 pazienti avevano un coinvolgimento multisegmento del lembo posteriore. Il successo procedurale è stato ottenuto in 31 su 34 pazienti. Un paziente è deceduto per insufficienza respiratoria durante il ricovero e in due pazienti si è resa necessaria la conversione a chirurgia tradizionale. Alla dimissione 25 pazienti (80,6%) avevano MR  $\leq$  lieve e 6 pazienti avevano MR moderata. In due pazienti si è manifestata una recidiva precoce di insufficienza mitralica che ha richiesto il reintervento. Dei restanti 29 pazienti, 22 hanno completato il follow-up a 6 mesi, tutti avevano un MR  $\leq$  moderato e hanno mostrato un miglioramento significativo nella classe funzionale NYHA ( $P < 0,001$ ). Dieci pazienti hanno raggiunto 12 mesi di follow-up, tutti avevano MR  $\leq$  moderata e 9 (90%) avevano classe NYHA I.

#### Conclusione

La riparazione della valvola mitrale con il sistema NeoChord DS1000 per insufficienza mitralica degenerativa dovuta a prolasso o flail del lembo mitralico posteriore appare fattibile e sicura. La sua efficacia è mantenuta fino a 1 anno, mostrando significativi benefici clinici e miglioramento della classe funzionale. Dai dati disponibili appare come la principale determinante del successo sia rappresentata dalla corretta indicazione anatomica.

**Parole chiave:** Insufficienza mitralica degenerativa; Riparazione della valvola mitrale; Corde tendinee artificiali.

#### Background

*The NeoChord DS 1000 system (NeoChord, Inc., Minneapolis, Minnesota) is a novel minimally invasive technique of mitral valve repair (MVR) consisting in off-pump beating heart trans apical implantation of artificial neo-chordae under transesophageal echocardiography guide. The goal of this study was to evaluate the feasibility, safety and up to 12 months outcome of the NeoChord DS1000 system in patients with primary mitral regurgitation (MR) due to leaflet(s) prolapse or flail.*

#### Methods

*From July 2015 to November 2016, 34 patients with severe primary MR were selected for transapical implantation of Neo-*

*Chordae at 3 centers in Italy. Mitral Valve Academic Research Consortium (MVARC) procedural success criteria were evaluated at 30 days and during a follow-up at 6 and 12 months.*

### **Results**

*The mean age was  $64.7 \pm 11$  years, 26 were male (76%) and mean STS repair score was 1.06% (IQR 0.46-1.12). Twenty five patients had isolated central PML (P2) disease and 9 patients had other or multisegment disease involvement. Thirty days MVARC procedural success obtaining MR  $\leq$  moderate was achieved in 31 of 34 patients. One patient died of respiratory failure during early postoperative period (in hospital mortality 2.9%), and 2 patients underwent conversion to traditional valve surgery due to functional failure and residual significant MR. At discharge 25 patients (80,6%) had MR  $\leq$  mild and 6 patients had moderate MR. Two patients experienced early device failure with recurrent severe MR and underwent additional valve surgery (at 61 and 129 days after implantation). Out of the remaining 29 patients, 22 reached 6 months follow up, all had MR  $\leq$  moderate and showed significant improvement in NYHA functional class ( $P < 0.001$ ). Ten patients completed 12 months follow up, all had MR  $\leq$  moderate and 9 (90%) had NYHA class I.*

### **Conclusion**

*Mitral valve repair with the NeoChord DS1000 system for primary MR due to leaflet(s) prolapse or flail is feasible and safe. Its efficacy is maintained up to 1 year showing significant clinical benefit and functional class improvement.*

