

Uso dell'ecografia intracardiaca nell'interventistica strutturale

Luigi Emilio Pastormerlo^{1,2}, Sergio Berti^{1,2}

¹Dipartimento di Cardiologia Diagnostica ed Interventistica, Fondazione Toscana G. Monasterio, Ospedale del Cuore G. Pasquinucci, Massa

²Istituto di Scienze della Vita, Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa

The impressive advances in structural heart disease interventions in the last decade led to renewed interest in intracardiac echocardiography (ICE). The potential of ICE to avoid transesophageal echocardiography with its known limits, has supported ICE technology progress and wider clinical use.

This review summarizes relevant evidence about ICE and provides the structural interventionalist with an illustrative guide on the use of ICE to guide various structural heart interventions.

Key words. Intracardiac echocardiography; Procedural guidance; Structural heart disease.

G Ital Cardiol 2020;21(4 Suppl 2):295-335

INTRODUZIONE

L'idea di utilizzare l'ecografia intracardiaca (ICE) risale agli anni '60¹ dello scorso secolo ma la comprensione delle effettive potenzialità di tale tecnica in particolare per la guida di procedure di interventistica strutturale risale ad anni recenti^{2,3}. In particolare, lo sviluppo di diverse procedure di cardiologia interventistica strutturale ha rappresentato lo stimolo più significativo alla maggiore diffusione ed allo sviluppo tecnologico dell'ICE, quale strumento di imaging intraprocedurale alternativo/complementare all'ecocardiografia transesofagea (ETE). In particolare, a differenza dell'ETE, pur soffrendo ancora di alcune limitazioni riguardanti i costi, la curva di apprendimento e la qualità intrinseca dell'imaging, l'ICE presenta alcuni vantaggi importanti legati alla possibilità di evitare l'intubazione oro-tracheale e l'utilizzo di personale dedicato, potendo essere utilizzata direttamente dal cardiologo interventista che sta svolgendo la procedura stessa. Scopo di questo lavoro è quello di passare in rassegna le applicazioni codificate e quelle emergenti dell'ICE nell'imaging intraprocedurale strutturale, analizzandone punti di forza e debolezza e focalizzando l'attenzione su alcune considerazioni pratiche di utilizzo.

BACKGROUND TECNOLOGICO

Esistono due categorie di cateteri disponibili in commercio per ICE: i cateteri rotazionali e quelli "phased-array". I cateteri rotazionali, quali l'UltraICE (Boston Scientific, Natick, MA, USA) ed il Foresight ICE System (Conavi Medical, Toron-

to, Ontario, Canada) non sono orientabili ed hanno un potere di penetrazione limitato, fino a 5 cm. Forniscono immagini eccellenti del setto interatriale e pertanto, considerato il costo inferiore rispetto ai cateteri phased-array, vengono utilizzati come guida per la puntura transtettale di procedure elettrofisiologiche riguardanti le camere cardiache sinistre. Al contrario, i cateteri phased-array sono orientabili e forniscono immagini con maggiore penetrazione. Ci sono al momento due sistemi in commercio di ICE phased-array: il ViewFlex Xtra (Abbott Vascular, St. Paul, MN, USA) ed i sistemi Acunav e Acunav V (Siemens-Acuson, Mountain View, CA, USA). Il ViewFlex Xtra è un catetere 9Fr con possibilità di orientamento quadridirezionale (antero-posteriore/sinistra-destra) fino ad una deflessione di 120° in ogni asse. La sonda è compatibile con le console ecocardiografiche Zonare e Philips; la console condiziona il potere di penetrazione, rispettivamente 18 cm con la console Zonare e 21 cm con quella Philips. Il sistema AcuNav è disponibile con cateteri 8 e 10Fr (per il tridimensionale, non disponibile attualmente per ViewFlex Xtra). Anch'esso può essere orientabile in 4 direzioni, con un angolo fino a 160°. Il potere di penetrazione è di 16 cm ed è compatibile con le console ecocardiografiche Siemens e GE (Tabella 1).

IMAGING CON ECOGRAFIA INTRACARDIACA

La principale differenza tra ETE ed ICE riguarda il posizionamento della sonda e la conseguente visione delle strutture cardiache. Uno degli attuali principali limiti dell'utilizzo dell'ICE è probabilmente rappresentato da una mancanza di standardizzazione delle proiezioni e della modalità di imaging come accade invece per l'ETE. La possibilità di visualizzare le diverse strutture cardiache dipende dalla posizione della sonda dell'ICE. La stessa struttura può essere spesso visualizzata da diverse posizioni della sonda ICE. In particolare le principali localizzazioni dell'ICE sono l'atrio destro (AD), il ventricolo destro (VD), il seno coronarico, l'atrio sinistro (AS) e la vena polmonare superiore sinistra (VPSS).

© 2020 Il Pensiero Scientifico Editore

S.B. è proctor per Abbott e Edwards Lifesciences. Gli autori dichiarano nessun conflitto di interessi.

Per la corrispondenza:

Dr. Luigi Emilio Pastormerlo Dipartimento di Cardiologia Diagnostica ed Interventistica, Fondazione Toscana G. Monasterio, Ospedale del Cuore G. Pasquinucci, Via Aurelia Sud, 54100 Massa e-mail: pastormerlo@ftgm.it

Tabella 1. Riassunto delle principali caratteristiche dei cateteri "phased-array" per ecografia intracardiaca attualmente in commercio.

	ViewFlex Xtra	Acunav
Angolo di visualizzazione	80°	90°
Lunghezza sonda	90 cm	90 cm
Profondità di campo	18/21 cm*	15 (16) cm
Range di frequenza	3-9 (4.5-8.5) MHz	5-10 (4.5-11.5) MHz
Diametro sonda	9 Fr	8/10 Fr
Manovrabilità catetere	4 direzioni (A-P/L-R)	4 direzioni (A-P/L-R)
Modalità imaging	2D, PW, color Doppler	2D, CW, PW, color Doppler

2D, bidimensionale; A-P, antero-posteriore; CW, Doppler continuo; L-R, sinistra-destra; PW, Doppler pulsato.

*Rispettivamente con consolle Zonare o Philips.

Atrio destro

La cosiddetta "home view" (Figura 1A) permette un'eccellente visualizzazione della valvola tricuspide e del VD con il suo tratto di efflusso. La rotazione in senso orario della sonda esplora strutture via via più posteriori e porta alla visualizzazione in asse lungo dell'aorta ascendente e, retrostante e parallela a questa, dell'arteria polmonare (Figura 1B). Continuando nella rotazione in senso orario con un leggero tilting in direzione posteriore della sonda, incontriamo il setto interatriale ed in particolare la fossa ovale (Figura 1C). In pazienti con atri di dimensioni non eccessive, potremo vedere in AS l'auricola sinistra e sopra a questa la VPSS. La presenza dell'auricola sinistra in questa immagine della fossa ovale testimonia che stiamo esplorando la parte anteriore della fossa stessa (Figura 1D).

Ventricolo destro

Piegando la sonda flessibile in senso anteriore, si avanza con gentilezza l'ICE all'interno del VD, raggiunto il quale si dimi-

nuisce il grado di tilting anteriore della sonda stessa. Con la sonda nel tratto di afflusso del VD possiamo apprezzare una visione in asse lungo del ventricolo sinistro (VS). Con una rotazione in senso orario si può visualizzare l'auricola sinistra e la VPSS e proseguendo nella rotazione in senso orario con opportune manovre in direzione destra-sinistra possiamo avere la visualizzazione in asse corto della valvola mitrale. Riducendo la deflessione anteriore della sonda, in mani esperte è possibile avanzare la sonda nel tratto di efflusso del VD, ottenendo una visione ravvicinata della valvola polmonare, dell'arteria polmonare e delle sue diramazioni destra e sinistra. Da questa posizione si ha una discreta visualizzazione anche della valvola aortica in asse corto.

Seno coronarico

È possibile avanzare la sonda dell'ICE nel seno coronarico. Il posizionamento della sonda dell'ICE in seno coronarico può essere difficoltoso e potenzialmente pericoloso. Una strategia per ovviare a questo è quella di incannulare selettivamente il seno coronarico con un catetere multiuso, avanzare una guida ad elevato supporto e su questa avanzare quindi lo sheath di un catetere Mullins 11 Fr all'interno del quale poi fare avanzare la sonda ICE.