**Key words:** Mitral regurgitation; Mitral valve repair; Artificial chordae.

## **INTRODUZIONE**

La storia della riparazione della valvola mitralica inizia alla fine degli anni '70 del secolo scorso, con l'intenso lavoro clinico e scientifico svolto da Alain Carpentier all'Hopital Broussais di Parigi. Nel corso degli anni sono state descritte le tecniche principali, basate su dati anatomici e volte a garantire una riparazione funzionale durevole. I dati a 20 anni dall'intervento si sono dimostrati particolarmente lusinghieri, con una libertà da eventi cardiovascolari maggiori (morte cardiaca, stroke, reintervento) superiore al 75%<sup>1</sup>. Le tecniche di Carpentier prevedono la riparazione della mitrale utilizzando esclusivamente il tessuto valvolare nativo, reseccando porzioni di lembo prolapsanti, modificando la lunghezza delle corde agendo sui muscoli papillari o "trasferendo" una o due corde dal lembo posteriore a quello anteriore per garantire la coaptazione. Queste metodiche sono passate alla storia come "french correction", contrapposte a tecniche sviluppate quasi in contemporanea sull'altra sponda dell'Atlantico caratterizzate dall'utilizzo estensivo di corde artificiali in PTFE<sup>2</sup>. In tutti i casi la riparazione della mitrale richiede il consolidamento dell'anulus nativo mediante l'impianto di anelli artificiali rigidi, flessibili, completi o limitati alla porzione posteriore. A fianco dell'evoluzione di queste

tecniche "anatomiche" si è sviluppata e consolidata una tecnica "funzionale", la cosiddetta "edge to edge technique" o "Alfieri stitch" che consiste nel solidarizzare il lembo anteriore a quello posteriore eliminando la zona prolapsante e creando un doppio orifizio. Questa metodica si è rivelata efficace anche nel trattamento della insufficienza mitralica funzionale ed è alla base dello sviluppo della tecnologia transcateretere denominata "Mitraclip".

L'epidemiologia dell'insufficienza mitralica è particolarmente importante e consiste in circa 200 nuovi casi annui per milione di abitanti, configurando una delle patologie cardiache strutturali più frequentemente trattate. La grande mole di esperienza chirurgica ha consentito di affinare nel tempo le tecniche inizialmente proposte e ha stimolato la ricerca di nuovi materiali e di vie di accesso sempre meno invasive.

Attualmente i centri più aggiornati hanno abbandonato la sternotomia mediana come approccio standard alla mitrale, anche nel caso di concomitanti necessità di riparazione della tricuspide. L'intervento viene eseguito attraverso una piccola toracotomia antero-laterale destra e, in molti casi, la procedura viene praticata con tecnica videotoracoscopica.

Nell'intento di ridurre l'invasività dell'intervento, mantenendo il concetto di riparazione "anatomica", negli ultimi anni sono state proposte tecniche

che consentono di applicare corde tendinee artificiali in PTFE sulle porzioni prolassanti dei lembi mitralici. Questi approcci prevedono l'utilizzo del solo ecocardiogramma come tecnica di imaging per gestire la procedura e l'accesso transapicale come via di posizionamento e fissazione delle corde tendinee artificiali. L'obiettivo principale rimane comunque quello di garantire gli stessi solidi risultati della chirurgia tradizionale<sup>3</sup>.

### TECNOLOGIE DISPONIBILI PER L'IMPIANTO TRANSAPICALE DI CORDE TENDINEE ARTIFICIALI

Attualmente sono disponibili due dispositivi per il trattamento transapicale dell'insufficienza mitralica degenerativa. Il primo (NeoChord DS1000 – NeoChord, Inc., Minneapolis, Minnesota) entrato nella pratica clinica nel 2009, ha ottenuto il marchio CE ed è stato utilizzato in oltre 1.000 casi, l'altro (Harpoon Mitral Valve Repair System H-MVRS) ha una storia più breve ed è in corso di validazione per l'ottenimento del marchio CE. Il principio di funzionamento è molto simile per entrambi i dispositivi e si basa su alcuni presupposti fondamentali:

- Accesso minitoracotomico sinistro in V-VI spazio intercostale.
- Recupero ematico completo.
- Inserimento del dispositivo sulla parete latero-puntale del ventricolo sinistro.
- Utilizzo esclusivo dell'ecografia transesofagea per guidare la procedura.
- Applicazione di un numero di corde in PTFE sul margine libero del segmento prolassante sufficiente a garantire una solida stabilizzazione e un'ampia superficie di coaptazione.
- Fissazione delle corde artificiali sulla parete esterna della porzione latero-puntale del ventricolo sinistro, opportunamente consolidata con l'applicazione di una bendelletta di teflon.
- Terapia intensiva limitata a poche ore e degenza media inferiore a quella necessaria per un intervento in circolazione extracorporea.