In questa posizione è possibile ottenere la visualizzazione dell'auricola sinistra (Figura 2). Tuttavia questa struttura appare spesso accorciata rispetto alle sue dimensioni reali ed è difficile ottenere un'adeguata visualizzazione dell'ostio e dell'asse lungo dell'auricola stessa per le limitate possibilità di manipolazione della sonda nel lume del seno coronarico. In ambito elettrofisiologico, l'utilizzo dell'ICE nel seno coronarico è stato proposto per ottimizzare l'imaging dell'istmo mitralico e dei rapporti con strutture circostanti, durante procedure di ablazione per la fibrillazione atriale⁴.

Atrio sinistro

A causa delle possibilità limitate di visualizzazione delle strutture cardiache sinistre, ed in particolare dell'auricola sinistra, con posizionamento della sonda ICE nelle camere cardiache

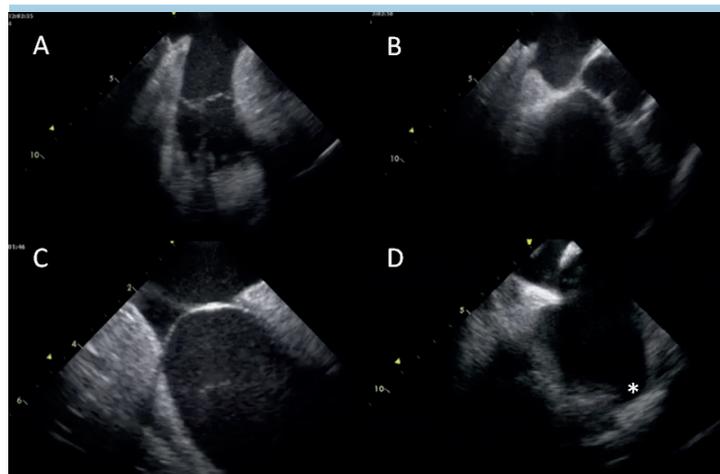


Figura 1. Principali visualizzazioni mediante ecografia intracardiaca dall'atrio destro. (A) La cosiddetta "home view" con visualizzazione di atrio destro, valvola tricuspide, ventricolo destro. (B) Visione in asse lungo di valvola aortica e aorta ascendente e rispettivamente di valvola polmonare ed arteria polmonare. (C) Visione della fossa ovale. (D) Visione della porzione anteriore della fossa ovale, con sullo sfondo in atrio sinistro visualizzazione dell'auricola sinistra (*).

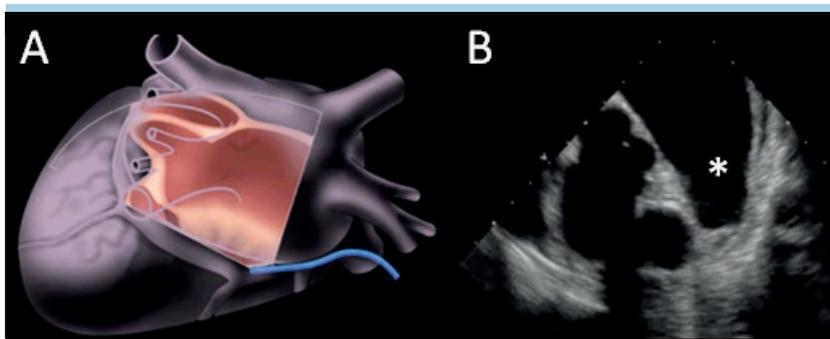


Figura 2. Visualizzazione grafica (A) e (B) di atrio ed auricola sinistra (*) dal seno coronarico.

destre, è divenuto comune il posizionamento della sonda ICE in AS. Per ottenere il posizionamento della sonda ICE in AS, esistono due opzioni principali:

Doppio accesso venoso femorale, una singola puntura transtettale. Puntura transtettale guidata dall'ICE. Avanzamento di una guida ad elevato supporto in VPSS. Dilatazione del sito di puntura transtettale con lo sheath del sistema di rilascio dedicato alla procedura avanzato sulla guida. Retrazione dello sheath in AD lasciando la guida in VPSS. A questo punto la sonda dell'ICE viene avanzata libera, parallelamente alla guida, che viene sfruttata come una sorta di binario. Una volta posizionata la sonda in AS lo sheath viene avanzato nuovamente sulla guida in AS per realizzare la procedura.