### NEOCHORD DS1000 (FIGURA 1)

**Figura 1**

Sistema di riparazione valvolare mitralica NeoChord DS 1000.



Come sopra accennato, la storia dell'impiego clinico del sistema NeoChord DS1000 ha una durata quasi decennale. Nel 2009 è stata raccolta la prima casistica pilota per valutarne la sicurezza di impiego ed ottenere i primi dati di efficacia clinica. Tra il 2009 e il 2012 è stato effettuato il primo trial clinico finalizzato all'acquisizione del marchio CE (TACT trial, su 30 pazienti) (3). Dopo l'autorizzazione all'uso clinico è stato attivato il primo registro (TACT Registry) che ha confermato la validità della metodica. Nel 2015 è nato un registro multicentrico (multi-centre registry on NeoChord procedure) e nel 2017 è iniziato il reclutamento dei pazienti per uno studio prospettico randomizzato di confronto tra sistema NeoChord e chirurgia miniinvasiva tradizionale (Re-Chord). Lo studio di non inferiorità dovrebbe portare all'approvazione dell'FDA per l'utilizzo del dispositivo negli Stati Uniti.

Nel 2016 al convegno Transcatheter Cardiovascular Therapeutics sono stati riportati i risultati ad un anno sui primi 187 pazienti del registro multicentrico. Il successo procedurale è stato del 97%, con una mortalità intraospedaliera dell'1,6%. La sopravvivenza ad 1 anno è stata del 98%. Considerando l'assenza di rigurgito moderato-severo, il successo ad un anno è stato dell'86%. La letteratura

disponibile non è ancora molto ricca, tuttavia i risultati riportati dai centri più attivi si attestano su questi valori.

## HARPOON MITRAL VALVE REPAIR SYSTEM (H-MVRS) (FIGURA 2)

### Figura 2

Sistema di riparazione valvolare mitralica Harpoon.

### Harpoon Mitral Valve Repair System (H-MVRS)



I dati di letteratura disponibili sulla performance di questo dispositivo sono ancora poco consistenti. Il sistema di fissaggio delle corde sul margine libero della mitrale è simile a quello del dispositivo NeoChord; anche l'Harpoon prevede l'applicazione di almeno 3 corde per ogni paziente. I dati disponibili si riferiscono al trial effettuato su 30 pazienti al fine di ottenere il marchio CE<sup>4</sup>. Il successo clinico a 6 mesi è stato del 74% (assenza di rigurgito moderato-severo e di conversione a chirurgia tradizionale).

## LA NOSTRA ESPERIENZA

Allo scopo di valutare fattibilità, sicurezza e risultati a 12 mesi dell'impiego del sistema NeoChord DS1000 in pazienti con insufficienza mitralica degenerativa secondaria a prolasso o flail del lembo posteriore mitralico, abbiamo analizzato la casistica iniziale dei tre Centri Cardiochirurgici del Gruppo Villa Maria che hanno riportato un'attività continuativa di una certa consistenza. Lo studio si basa

su 34 pazienti consecutivi con insufficienza mitralica degenerativa severa operati tra il luglio 2015 e il novembre 2016 presso l'Istituto ICLAS di Rapallo (GE), la Clinica Salus Hospital Reggio Emilia (RE) e il Maria Eleonora Hospital Palermo (PA).

## VALUTAZIONE PREOPERATORIA

Il principale presupposto del successo della procedura è rappresentato da una corretta valutazione della patologia mitralica in modo da escludere quei pazienti nei quali la metodica non trova indicazione o potrà fornire dei risultati marginali. Non si deve dimenticare che il sistema NeoChord permette di applicare delle corde sul margine libero dei lembi valvolari, ma non consente di trattare la dilatazione anulare né di chiudere dei clefts, resecare porzioni di lembo o applicare dei patch. L'esperienza sin qui acquisita ha consentito di effettuare una stratificazione anatomica dei pazienti in modo da predire con sufficiente approssimazione la qualità del risultato.

Tipo A: Paziente "ideale":

- Prolasso centrale di P2.
- Lunghezza di coaptazione prevista dopo riparazione superiore a 8 mm.

Tipo B: Paziente "adeguato":

- Prolasso che si estende alle porzioni di P1 e/o P3.
- Coaptazione inferiore a 8 mm.

Tipo C: Paziente "impegnativo":

- Prolasso pericommissurale o coinvolgente il lembo anteriore.
- Dilatazione del ventricolo sinistro con tethering dei lembi.
- Componente di rigurgito centrale (dilatazione anulare).
- Segmenti di lembo calcifici.

Sulla base di questi elementi dettati dall'esperienza, è stato costruito un protocollo di valutazione preoperatoria che comprende l'ecografia transesofagea bidimensionale e tridimensionale, finalizzato ad escludere i pazienti con chiara controindicazione

e a fornire elementi utili per impostare razionalmente la procedura.

Il protocollo suggerito non prevede valutazioni molto complesse, è pragmatico, ma richiede grande accuratezza nel raccogliere le misure indicate. Mediante l'ecografia bidimensionale si identifica con precisione la sede del prollasso, identificando lembo e scallop. Con il color viene individuato, quantificato e caratterizzato il jet. Il diametro anulare viene misurato in sistole e in diastole, con visione bicamerale e in asse lungo. Viene misurata la lunghezza dei lembi anteriore e posteriore. Infine, con la visione tridimensionale viene fornita l'immagine "chirurgica", utile per programmare in anticipo la strategia operatoria. Questi dati consentono di calcolare i due indici principali predittivi del risultato:

– *LAI (leaflet to annulus index)*: lembo posteriore + lembo anteriore: diametro antero-posteriore dell'annulus.

Questo indice deve essere superiore a 1,2. Fornisce un'utile indicazione sull'effettiva capacità dei lembi di coprire l'intero orifizio mitralico in caso di iniziale dilatazione anulare.

– *CI (coaptation index)*: (lembo posteriore + lembo anteriore) – diametro antero-posteriore: 2. Fornisce l'indice di coaptazione che deve essere vicino a 8 mm.

## CARATTERISTICHE DELLA POPOLAZIONE

L'età media dei 34 pazienti inseriti nello studio era di 64,7 +/- 11 anni. La maggioranza (74%) erano maschi. L'STS score medio era 1,06. Il 68% dei pazienti era in I-II classe NYHA, mentre il 32% era in III classe. Dal punto di vista ecocardiografico, la frazione di eiezione media era del 62 +/- 6%, il diametro telediastolico del ventricolo sinistro 54 +/- 6 mm, la pressione sistolica dell'arteria polmonare 38 +/- 18 mmHg. Il diametro anulare antero-posteriore 35,2 +/- 4,5 mm.

Dal punto di vista della patologia valvolare, si trattava in tutti i casi di patologia del lembo mitralico posteriore. In 18 pazienti era presente un flail,

mentre in 16 la lesione era un prollasso con allungamento di corde. In 24 casi (70%) la lesione era limitata allo scallop P2, mentre nei rimanenti casi la lesione era più complessa, con coinvolgimento di P1 o P3 anche in prossimità delle commissure.

## RISULTATI

Il numero medio di corde impiantate è stato di 3,6 +/- 1,06. I pazienti sono stati svezzati dal respiratore lo stesso giorno dell'intervento e, se si esclude una paziente affetta da grave patologia polmonare, nessuno ha soggiornato più di 24 ore in terapia intensiva. L'ospedalizzazione media è stata di 6 +/- 2 giorni.

A 30 giorni dall'intervento abbiamo osservato un decesso intraospedaliero (2,9%) e due casi di conversione a trattamento chirurgico tradizionale (5,8%), per cui, analizzando i dati secondo i criteri MVARC (Mitral Valve Academic Research Consortium) possiamo considerare un successo precoce nel 93,9% dei pazienti. Le complicanze minori durante il ricovero sono state un pneumotorace, la necessità di trasfusione in 3 pazienti e almeno un episodio di fibrillazione atriale in 6 pazienti.