Doppio accesso transtettale. Questo approccio può avere il vantaggio di avere due punture transtettali di dimensioni più piccole (8 e 12/14Fr), rispetto ad una sola di dimensioni più grandi (8+12/14Fr).

Il posizionamento della sonda ICE in AS, offre un'eccellente visualizzazione dell'auricola sinistra e della valvola mitrale (Figura 3). Una delle possibili limitazioni è rappresentata dalle oscillazioni della sonda in caso di pazienti con AS piccolo e VS iperdinamico. Tali oscillazioni oltre ad inficiare la qualità dell'imaging, possono essere associate a complicazioni quali aritmie o peggio perforazione. Al fine di evitare queste oscillazioni, è possibile, nel caso di approccio con duplice puntura transtettale, avanzare lo sheath del catetere Mullins ed all'interno di quest'ultimo alloggiare la sonda ICE. Dall'AS è piuttosto agevole posizionare infine la sonda ICE in VPSS, laddove possono spesso essere ottenute eccellenti immagini in asse lungo dell'auricola sinistra.

UTILIZZO DELL'ECOGRAFIA INTRACARDIACA NELLE PROCEDURE DI CARDIOLOGIA INTERVENTISTICA STRUTTURALE

Passeremo ora in rassegna le principali indicazioni ed evidenze circa l'uso dell'ICE nelle diverse procedure di interventistica strutturale. Se è vero che al momento attuale, in molte di esse il "gold standard" è rappresentato dalla guida con ETE, è altrettanto vero che la possibilità di evitare l'anestesia generale e l'intubazione oro-tracheale offerta dall'ICE risulta di grande stimolo allo sviluppo ed alla standardizzazione dell'uso dell'ICE.

Procedure sul setto interatriale

Si tratta delle procedure dove l'utilizzo dell'ICE è attualmente più standardizzato e codificato. Il posizionamento della sonda ICE in AD garantisce una visione completa del difetto da trattare, delle diverse componenti del setto interatriale e delle strutture circostanti (Figura 4). La sicurezza e l'efficacia della guida ICE rispetto alla guida con ETE sono risultate paragonabili in vari studi⁵⁻⁷. In particolare in un recente ampio studio, i pazienti nei quali la procedura era guidata da ICE in moderata sedazione avevano tassi simili di eventi avversi, costi simili, ma minor durata di ospedalizzazione rispetto ai pazienti in cui le procedure erano guidate dall'ETE⁸.

Procedure sul setto interventricolare

La complessità delle procedure che pertengono al setto interventricolare necessita di una guida con imaging in tempo reale di alto livello. L'ICE offre un'eccellente visualizzazione delle pareti libere dei ventricoli cardiaci e del setto interventricolare, potendo essere di ausilio nella chiusura di pseudoaneurismi

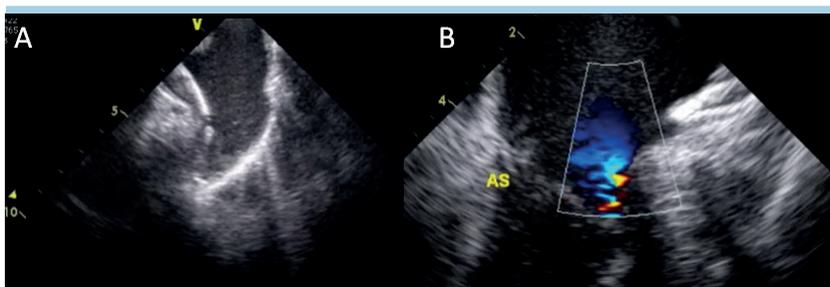


Figura 3. Visualizzazione mediante ecografia intracardiaca dall'atrio sinistro (AS) e dell'auricola sinistra (A) e della valvola mitrale (B).