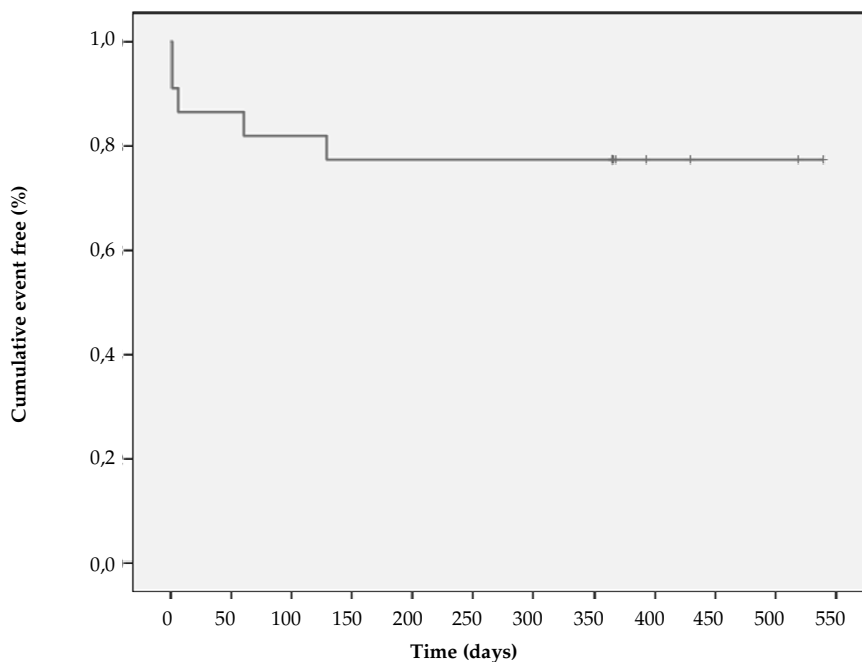
Durante i primi 6 mesi di follow-up ci sono state due recidive di insufficienza mitralica severa. Entrambi i pazienti sono stati rioperati, rispettivamente a 61 e 129 giorni. In un caso, una delle neocorde risultava beante nel ventricolo per cedimento dell'inserzione apicale, nell'altro caso, pur essendo le tre corde impiantate funzionanti, era comparso un prollasso nel segmento contiguo a quello trattato. Non si è osservata mortalità né necessità di riospedalizzazione. Nessun altro paziente aveva un rigurgito più che moderato. A distanza di un anno dall'intervento non si sono verificati ulteriori eventi negativi.

La **Figura 3** mostra la libertà da eventi avversi maggiori (mortalità, reintervento, eventi cerebrovascolari, riospedalizzazione, recidiva di insufficienza mitralica più che moderata).

La **Figura 4** mostra l'evoluzione favorevole della classe funzionale nell'85% dei pazienti.

**Figura 3**

Libertà da eventi avversi maggiori (mortalità, reintervento, eventi cerebrovascolari, riospedalizzazione, recidiva di insufficienza mitralica più che moderata).