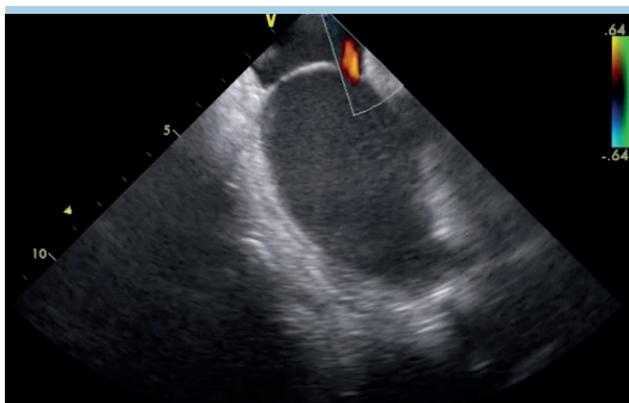


Figura 4. Visualizzazione all'ecografia intracardiaca con color Doppler di difetto interatriale.

e nella chiusura di alcuni tipi di difetti interventricolari. Dal momento che la parte basale del setto interventricolare non può essere adeguatamente visualizzata con l'ICE, la sua utilità è limitata nella guida di chiusura di difetti interventricolari in questa porzione del setto e nelle procedure di alcolizzazione settale in pazienti con cardiomiopatia ipertrofica ostruttiva.

Occlusione dell'auricola sinistra

Questa procedura rappresenta una delle applicazioni più interessanti dell'ICE. Storicamente la procedura è stata eseguita con guida ETE. L'ICE offre la possibilità di evitare l'anestesia generale e di non necessitare un operatore dedicato all'ETE. Recenti studi su ampie casistiche hanno dimostrato come i risultati procedurali ed in termini di follow-up clinico siano paragonabili tra ICE e ETE, con a favore dell'ICE una minore durata di ospedalizzazione⁹. La visualizzazione dell'auricola sinistra può non essere ottimale dalle sezioni destre (AD e seno coronarico). Il posizionamento della sonda ICE in AS e in VPSS offre invece una visualizzazione eccellente dell'auricola sinistra con misure della stessa affidabili se confrontate con quelle ottenute con angio-tomografia ed ETE¹⁰. Tutte le fasi della procedura possono essere adeguatamente monitorate tramite ICE. L'ICE guida la realizzazione di una puntura transsettale sicura e ben posizionata nella parte postero-inferiore della fossa ovale. Successivamente l'ICE ci permette di confermare l'assenza di trombo in auricola sinistra e rivalutare come detto le misure di ostio e "landing zone" del dispositivo. Dopo il posizionamento, la guida ICE è fondamentale verificare posizione e stabilità del dispositivo prima del suo rilascio definitivo (Figura 5).

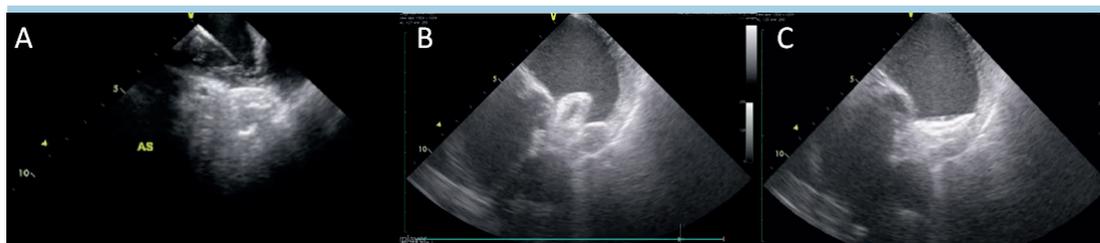


Figura 5. Diverse fasi di posizionamento di dispositivo di occlusione dell'auricola sinistra come visualizzate dall'ecografia intracardiaca: posizionamento del dispositivo (A), test di stabilità (B), dispositivo rilasciato (C). AS, atrio sinistro.