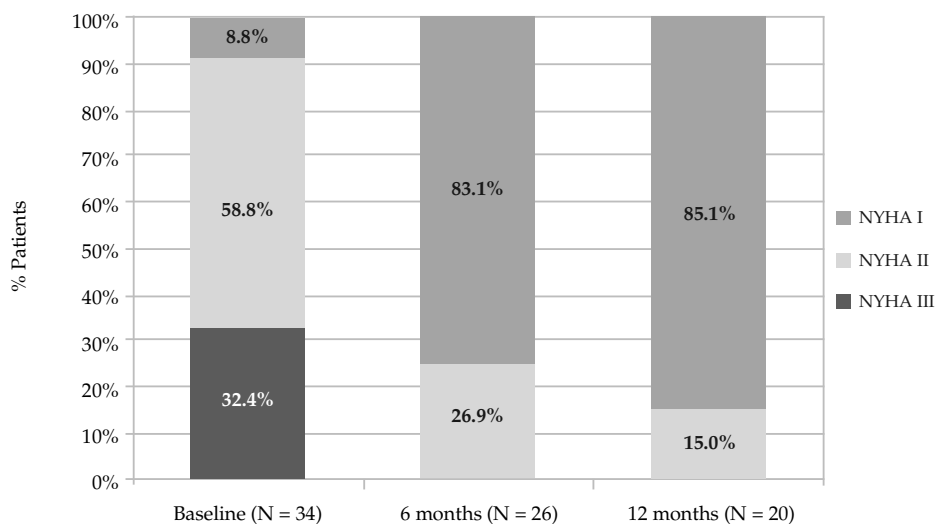


**Figura 4**

Evoluzione della classe funzionale dopo intervento.

\* p < 0.001 6 months Vs baseline

\*\* p < 0.001 12 months Vs baseline



## DISCUSSIONE

Il trattamento dell'insufficienza mitralica degenerativa mediante l'applicazione di corde tendinee in PTFE per via transapicale ha superato la fase sperimentale e sta iniziando una penetrazione rilevante in molti Centri dedicati al trattamento avanzato delle patologie valvolari<sup>5</sup>.

Questa metodica possiede caratteristiche peculiari che la rendono competitiva sia nei confronti della chirurgia tradizionale che rispetto alle metodiche transcateretere come la Mitraclip. L'applicazione transapicale infatti non necessita dell'utilizzo della circolazione extracorporea, mantiene il cuore nella sua funzione durante tutta la procedura e richiede un approccio chirurgico minimale. La necessità di trasfusioni è marginale e, nella maggioranza dei casi, la ventilazione meccanica post-operatoria può essere evitata. Sicuramente rimane più invasiva di qualsiasi procedura transcateretere, tuttavia garantisce una riparazione "anatomica" della valvola mitrale, mantenendone inalterate le dinamiche funzionali.

Come ogni metodica, per essere efficace deve essere utilizzata in maniera appropriata e con le corrette indicazioni: il suo potenziale d'azione è limitato al ripristino della funzione cordale e pertanto ogni altra disfunzione associata non può essere corretta. Pertanto un programma di trattamento dell'insufficienza mitralica con questa metodica deve essere accuratamente preparato e strutturato in ogni sua fase. La valutazione ecografica secondo il protocollo illustrato precedentemente consente di escludere i casi meno adatti. La gestione ecocardiografica intraoperatoria riveste un'importanza determinante in quanto l'ecocardiogramma è l'unico strumento di imaging che consente all'operatore di gestire la procedura. La scelta del punto di accesso al ventricolo sinistro, la navigazione intracavitaria e la sede di posizionamento delle corde sono elementi altrettanto importanti. Infatti, per possedere una stabilità nel lungo periodo le neocorde devono possedere una direzione quanto più possibile simile a quella delle corde native e quindi devono essere ancorate alla

parete del ventricolo sinistro in una sede adeguata. La navigazione endocavitaria può interferire con una o più corde native sane e non solo lesionarle meccanicamente ma, intrecciando corde native con neocorde, porre le premesse per una rottura traumatica tardiva delle stesse<sup>6</sup>.

Allo stato attuale dell'esperienza, la classificazione dei pazienti nei tre tipi sopracitati (ideale, adeguato e impegnativo) identifica con chiarezza i risultati attesi e condiziona anche la scelta del candidato alla procedura<sup>7</sup>. In altri termini, un paziente giovane, soprattutto se paucisintomatico, dovrebbe necessariamente avere una situazione di tipo A per essere sottoposto a questa procedura, dal momento che i risultati della chirurgia tradizionale miniinvasiva sono eccellenti a lunga distanza nella maggior parte delle altre situazioni anatomiche. In un paziente anziano, con plurime comorbidità, in cui una procedura di Mitraclip risultasse scarsamente praticabile, potrebbe essere presa in considerazione anche una procedura di tipo B o C, accettando un risultato anche subottimale.