Leak paravalvolari

Una delle applicazioni in maggiore sviluppo della guida ICE, grazie alla sua versatilità, è rappresentata dalla chiusura di leak paravalvolari. La presenza di leak paravalvolare arriva ad avere una prevalenza del 10% in pazienti sottoposti a sostituzione valvolare. Molto più frequenti in posizione mitralica, una piccola quota di essi può arrivare a determinare una sintomatologia clinica rilevante derivante dalla presenza di scompenso cardiaco e/o emolisi. La chiusura percutanea di tali leak si rende necessaria in pazienti che non possano tollerare un secondo intervento chirurgico. Se l'ETE è stata storicamente considerata il "gold standard", la possibilità di guidare tali procedure con ICE appare di notevole interesse, potendo facilitare ed abbreviare la procedura. L'uso dell'ICE per la chiusura dei leak paravalvolari è stato dimostrato fattibile, sicuro e associato ad un accettabile successo procedurale in alcune casistiche di pazienti¹¹.

Procedure di elettrofisiologia

L'ICE permette la realizzazione di procedure elettrofisiologiche anche in AS in assoluta sicurezza. Il vero valore aggiunto dell'ICE nelle procedure ablativo, in particolare riguardanti la fibrillazione atriale, risiede nella possibilità di visualizzare i siti di ablazione ed in particolare lo spessore della parete atriale. Permette inoltre un'adeguata visualizzazione delle strutture circostanti, aumentando notevolmente la sicurezza della procedura ed un pronto riconoscimento delle complicanze.

Interventi valvolari

Se da un lato la guida ICE non risulta di significativo interesse nella pratica clinica nelle procedure di sostituzione valvolare aortica per via percutanea, al contrario un possibile ruolo di grande interesse sarà quello che l'ICE potrà ritagliarsi nelle procedure di riparazione percutanea della valvola mitrale e della valvola tricuspide. Attualmente tali procedure necessitano di guida con ETE tridimensionale, in considerazione della complessità degli apparati transvalvolari e delle procedure riparative stesse. La tecnologia attuale dell'ICE tridimensionale non è al pari di quella transesofagea, ma la possibilità di implementare tale tecnologia, attualmente in studio, apre le porte al possibile utilizzo dell'ICE in tali procedure, con l'inevitabile vantaggio di potere evitare i noti limiti dell'ETE (intubazione oro-tracheale, personale dedicato). È stato ad oggi pubblicato un caso clinico di riparazione mitralica efficace con dispositivo MitraClip guidata dall'ICE¹².

L'utilità dell'ICE nelle procedure di valvuloplastica mitralica percutanea per stenosi mitralica è stata saggiata in tre studi su 56 pazienti¹³⁻¹⁵ con discreti risultati.



Figura 6. Visualizzazione all'ecografia intracardiaca tridimensionale del test di stabilità di dispositivo di occlusione dell'auricola sinistra.

LIMITI ATTUALI

Dal punto di vista strettamente legato all'imaging, i due principali limiti dell'ICE sono rappresentati dal potere di penetrazione e dalla tecnologia tridimensionale. Le attuali apparecchiature ICE soffrono della dicotomia tra potere di penetrazione e risoluzione. In breve, per strutture poste a più di 10 cm dalla sonda, il potere di risoluzione è attualmente subottimale. La tecnologia ICE tridimensionale non è al momento al pari di quella disponibile per le sonde ETE. In particolare il volume esplorato è ristretto (90x22°) e la risoluzione temporale è limitata (Figura 6).

BIBLIOGRAFIA

- Hijazi ZM, Shivkumar K, Sahn DJ. Intracardiac echocardiography during interventional and electrophysiological cardiac catheterization. *Circulation* 2009;119:587-96.
- Seward JB, Packer DL, Chan RC, Curley M, Tajik AJ. Ultrasound cardioscopy: embarking on a new journey. *Mayo Clin Proc* 1996;71:629-35.
- Valdes-Cruz LM, Sideris E, Sahn DJ, et al. Transvascular intracardiac applications of a miniaturized phased-array ultrasonic endoscope. Initial experience with intracardiac imaging in piglets. *Circulation* 1991;83:1023-7.
- West JJ, Norton PT, Kramer CM, et al. Characterization of the mitral isthmus for atrial fibrillation ablation using intracardiac ultrasound from within the coronary sinus. *Heart Rhythm* 2008;5:19-27.
- Bartel T, Konorza T, Arjumand J, et al. Intracardiac echocardiography is superior to conventional monitoring for guiding device closure of interatrial communications. *Circulation* 2003;107:795-7.
- Rigatelli G, Pedon L, Zecchel R, et al. Long-term outcomes and complica-

- tions of intracardiac echocardiography assisted patent foramen ovale closure in 1000 consecutive patients. *J Interv Cardiol* 2016;29:530-8.
- Ponnuthurai FA, van Gaal WJ, Burchell A, Mitchell AR, Wilson N, Ormerod OJ. Safety and feasibility of day case patent foramen ovale (PFO) closure facilitated by intracardiac echocardiography. *Int J Cardiol* 2009;131:438-40.
- Alqahtani F, Bhirud A, Aljohani S, et al. Intracardiac versus transesophageal echocardiography to guide transcatheter closure of interatrial communications: nationwide trend and comparative analysis. *J Interv Cardiol* 2017;30:234-41.
- Berti S, Pastormerlo LE, Santoro G, et al. Intracardiac versus transesophageal echocardiographic guidance for left atrial appendage occlusion: the LAAO Italian multicenter registry. *JACC Cardiovasc Interv* 2018;11:1086-92.
- Clemente A, Avogliero F, Berti S, et al. Multimodality imaging in preoperative assessment of left atrial appendage transcatheter occlusion with the Amplatzer Cardiac Plug. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015;16:1276-87.

- Ruparelia N, Cao J, Newton JD, Wilson N, Daniels MJ, Ormerod OJ. Paravalvular leak closure under intracardiac echocardiographic guidance. *Catheter Cardiovasc Interv* 2018;91:958-65.
- Patzelt J, Schreieck J, Camus E, Gawaz M, Seizer P, Langer HF. Percutaneous mitral valve edge-to-edge repair using volume intracardiac echocardiography-first in human experience. *CASE (Phila)* 2017;1:41-3.
- Green NE, Hansgen AR, Carroll JD. Initial clinical experience with intracardiac echocardiography in guiding balloon mitral valvuloplasty: technique, safety, utility, and limitations. *Catheter Cardiovasc Interv* 2004;63:385-94.
- Saji M, Ragosta M, Dent J, Lim DS. Use of intracardiac echocardiography to guide percutaneous transluminal mitral commissurotomy: a 20-patient case series. *Catheter Cardiovasc Interv* 2016;87:E69-74.
- Ahmari SA, Amro A, Otabi MA, Abdullah MA, Kasab SA, Amri HA. Initial experience of using intracardiac echocardiography (ICE) for guiding balloon mitral valvuloplasty (BMV). *J Saudi Heart Assoc* 2012;24:23-7.

Altro limite attuale molto importante della tecnologia ICE è quello rappresentato dai costi, attualmente decisamente superiori a quelli della tecnologia ETE, anche al netto del risparmio in termini di personale e tempo/sala.

CONCLUSIONI

La tecnologia ICE, i cui albori risalgono ad alcuni decenni or sono, ha ricevuto un rinnovato interesse parallelamente allo sviluppo della cardiologia interventistica strutturale. La possibilità in futuro di incrementare la qualità dell'imaging con ICE nonché la performance della visualizzazione tridimensionale, fino a poter sostituire l'ETE, assicura a questa metodica grande interesse clinico e di ricerca.

RIASSUNTO

L'idea di utilizzare l'ecografia intracardiaca (ICE) risale a diversi decenni or sono. Tuttavia l'interesse per l'uso dell'ICE ha subito un significativo incentivo soltanto nell'ultima decade, parallelamente allo sviluppo dell'interventistica strutturale. La possibilità di utilizzare l'approccio intracardiaco quale alternativa a quello transesofageo per evitarne i noti limiti, ha stimolato un significativo progresso tecnologico dell'ICE ed il suo utilizzo nella pratica clinica.

Questa rassegna si propone di riassumere le evidenze cliniche riguardanti l'ICE e di dare al cardiologo interventista una guida sull'uso dell'ICE nelle diverse procedure cardiache strutturali.

Parole chiave. Cardiopatia strutturale; Ecografia intracardiaca; Guida procedurale.