Nella nostra esperienza, poiché sono disponibili metodiche alternative consolidate applicabili con tecnica miniinvasiva anche in pazienti critici, abbiamo ritenuto opportuno utilizzare il sistema Neochord nelle condizioni ideali per ottenere un risultato funzionale favorevole. Per questo motivo, l'indicazione è stata basata non tanto sulla classe di rischio clinico ma prevalentemente sulla stratificazione anatomica: l'STS score medio è stato di 1,06 e nel 70% dei casi i pazienti erano di tipo A, cioè ideali. Tuttavia la metodica è stata utilizzata con successo anche in casi clinici particolari, come un uomo di 50 anni con crisi epilettiche ed anomalie vascolari cerebrali ad alto rischio emorragico (MAV), un uomo di 47 anni obeso (130 Kg) e con severa broncopneumopatia cronica, una donna fragile di 87 anni. In tutti i casi l'insufficienza mitralica era lieve o assente a 12 mesi.

A causa del limitato follow-up non vi sono dati consistenti sui risultati a lungo termine. I dati di registro disponibili dimostrano una sostanziale stabilità dopo i primi 3-6 mesi, periodo nel quale è riportata la maggioranza delle recidive.

In conclusione, alla luce della nostra esperienza iniziale ed analizzando i dati di letteratura disponibili, possiamo affermare che l'applicazione transapicale di neocorde è una metodica efficace per il trattamento dell'insufficienza mitralica degenerativa quando la patologia è limitata allo scallop P2 del lembo posteriore, quando non vi è una dilatazione

significativa dell'anello valvolare o del ventricolo sinistro e quando i parametri di coaptazione e di area dei lembi sono soddisfatti. Nei casi intermedi, la valutazione dello stato clinico del paziente e il confronto con altre metodiche disponibili costituiscono i parametri guida ai quali l'operatore dovrebbe attenersi.

## BIBLIOGRAFIA

1. Mohty D, Orszulak TA, Schaff HV, Avierinos JF, Tajik JA, Enriquez-Sarano M. Very long-term survival and durability of mitral valve repair for mitral valve prolapse. *Circulation* 2001; 104 (Suppl 1): 1-17.
2. Frater RW, Vetter HO, Zussa C, Dahm M. Chordal replacement in mitral valve repair. *Circulation* 1990; 82 (5 Suppl): IV125-130.
3. Seeburger J, Rinaldi M, Nielsen SL, Salizzoni S, Lange R, Schoenburg M, Alfieri O, Borger MA, Mohr FW, Aidiatis A. Off pump transapical implantation of artificial chordae to correct mitral regurgitation: the TACT trial (Transapical Artificial Chordae Tendinae) proof of concept. *J Am Coll Cardiol* 2014; 63: 914-918.
4. Gammie JS, Bartus K, MD, Gackowski A, D'Ambra MN, Szymanski P, Bilewska A, Kusmierczyk M, Kapelak B, Rzucidlo-Resil J, Moat N, Duncan A, Yadev R, Livesey S, Diprose P, Gerosa G, D'Onofrio A, Pitterello D, Denti P, La Canna G, De Bonis M, Alfieri O, Hung J, Kolsut P. Beating-heart mitral valve repair using a novel ePTFE chordal implantation device. A prospective trial. *J Am Coll Cardiol* 2018; 71: 25-36.
5. Colli A, Manzan E, Rucinskas K, Janusauskas V, Zucchetta F, Zakarkaitė D, Aidiatis A, Gerosa G. Acute safety and efficacy of the NeoChord procedure. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2015; 21: 1-7.
6. Rucinskas K, Janusauskas V, Zakarkaitė D, Aidiatis S, Samalavicius R, Speziali G, Aidiatis A. Off-pump transapical implantation of artificial chordae to correct mitral regurgitation: early results of a single-center experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014; 147: 95-99.
7. Colli A, Bellua R, Pittarello D, Gerosa G. Transapical off-pump neochord implantation on bileaflet prolapse to treat severe mitral regurgitation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2015; 21: 554-556.

## INDIRIZZO PER LA CORRISPONDENZA:

Dott. Luigi Martinelli  
ICLAS Istituto Clinico Ligure di Alta Specialità  
Via Cabruna 21  
16035 Rapallo  
Tel.: 0185-21311  
Fax: 0185260973  
E-mail: [cardiomartinelli@gmail.com](mailto:cardiomartinelli@gmail.com)